

WRR

WETENSCHAPPELIJKE RAAD VOOR HET REGERINGSBELEID

De robot de baas

*De toekomst van werk in
het tweede machinetijdperk*

Robert Went, Monique Kremer & André Knottnerus (red.)



Amsterdam
University
Press

De robot de baas

De serie 'Verkenningen' omvat studies die in het kader van de werkzaamheden van de WRR tot stand zijn gekomen en naar zijn oordeel van zodanige kwaliteit en betekenis zijn dat publicatie gewenst is. De verantwoordelijkheid voor de inhoud en de ingenomen standpunten berust bij de auteurs.

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid
Buitenhof 34
Postbus 20004
2500 EA Den Haag
Telefoon 070-356 46 00
E-mail info@wrr.nl
Website www.wrr.nl

De robot de baas

DE TOEKOMST VAN WERK IN HET
TWEDE MACHINETIJDPERK

Robert Went, Monique Kremer & André Knottnerus (red.)

Vormgeving binnenwerk: Textcetera, Den Haag

Vormgeving omslag: Cimon Communicatie

Omslagafbeelding: Ministry of Data (Richard Bastiaans, Erik Sandifort)

ISBN 978 94 6298 245 1
e-ISBN 978 90 4853 240 7 (pdf)
NUR 740

© WRR/Amsterdam University Press, Den Haag/Amsterdam 2015

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

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j^o het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

INHOUD

Lijst figuren	9
Woordenlijst	11
<i>Jon Turney</i>	
Ten geleide	15
1 Inleiding	17
<i>Robert Went, Monique Kremer en André Knottnerus</i>	
2 Hoe we robotisering de baas kunnen blijven. Inzetten op complementariteit	23
<i>Robert Went en Monique Kremer</i>	
2.1 Inleiding	23
2.2 Digitale revolutie in een nieuwe fase: het tweede machinetijdperk	25
2.3 Hoe technologie het werk verandert	30
2.4 Naar een inclusieve robotagenda	34
2.5 Slot	41
“Er is geen vaststaand traject voor de ontwikkeling van kunstmatige intelligentie”, Nicklas Lundblad (Google)	47
<i>Robert Went</i>	
3 Kansen en bedreigingen: negen perspectieven op werken in de robotsamenleving	49
<i>Linda Kool en Rinie van Est</i>	
3.1 Inleiding	49
3.2 De <i>cloud</i> als katalysator voor slimme machines	50
3.3 Automatisering van werk	52
3.4 Een waaier van negen toekomstbeelden	56
3.5 Slotbeschouwing: inspelen op kansen en bedreigingen	62

	“Banenverlies? Er komen veel nieuwe functies bij”, Kees Smaling (CIO Aegon)	69
	<i>Robert Went en Monique Kremer</i>	
	Waar blijven de robots op het werk?	71
	<i>Fabian Dekker</i>	
4	Stand van zaken en kansen in de robotica	73
	<i>Martijn Wisse</i>	
4.1	Inleiding	73
4.2	Robotarmen	74
4.3	Mobiele robots	78
4.4	Drones	81
4.5	Technische en wetenschappelijke uitdagingen	82
4.6	Conclusie	83
	Gedecentraliseerde productie door 3D-printen, Bram de Zwart/3D Hubs	87
	<i>Robert Went</i>	
5	De impact van technologische verandering op de Nederlandse arbeidsmarkt, 1999-2014	89
	<i>Wiljan van den Berge en Bas ter Weel</i>	
5.1	Inleiding	89
5.2	Dynamiek op de arbeidsmarkt	90
5.3	Macro-economische trends op de Nederlandse arbeidsmarkt	96
5.4	Wie werkt waar en wat levert dat op?	100
5.5	Gevolgen voor arbeidsmarkttuitkomsten: lonen en werkloosheid	104
5.6	Conclusie	106
	Lessen uit de Rotterdamse haven	113
	<i>Kees Marges</i>	
	Wachten op Alice: technologie in de thuiszorg	117
	<i>Monique Kremer</i>	
6	Hoe automatisering het karakter van werk verandert	121
	<i>Edward Skidelsky</i>	
6.1	Inleiding	121
6.2	Poesis en praxis	123
6.3	De uitholling van praxis	125

Hoe robots beter kunnen werken – en wij ook	131	
<i>Anna Salomons</i>		
7	Wie de robots bezit, bezit de macht	135
	<i>Richard Freeman</i>	
7.1	Inleiding	135
7.2	Wat gebeurt er met onze werkgelegenheid en vrije tijd?	138
7.3	Wat gebeurt er met lonen en inkomens?	138
7.4	Heterogene arbeid bij <i>skill-biased technological change</i>	139
7.5	Het inkomensaandeel van robots/kapitaal	140
7.6	Wie de robots bezit, bezit de macht	143
7.7	Mensvervangende robots vergezocht?	143
7.8	Oplossing?	144
7.9	Conclusie: beleid voor het robottijdperk	145
	De robot van slaaf tot baas? Enige arbeidsrechtelijke vragen bij robotisering	151
	<i>Jan Popma</i>	
8	Anders dan zij. Onderwijs voor een robotsamenleving	155
	<i>Casper Thomas</i>	
8.1	Inleiding	155
8.2	Een diploma is niet langer de oplossing	157
8.3	Een nieuwe industriële revolutie	158
8.4	De toekomst is creatief en sociaal	161
8.5	Herwaardering voor de alfawetenschappen	164
Auteurs		169

LIJST FIGUREN

Figuur 3.1	Kansen en bedreigingen van de robotsamenleving	57
Figuur 5.1	Verandering in werkgelegenheidsaandeel in beroepsklassen, 1999-2014	98
Figuur 5.2	Baanpolarisatie in Nederland, 1999-2014	98
Figuur 5.3	Verandering in werkgelegenheidsaandeel van routinematige en niet-routinematige taken, 1996-2012	100
Figuur 5.4	Deel van de werknemers met een bepaalde opleiding in beroepen per loonsegment van 20%	101
Figuur 5.5	Ontwikkeling van het arbeidsaanbod naar opleidingsniveau	104
Figuur 5.6	Rendementsontwikkeling van hoogopgeleiden en van middelbaaropgeleiden	105
Figuur 5.7	Werkloosheidsontwikkeling naar opleidingsniveau, 1996-2014	107
Figuur 7.1	Hoe het in de VS is gegaan: arbeidsaandeel omlaag, ongelijkheid omhoog	142

WOORDENLIJST

Jon Turney

3D-printer

Een apparaat dat digitale informatie omzet in driedimensionale voorwerpen. De eenvoudigste modellen zijn voortgekomen uit de (tweedimensionale) inkjet-technologie. Voorwerpen worden opgebouwd in lagen, die een chemische verbinding aangaan, waardoor er een vast product ontstaat. Ooit zal de 3D-printer misschien worden beschouwd als een verre voorloper van de ‘nanotech assembler’ – nu nog sciencefiction – die uit eenvoudige grondstoffen eigenlijk alles kan maken wat je maar wilt.

Cloud robotics

Software, gegevensopslag en gegevensverwerking bevinden zich nu vaak in de *cloud*, dat wil zeggen, in externe computers en digitale geheugens die via internet toegankelijk zijn. Robots hebben al deze drie elementen nodig. Bij *cloud robotics* vinden deze functies dus op afstand plaats en worden instructies teruggestuurd naar de machine.

Complementariteit

Sommige taken kunnen volledig worden geautomatiseerd. Andere kunnen het beste worden uitgevoerd wanneer robots en mensen samenwerken en elkaar aanvullen. Een goed voorbeeld is robotchirurgie, maar ook het gebruik van computerdiagnostiek door automonteurs is een vorm van complementariteit.

Drone

Een onbemand luchtvaartuig. Het kan autonoom zijn of op afstand worden bestuurd. In het laatste geval is het een (vaak zwaar bewapend) voorbeeld van complementariteit.

Haptische technologie

Haptiek verwijst naar het vergaren van informatie via de tastzin, het voelen van temperatuur, kracht of textuur. Haptische technologie houdt in dat robots zo worden uitgerust dat ze tastinformatie kunnen interpreteren of dat op afstand gevoelde informatie kan worden overgebracht naar een apparaat, bijvoorbeeld een handschoen, zodat de menselijke gebruiker daarvan hetzelfde kan voelen. De informatie kan afkomstig zijn uit de reële wereld of kan alleen in een computer zijn opgeslagen; in dat laatste geval voelt de gebruiker een virtueel object. Zo kunnen de grenzen tussen mensen en robots vervagen.

Kunstmatige intelligentie (KI)

Software die dingen kan doen die over het algemeen als intelligente menselijke vaardigheden worden gezien (zoals analyseren, besluiten nemen, problemen oplossen). Sommige mensen spreken liever van ‘niet-menselijke intelligentie’. KI-robots zijn robots met KI-software.

Machinaal leren

Er is sprake van machinaal leren wanneer computers het vermogen verwerven om iets te doen waarvoor ze niet expliciet zijn geprogrammeerd. Het is een breed vakgebied, maar de meeste varianten hebben betrekking op het herkennen van patronen in gegevens, bijvoorbeeld leren hoe je gezichten kunt herkennen uit een grote hoeveelheid pixels.

Mechatronica

Een term uit de jaren zeventig van de vorige eeuw die wordt gebruikt voor de combinatie van werktuigbouwkunde en elektrotechniek met computers en regel- en besturingssystemen – oftewel robots.

Midas, vloek van

Genoemd naar de koning uit de Griekse mythologie die alles wat hij aanraakte in goud veranderde. Moraal: kijk uit met wat je wenst. Moraal in het computertijdperk: schrijf een algoritme dat precies datgene doet wat jij wilt en houd rekening met uitzonderingen op gewenste functies.

Moore, Wet van

Een empirische ‘wet’ die in 1965 werd geformuleerd door Gordon Moore van Intel, namelijk dat het aantal elektronische componenten op een computerchip, en dus de rekenkracht daarvan, elke 1,5 à 2 jaar verdubbelen. Hij heeft vooralsnog min of meer gelijk gekregen. Dus als straalvliegtuigen computers waren, zou je nu op een theelepeltje brandstof naar Jupiter kunnen vliegen. Dit is tevens een favoriet technologisch vooruitzicht voor mensen die geloven in de komst van (technologische) singulariteit.

People analytics

Tegenwoordig kunnen er grote hoeveelheden gegevens worden verzameld over het gedrag van mensen op hun werk. People analytics is de overkoepelende term voor het analyseren van die data om na te gaan hoe deze meer of minder doeltreffend kunnen worden ingezet.

Robot

Oorspronkelijk een mensachtige machine die menselijke arbeid overnam, afkomstig uit het toneelstuk R.U.R. (Rossum’s Universele Robots) van Karel Čapek uit 1920. Het Tsjechische woord ‘robota’ betekent slavenarbeid. De robots van Čapek

waren organisch en groeiden in vaten, dus we zouden ze nu eerder androïden noemen. Robots worden nog altijd vaak als mensachtig voorgesteld, maar de term wordt ook gebruikt voor alle toestellen of computerprogramma's die enige vorm van 'agency' (gericht handelen) vertonen of nabootsen.

Robotica

Robotica is een bredere term dan robot en heeft betrekking op computertoepassingen die in het dagelijks leven zijn geïntegreerd, zoals de personal assistant in je smartphone, het navigatiesysteem in je auto en de intelligente thermostaat in je huis.

Singulariteit, technologische

Het mogelijke moment in de technologische ontwikkeling waarop de technologie intelligenter wordt dan de mens en zich zelfstandig verder gaat ontwikkelen. Evenals bij singulariteit in de natuurkunde (in een zwart gat) gaat het om een grens waar de normale wetten ophouden te gelden en alles mogelijk is. Wat er dan gebeurt, kunnen we niet weten. Zoals de wiskundige Jack Good in 1965 schreef: "De eerste ultra-intelligente machine is de laatste uitvinding die de mensheid ooit hoeft te doen."

Telepresentie

Het vermogen om op afstand handelingen te verrichten, bijvoorbeeld in een gevarenzone, in een operatiekamer, of zelfs tijdens een signersessie in een boekwinkel, met behulp van een robotachtig apparaat en een computerlink voor de besturing en feedback. Meestal is dit een voorbeeld van complementariteit.

Uncanny valley

Mensen hebben meestal geen moeite met robots die eruitzien als machines. Misschien ook niet met robots die de mens perfect nabootsen (hoe zouden ze dat moeten weten?). Maar mensen lijken zich ongemakkelijk te voelen tegenover robots die er min of meer als een levend wezen uitzien maar toch geen echte imitatie daarvan zijn. Dergelijke humanoïde robots wonen in de Uncanny Valley (Griezelvallei), een term die in 1970 werd bedacht door Masahiro Mori, een Japanse hoogleraar in de robotica die onderzoek deed naar gevoelens over robots.

Waldo

Een op afstand bestuurd toestel dat de gebruiker in staat stelt om te werken met behulp van een mechanische arm en hand. De term is afkomstig uit een sciencefictionverhaal van Robert Heinlein uit 1942. De uitvinder in dat verhaal maakte krachtige waldo's – zoals het gevaarte dat Ripley bestuurt in het laadruim van de *Nostromo* in de film *Alien*. In het echt zijn deze apparaten tot nu toe meestal wat minder robuust. Ze worden gebruikt in gevaarlijke omgevingen zoals nucleaire opwerkingsfabrieken of biologische laboratoria met een hoog veiligheidsniveau.

Wetware

De delen van mensen – en andere levende wezens – die ons in staat stellen om te rekenen (en in het beste geval te denken), dus ons brein en zenuwstelsel. De term wordt door computerwetenschappers gebruikt om het onderscheid met hardware en software aan te duiden.

TEN GELEIDE

Werk is de spil van de economie en de samenleving, en is cruciaal in het leven van mensen. Betaald werk zorgt voor inkomen, eigenwaarde en het verbindt mensen. Maar zal dat in de toekomst zo blijven? Banen bestaan steeds vaker uit verschillende 'taken' die soms ook gedaan kunnen worden door computers en robotica, of door mensen elders in de wereld. En op de arbeidsmarkt ontstaan lossere verbintenissen tussen werkgevers en werknemers – de flexibilisering van arbeidsrelaties.

Het WRR-project Toekomst van Werk brengt cruciale arbeidsmarktontwikkelingen op het terrein van de digitale revolutie en flexibilisering van de arbeidsrelaties in kaart, onderzoekt de sociale en economische betekenis daarvan, en draagt ideeën aan voor beleid. Deze verkenning is het eerste product van dit project.

De robot de baas richt zich op de veranderingen ten aanzien van werk als gevolg van robotisering en verregaande vormen van digitalisering, en presenteert in dit kader een 'inclusieve robotagenda'. De volgende stap in dit project wordt een verkenning over flexibilisering en veranderende arbeidsrelaties. Daarna zal een afrondende publicatie verschijnen.

Deze WRR-verkenning is voorbereid door een projectgroep bestaande uit de WRR-medewerkers prof. dr. Monique Kremer, dr. Robert Went, dr. Fabian Dekker, WRR-voorzitter prof. dr. André Knottnerus en de stagiairs Milanne Mulder Msc en Philip Post Msc.

Aan deze publicatie is meegewerkt door een keur van auteurs, wier bijdragen kort worden geïntroduceerd in de inleiding. De WRR is hun erkentelijk voor hun bijdragen.

1 INLEIDING

Robert Went, Monique Kremer en André Knottnerus

“Pikken robots ooit onze banen in”, kopte het *Algemeen Dagblad* op 15 september 2015. “Bang voor de robots? Daar is wel reden toe”, schreef *NRC Handelsblad* in maart 2015. En een item van Telegraaf tv heeft als titel: ‘Kijk uit voor de robots!’ Sinds een paar jaar lijkt het alsof er een ‘robotalarm’ is afgegaan. De robots komen! En omdat ze steeds beter en slimmer worden, kunnen ze veel van ons werk overnemen. Dergelijke krantenkoppen staan niet los van recent wetenschappelijk onderzoek. Het geruchtmakende onderzoek van Frey en Osborne (2013), onderzoekers uit Oxford, speelde een belangrijke rol bij de persaandacht. Zij voorspelden dat in twintig jaar tijd 47 procent van alle banen in de vs overgenomen kan worden door computers. In hun lange lijst van bedreigde beroepen staan telemarketeers, verzekeraars en technisch wiskundigen bovenaan. Weinig bedreigd zijn banen als ‘ontspanningstherapeut’ en sociaal werker. Het Britse onderzoek werd in Nederland gereproduceerd door Deloitte (2014) met net zulke geruchtmakende statistieken.

Tegelijkertijd is er voor robots ook fascinatie en een zekere waardering. Over de Google-auto verschenen talloze nieuwsitems in de media. De zoekterm heeft al 900 miljoen hits op, natuurlijk, Google. Ook is er veel aandacht voor robots in de zorg. Paro, het zeehondrobotje, maakt volgens de berichten het leven van dementerende ouderen een stuk leuker. En over Alice, de zorgrobot van mevrouw Van Wittmarschen, is een heuse documentaire gemaakt. In deze berichtgeving wordt steeds op een positieve manier verband gelegd met de toekomst van werk. “Minder werkdruk door robotstofzuiger”, meldde het *Algemeen Dagblad* op 16 juni 2015. Een robot kan het werkzame leven flink verlichten. Vaak wordt daarbij gewezen naar de econoom Keynes, die al in 1930 voorspelde dat automatisering zou kunnen leiden tot een 15-urige werkweek. Dan zouden mensen eindelijk verlost zijn van werk en veel vrije tijd hebben.

In deze WRR-verkenning presenteren we geen utopieën of dystopieën over de toekomst van werk. Ook publiceren we geen beroepenlijstjes of de nieuwste high-tech-snuffjes. De vraag die centraal staat is meer verkennend van aard, namelijk wat de betekenis van digitalisering en robotisering is en kan zijn voor de toekomst van werk. Een drietal thema’s wordt uitgediept. Het eerste is: welke robotisering (en digitalisering) zien we vanuit het perspectief van de arbeidsmarkt nu en in de toekomst op ons afkomen, en welke factoren spelen daarbij een rol? Het tweede: wat is bekend over de gevolgen van digitalisering en robotisering voor werk?

En ten derde stellen we de vraag welke vraagstukken een plek moeten krijgen op de beleidsagenda van de overheid, en wat de handelingsmogelijkheden zijn voor wetenschappers, werkgevers en werknemers en hun organisaties, en anderen.

Robotisering en arbeidsmarkt

Welke vormen van digitalisering en robotisering in de toekomst mogelijk zijn is de vraag die we hebben gesteld aan Rini van Est en Linda Kool van het Rathenau Instituut (hoofdstuk 3). In opdracht van de Tweede Kamer verscheen eerder dit jaar hun rapport *Werken aan een robotsamenleving* (Van Est en Kool 2015). De auteurs wijzen op allerlei nieuwe IT-gerelateerde ontwikkelingen: machines worden niet alleen sneller en slimmer, er ontstaan ook nieuwe toepassingen, bijvoorbeeld omdat gebruikgemaakt kan worden van de *cloud*. Ze wijzen erop dat kunstmatige intelligentie en robotica steeds meer inzicht en behendigheid krijgen, waardoor een nieuwe generatie robots mogelijk wordt: de *collaboratieve* of *co-robot*. Robots komen uit hun kooi en voor het eerst hoeft de mens zich niet aan de robot aan te passen, maar andersom. De auteurs sluiten hun bijdrage af met negen positieve en negatieve toekomstscenario's over de robotsamenleving.

Robotdeskundige Martijn Wisse van de TU Delft beschrijft in hoofdstuk 4 de technologische stand van zaken met betrekking tot robotica, waarbij hij zich beperkt tot drie varianten: robotarmen, mobiele robots en drones. Hij signaleert dat er veel kansen liggen op het terrein van de ontwikkeling van deze robots. Nederland heeft een relatief lage 'robotdichtheid', doordat er in de Nederlandse MKB-economie nog weinig investeringen in robotisering plaatsvinden. Hij pleit voor het bij elkaar brengen van technostarters, durfkapitaal en robotica-onderzoek. Tevens zijn heldere juridische kaders nodig in verband met problemen rond aansprakelijkheid.

Wat precies de effecten van robotisering op de arbeidsmarkt van de toekomst zijn, is lastig te voorzien. Voor zover bekend, is daarnaar in Nederland nog geen onderzoek gedaan. Wel hebben Bas ter Weel en Wiljan van den Berge van het CPB onderzocht wat de betekenis is geweest van digitalisering voor de Nederlandse arbeidsmarkt. Zij komen in hoofdstuk 5 van deze verkenning tot de conclusie dat digitalisering de afgelopen vijftien jaar vooral de banen voor middelbaar opgeleiden – en dan vooral aan de onderkant daarvan – onder druk hebben gezet, al blijkt dat in Nederland wel minder het geval te zijn dan in andere landen zoals de vs. Belangrijk is evenwel dat digitalisering de meeste impact heeft op taken *binnen* banen. Secretariaresses die voorheen vooral met typen, het aannemen van de telefoon en het verdelen van de faxberichten bezig waren, doen nu andere taken, zoals planning en projectmanagement.

Hoe belangrijk ook, de toekomst van arbeid gaat dus niet alleen over wie een baan heeft en hoe die wordt betaald, maar ook over de aard en het karakter van het werk. Edward Skidelsky, die filosofie en theologie doceert aan de University of Exeter,

behandelt in hoofdstuk 6 de gevolgen van automatisering voor het karakter van werk, vooral in de dienstensector. Hoewel er voldoende technologische en economische mogelijkheden zijn om diensten te mechaniseren, is de vraag relevant of mensen dit wel willen. Want door automatisering komt de productie centraal te staan en kan de dienstverlening op de achtergrond raken. Skidelsky wijst erop dat dan ook het karakter van het werk verandert: “Procedures worden gestandaardiseerd. Er is steeds minder ruimte voor eigen beoordeling en vertrouwen.”

De laatste twee hoofdstukken gaan vooral over de vraag hoe intelligent omgegaan kan worden met de risico's en kansen van robots en automatisering. Harvard-econoom Richard Freeman gaat in op nieuwe verdelingsvragen die de robotisering met zich meebrengt. Hij schrijft: “Mijn stelling is eenvoudig: ongeacht of technologische vooruitgang arbeidsbesparend, kapitaalbesparend, *skill-biased* is of niet, en ongeacht hoe snel robots of andere machines de menselijke kennis en kunde evenaren of overtreffen, het effect van de nieuwe technologieën op het welzijn van mensen in de hele wereld wordt bepaald door de vraag wie de eigenaar is van de nieuwe technologieën.” Daarom stelt hij voor om werkenden mede-eigenaar te maken van robots en andere machines.

Casper Thomas, publicist en voormalig WRR-medewerker, brengt in hoofdstuk 8 in kaart hoe we in de curricula en organisatie van het onderwijs moeten inspelen op een toekomst met meer en snellere robots en verdergaande digitalisering. Slimmer worden dan de machine op haar eigen terrein is geen optie meer. Er is veel consensus onder deskundigen dat naast kennis ook andere vaardigheden steeds belangrijker zullen worden, zoals veerkracht en creativiteit: vaardigheden waarin de mens zich kan onderscheiden van machines. Dat zegt ook de eerdergenoemde Frey van de Universiteit van Oxford. Er zijn volgens hem drie soorten werk waar vooralsnog grote obstakels zijn om te worden overgenomen door robots: werk dat creativiteit vergt, werk gericht op nieuwe ideeën verzinnen en werk met veel sociale interactie. Thomas haalt ook *Fortune* senior-editor Geoff Colvin aan die in zijn boek *Humans are underrated* stelt dat voor het vaststellen van het onderwijscurriculum het een betere strategie is te vragen van welke activiteiten we willen dat ze door mensen worden uitgevoerd, zelfs als computers ze ook kunnen doen. Denk bijvoorbeeld aan rechterlijke uitspraken of aan zorgtaken, handelingen waar nu mensen op aanspreekbaar zijn.

Tussen deze hoofdstukken staan korte teksten over hoe nieuwe of bestaande technologieën (kunnen) uitpakken in de praktijk van de arbeidsmarkt. We hebben wetenschappers gevraagd drie belangrijke thema's kort uit te werken: Fabian Dekker (WRR en Erasmus Universiteit) doet verslag van lopend onderzoek naar hoe werkgevers aankijken tegen robotisering. Wat opvalt is hoe weinig er eigenlijk sprake is van robotisering: werkgevers vinden robots te duur, zij vragen om een ander verdienmodel, en er zijn technische problemen. Ook zijn er zijn culturele

barrières (mensen willen het niet). Anna Salomons (Universiteit Utrecht) zet het onderzoek naar het gebruik van technologie op de werkvloer op een rij. Wat blijkt? Nieuwe technologie leidt pas tot productiviteitswinst als er in de werkorganisatie aanpassingen worden doorgevoerd om met de nieuwe werkomstandigheden om te gaan: meer trainingsmogelijkheden, meer autonomie op het werk ('eigenaarschap') en meer werkzekerheid zijn elementen hiervan. Vakbonden, zo blijkt uit onderzoek, kunnen daarbij een belangrijke rol spelen. Jan Popma (verbonden aan de Faculteit der Rechtsgeleerdheid van de Universiteit van Amsterdam) schetst in een korte bijdrage enkele juridische vragen: moeten werknemers gehoorzamen aan een robot? Wie is aansprakelijk voor als het fout gaat bij een zelflerende robot?

In de verkenning wordt ook verslag gedaan van praktijken van en ervaringen met nieuwe technologieën. Robert Went interviewt Bram de Zwart, een van de oprichters van het bedrijf 3D Hubs, die verwacht dat 3D-printers (ook een soort robots) de wereld gaan veranderen. Hij sprak ook met Nicklas Lundblad van Google Europe over de keuzes die we zullen gaan maken bij het ontwikkelen van nieuwe technologie. De gevolgen van technologie voor werk komen aan bod in het gesprek dat Went en Kremer hadden met CIO Kees Smaling van Aegon: hoe gaat digitalisering in zijn werk bij een groot verzekeringsbedrijf? En in een andere korte tekst geeft Monique Kremer een impressie over het gebruik van technologie in de thuiszorg. Kees Marges kijkt op ons verzoek terug naar de grootscheepse automatisering in de haven. Welke lessen kunnen daaruit worden getrokken? En om op terug te kunnen grijpen bij het lezen van de hoofdstukken, is, ten slotte, een woorden- en begrippenlijst voor ons gemaakt door *science writer* Jon Turney, die onder meer *The rough guide to the future* (2011) schreef.

Naar een 'inclusieve robotagenda'

In het nu volgende hoofdstuk van Robert Went en Monique Kremer (hoofdstuk 2) wordt een eerste aanzet gegeven hoe we robotisering en digitalisering de baas kunnen blijven. Op basis van de bovenstaande inzichten, aangevuld met literatuuronderzoek en gesprekken met nationale en internationale deskundigen uit de wetenschap, beleid en praktijk, betogen zij dat het nodig is om te komen tot een brede 'inclusieve robotagenda'. Zo'n agenda is niet alleen van belang voor de (nationale) overheid maar evenzeer voor onderzoekers, werkgevers en werkenden en hun organisaties, en andere betrokkenen zoals gebruikers. Om de vruchten te plukken van nieuwe mogelijkheden en om (potentiële) nadelen zoveel mogelijk tegen te kunnen gaan, is een actieve opstelling van politiek en samenleving nodig. Vandaar de titel van deze verkenning: *De robot de baas*.

In de agenda die zij voorstellen is *complementariteit* het sleutelwoord: niet zoveel mogelijk mensen proberen te vervangen door robots, maar mensen samen mét robotica productiever maken. Het is daarbij van belang te streven naar *inclusieve robotisering*. Hoewel robots en andere machines steeds slimmer worden, blijken

technologische ontwikkelingen en toepassingen vaak anders uit te pakken of trager te verlopen dan wordt verwacht of geclaimd. Het is van belang als overheid te bevorderen dat verschillende partijen rond het thema robotisering bij elkaar komen. Daarbij is het van belang te zoeken naar mogelijkheden voor *co-creatie*, waarbij nieuwe toepassingen niet worden bedacht door *techneuten* voor de mensen die ermee aan het werk moeten, maar samen worden ontwikkeld. Dit is het eerste thema dat een plek verdient op de ‘inclusieve robotagenda’.

Het tweede thema is *inzetten op complementaire kennis en vaardigheden* op alle niveaus in het onderwijs. Een hoge opleiding op zich biedt geen voldoende antwoord op het slimmer worden van machines. Ook bepaald soort werk van hogeropgeleiden (accountants, artsen, advocaten) kan in de toekomst door robots overgenomen worden. Technisch onderwijs biedt op zichzelf waarschijnlijk evenmin een voldoende antwoord. De ook voor het onderwijs relevante vraag zou moeten zijn: wat is het typisch menselijke in werk? Welke taken, relaties en verantwoordelijkheden zullen bij mensen blijven horen, of willen we per se bij mensen (blijven) beleggen? Daarvoor is het van belang na te denken over de vraag welke kennis en kunde passen bij complementariteit.

Het derde thema is het *eigenaarschap van werk*. In studies naar werkstress, burn-out en aan de positieve kant werkplezier en productiviteit, komt steevast naar voren dat het hebben van autonomie of ‘eigenaarschap’ de productiviteit ten goede komt. De vraag is: hoe kunnen mensen en technologie samenwerken en hoe kunnen mensen de baas blijven over hun eigen werk (en over de robot)?

Het vierde thema is *nieuwe verdelingsvragen*. Er zullen mensen zijn die onvoldoende mee kunnen komen in de robotsamenleving. Het is onmogelijk te voorspellen wie dat in de toekomst zullen zijn. Wie zal zonder werk komen te zitten of wie zal van werk naar werk begeleid dienen te worden? Daarom is een portfolio van verschillende beleidsinstrumenten van belang om mensen waar nodig te kunnen helpen en ondersteunen. Ook is de vraag van belang of het mogelijk (en wenselijk) is werkenden mede-eigenaar te maken van robots en andere machines. Volgens sommige auteurs in deze verkenning is dat ook een manier waarop werkenden de robot de baas kunnen blijven.

LITERATUUR

- Deloitte (2014) *De impact van automatisering op de Nederlandse arbeidsmarkt. Een gedegen verkenning op basis van Data Analytics*, <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/deloitte-analytics/deloitte-nl-data-analytics-impact-van-automatisering-op-de-nl-arbeidsmarkt.pdf>.
- Est, R. van en L. Kool (red.) (2015) *Werken aan de robotsamenleving. Visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid*, Den Haag: Rathenau Instituut.
- Frey, C.B. en M.A. Osborne (2013) *The future of employment. How susceptible are jobs to computerisation?*, Oxford: Oxford Martin Publication.

2 HOE WE ROBOTISERING DE BAAS KUNNEN BLIJVEN. INZETTEN OP COMPLEMENTARITEIT

Robert Went en Monique Kremer¹

2.1 INLEIDING

“Automatisering zal leiden tot een economie waarbij nog maar weinig mensen nodig zijn.” Die prognose dateert uit 1964 en is te lezen in het rapport van de Noord-Amerikaanse *Ad Hoc Commission on the Triple Revolution* (1964). Het is essentieel, schrijft de commissie, “to recognize that the traditional link between jobs and incomes is being broken. The economy of abundance can sustain all citizens in comfort and economic security whether or not they engage in what is commonly reckoned as work.” In deze commissie zaten grote namen als Michael Harrington en Robert L. Heilbroner, en Nobelprijswinnaars Gunnar Myrdal en Linus Pauling. Het rapport, dat in maart 1964 naar president Johnson, de minister van arbeid, en de fractieleiders in de Senaat en het Huis van Afgevaardigden werd gestuurd, trok veel aandacht. Kranten schreven er een redactioneel commentaar over en de *New York Times* zette het op zijn voorpagina. President Johnson stelde een National Commission on Technology, Automation, and Economic Progress in, en zei tijdens het tekenen van het wetsontwerp daarvoor dat “automation can be the ally of our prosperity if we will just look ahead, if we will understand what is to come, and if we will set our course wisely after proper planning for the future.” Deze optimistische visie hing ongetwijfeld samen met de bloeiende economie en de lage werkloosheid in de vs in de jaren zestig.

Dertig jaar later, aan het begin van de jaren negentig, was het beeld totaal anders. Nieuwe technologie werd toen als bedreiging gezien, met name goedkope computers en slimme software. De angst voor het verdwijnen van banen op midden-niveau was groot toen bedrijven als IBM, General Motors en Boeing tienduizenden werknemers ontsloegen. Er verschenen boeken over leven zonder werk en een werknemerloze wereld (Aronowitz en DiFazio 1994; Rifkin 1994). Door de nieuwe informatietechnologie stonden we naar verwachting aan het begin van een derde industriële revolutie, na de introductie van de stoommachine (de eerste revolutie) en van elektriciteit (de tweede revolutie). Maar ook toen verdween na verloop van tijd de angst voor een sterke toename van de werkloosheid door technologische ontwikkelingen. In het midden van de jaren negentig trok de economie immers weer aan, en zorgde de *dot-com-bubble* voor een ander gespreksonderwerp (Carr 2015).

We zijn inmiddels weer twee decennia verder en nu staan de gevolgen van digitalisering en robotica opnieuw in de aandacht. Technologische ontwikkelingen leiden tot een versnelling en uitbreiding van de mogelijkheden van robotica. De vraag die wederom veel aandacht krijgt is of robots een groot deel van de banen gaan overnemen. MIT-deskundigen Brynjolfsson en McAfee (2014) stellen dat een tweede machinetijdperk is aangebroken. Ging het in het eerste machinetijdperk nog om machines die spierkracht leveren, in het tweede machinetijdperk gaan ‘slimme machines’ denkkracht leveren. Deze revolutie heeft drie kenmerken: alles gaat sneller, alles kan gedigitaliseerd worden, en er ontstaan nieuwe onverwachte en onvoorspelbare combinaties (Brynjolfsson en McAfee 2014; Cowen 2013; Van Est en Kool 2015).

Er zijn inmiddels heel wat rapporten en artikelen verschenen waarin geschat of ‘voorspeld’ wordt hoeveel banen er gaan verdwijnen. Frey en Osborne (2013) voorspellen dat 47 procent van de banen in de VS in de toekomst zal verdwijnen. Voor Nederland zou dat volgens Bruegel (2014) met diezelfde methode 49,5 procent zijn. Ook zijn er nieuwe internationaal-vergelijkende wetenschappelijke publicaties die laten zien in welke segmenten van de arbeidsmarkt banen onder druk staan (Goos et al. 2014).

Van belang hierbij is dat – anders dan in de VS in de jaren zestig – de economische context minder positief is. De wereldeconomie groeit al jaren veel minder snel en internationale organisaties maken zich grote zorgen over hoe de mondiale economie er momenteel voor staat. Gordon (2012) voorziet zes tegenwinden die ertoe leiden dat de groei laag blijft. Een belangrijke oorzaak is in zijn analyse dat de productiviteitswinst van de computer- en internetrevolutie zo ongeveer wel binnen is en dat van innovaties niet veel groei meer te verwachten is. Wie vooruit kijkt ziet dat de bevolking in westerse landen vergrijsd en niet meer groeit of zelfs krimpt, waardoor het aantal gewerkte uren zal afnemen. Organisaties als het IMF en de OESO wijzen erop dat de toenemende ongelijkheid die zichtbaar is in veel landen, slecht is voor de economische groei; zij pleiten voor het actief bevorderen van ‘inclusieve groei’, dat wil zeggen groei waar iedereen van profiteert. Het IMF stelde in oktober 2015 voor het vijfde jaar achter elkaar zijn groeiverwachting voor opkomende landen naar beneden bij, dit keer tot een magere 3,1 procent in 2016. Veel economen denken dat er een periode van langdurige stagnatie (*secular stagnation*) met lage groei aangebroken is (Teulings en Baldwin 2014).

Zij die de lage economische groei als blijvend probleem zien, gaan voorbij aan de vraag in hoeverre door automatisering en robotica de arbeidsproductiviteit kan stijgen waardoor de groei toeneemt. Sommige economen (waaronder McAfee en Brynjolfsson) zijn optimistisch en voorzien geen langdurige stagnatie. Zij verwachten juist dat robots, *big data* en zelfrijdende voertuigen tot meer groei en wel-

vaart zullen leiden, onder andere door – zoals economen dat noemen – een groter ‘consumentensurplus’ – dat is het verschil tussen de individuele gebruikswaarde van een consumptiegoed en de marktprijs.²

In dit hoofdstuk staat de vraag centraal wat de betekenis is, en kan zijn, van robotisering en verdergaande digitalisering voor de toekomst van werk. We beginnen met een beschrijving van de relevante technologische ontwikkelingen. Dit doen we aan de hand van het concept ‘het tweede machinetijdperk’, dat is gemunt door Brynjolfsson en McAfee (2014). Kern hiervan is dat een nieuwe fase in de digitalisering en automatisering wordt ingeluid, door snellere rekenkracht, verbeterde sensoren, *big data*, en ‘uitvoer’-technologie waarmee van alles in de wereld tot stand gebracht kan worden (zoals 3D-printers en de ‘echte robots’). Tegen die achtergrond kijken we naar de invloed van robotisering op denkkracht en daarmee op werk. Daarna stellen we de vraag welke factoren van belang zijn voor de verdere ontwikkeling en implementatie van nieuwe toepassingen. Vervolgens kijken we naar wat dit betekent voor werk: weten we iets over welke banen nu en in de toekomst onder druk staan en over de verandering van bestaand werk? In het laatste deel van dit hoofdstuk geven we een aanzet voor enkele hoofdlijnen van een ‘inclusieve robotagenda’ voor Nederland.

2.2 DIGITALE REVOLUTIE IN EEN NIEUWE FASE: HET TWEEDE MACHINETIJDPERK

De aandacht gaat in de media en in discussies vaak uit naar robots zoals we die uit films en sciencefictionliteratuur kennen. De robot wordt dan verbeeld als een hoe-kige, ijzeren pop die – al dan niet pratend met een blikken stem – onze fabrieken, huiskamers en ziekenhuizen binnenloopt. Maar wie alleen zo’n enge definitie van robots hanteert, mist veel van de belangrijke ontwikkelingen die nu gaande zijn. “Robots zijn de meest recente uiting van de opkomst en diffusie van ICT met mogelijk een grote impact op de arbeidsmarkt”, schrijven Van den Berge en Ter Weel in deze verkenning (hoofdstuk 5). Dat gaat dus over veel meer dan over de impact van fabrieksrobots, wat een deelgebied is binnen bredere digitale ontwikkelingen (zie hoofdstuk 4 in deze verkenning). Met de term ‘robots’ doelen we dus niet alleen op fysieke robots, maar ook op “technologieën als ‘softbots’, kunstmatige intelligentie, sensornetwerken, en data analytics. Er is sprake van het *Internet of Robotic Things*, oftewel het robotinternet. Het internet wordt daardoor als het ware uitgebreid met zintuigen (sensoren) en handen en voeten (actuatoren), en dankzij machinelere en kunstmatige intelligentie wordt het internet ook ‘slim’” (Van Est en Kool 2015). Deze verkenning volgt deze brede omschrijving: het gaat in de woorden van Freeman (hoofdstuk 7) over “robots en andere machines”.

Robots en andere machines zijn er in allerlei soorten en maten (Hueck en Went 2014). Dat gaat van industriële en dienstverlenende robotica tot de ontwikkeling van kunstmatige intelligentie (KI – zie de woordenlijst voorin deze verkenning). Op het terrein van industriële robots gaan de ontwikkelingen nog niet erg snel. Uit de meest recente telling door de International Federation of Robotics (IFR) blijkt dat mondiaal momenteel ruim 1,4 miljoen van deze robots aan het werk zijn. Dat aantal stijgt weliswaar al jaren en zal ook de komende tijd blijven toenemen, maar niet exponentieel, zo is de verwachting van de IFR. In Nederland staan volgens deze telling 8470 industriële robots, ofwel 93 per 10.000 werknemers in de industrie. Ter vergelijking: Zuid-Korea telt 437 robots per 10.000 werknemers (Bouman 2015).

Van dienstenrobots, die momenteel vooral in de landbouw en defensie worden ingezet, werden er volgens de IFR in 2014 wereldwijd 24.207 verkocht. Sinds 1998 zijn 172.000 zakelijke dienstenrobots verkocht, hoeveel er daarvan nog in functie zijn is onbekend. In 2014 zijn 4,7 miljoen dienstenrobots voor persoonlijk gebruik zoals stofzuigers en grasmaaimachines verkocht (IFR 2015). Industriële en dienstenrobots zijn robots in de ‘enge’ zin des woords. Bij kunstmatige intelligentie gaat het erom dat machines ook zelf kunnen ‘denken’ en kunnen leren van ons gedrag om daar vervolgens rekening mee te houden. Veel nieuwe toepassingen van robots zijn niet direct als zodanig herkenbaar. Want ook de routeplanner in een auto, de poortjes op een NS-station die je binnenlaten en registreren, je iPhone en iPad en de slimme thermostaat zijn voorbeelden van robotica.

In veel discussies speelt de vraag wat het potentieel is van technologieën en nieuwe toepassingen die nog in ontwikkeling zijn of waarmee nu nog wordt geëxperimenteerd. We gaan hierna in op factoren die van belang zijn voor de verdere ontwikkeling van robotica en het gebruik van toepassingen. Daaruit blijkt dat wat theoretisch mogelijk is, lang niet altijd op grote schaal realiteit wordt. Belangrijke factoren zijn dat de technische mogelijkheden vaak beperkter zijn dan wordt gedacht, dat er nog te weinig wordt geïnvesteerd in robotica, dat de kosten voor het gebruik nog te hoog zijn, dat mensen niet altijd de laatste technologische innovaties en snufjes willen, en dat de juridische kaders nog ontbreken.

WE Zouden TOCH Vliegende AUTO'S Krijgen?

Peter Thiel, medeoprichter van PayPal en investeerder in Facebook, schreef in 2011 in een manifest met anderen dat we vliegende auto's wilden, maar slechts 140 tekens op Twitter hebben gekregen. Er zijn nog steeds geen *jetpacks* en de meningen lopen uiteen over de vraag wanneer het mogelijk is dat we ons op grote schaal verplaatsen in zelfrijdende auto's. Technologische innovaties vinden hun plaats in de samenleving vaak trager dan wordt verwacht of voorspeld door uitvinders en investeerders, die er veelal belang bij hebben om hoge verwachtingen te wekken (Markhoff 2015).

Een reden hiervoor kan zijn dat praktische belemmeringen vaak onderschat worden. Toen Foxconn in China een miljoen werknemers wilde vervangen door robots die immers niet hoeven te slapen en dus zonder ophouden iPads en iPhones in elkaar kunnen zetten, bleken deze robots nog niet voldoende precies te zijn voor het werk dat ze gingen overnemen van mensen. Het bedrijf moest afzien van de introductie van robots en nam weer meer mensen aan. Voor dat moment, want er worden betere robots ontwikkeld.

Er zijn daarnaast coördinatie- en organisatieproblemen die alleen gaandeweg kunnen worden opgelost. Al jaren wordt bijvoorbeeld veel verwacht van het *internet of things*, maar nuttige en bruikbare toepassingen vereisen de nodige afstemming tussen betrokken partijen. Baily en Manyika (2015) van het Brookings Institute stellen dat het *internet of things* op dit moment bovenaan de *hype cycle of emerging technologies* staat, in 1998 was in Japan de eerste variant van een koelkast die zelf melk kan bestellen al op de markt. Verschillende bedrijven hebben toen een online-koelkast ontwikkeld. Dat werd commercieel geen succes. David Langley (2015) stelt dat daarvoor samenwerking over sectoren heen nodig is, omdat geen enkele partij in zijn eentje alle kennis en middelen heeft die nodig zijn voor een smart apparaat. Om een indruk te geven: bij een slimme koelkast gaat het om sensortechnologie, internettechnologie, een innovatieve gebruikersinterface, levensmiddelen, bezorgingsprocessen voor verse producten, en witgoed- en koeltechnologie.

De integratie van intelligente machines in de menselijke wereld gaat vaak minder snel dan gedacht of gehoopt wordt. Ondanks dat de afgelopen tijd veel vooruitgang is geboekt, zijn er volgens MIT-expert Daniela Rus (2015) met robots problemen op drie gebieden: het kost te veel tijd nieuwe robots te maken, de huidige robots hebben een beperkte capaciteit om hun omgeving waar te nemen en te interpreteren, en de mogelijkheden tot communicatie van robots zijn beperkt.

Behalve technische beperkingen, de tijdfactor en het kostenplaatje, is het de vraag of mensen altijd wel willen wat mogelijk is. Wil iedereen straks in een zelfrijdende auto rondgereden worden? Er zullen mensen zijn die hun auto om wat voor reden dan ook in bezit willen houden, ook als er autonome voertuigen zijn. De producenten van auto's gaan daar natuurlijk op inspelen, maken hun auto's veiliger en bijvoorbeeld met meer functies en comfort. Toyota (*Financial Times* 2015) heeft al gezegd er ook op langere termijn niet van uit te gaan dat de bestuurder uit de auto zal verdwijnen. De interessante vraag wordt dan of zelfrijdende auto's en traditionele voertuigen met een bestuurder samen kunnen gaan, of dat een 'dictatoriale' top-downoplossing nodig is om het rijden van je eigen auto illegaal te maken, zoals Samit (2015) voorziet (zie ook Roberts 2015).

MENSEN NIET ONDERSCHATTEN

Verscheidene auteurs vestigen er de aandacht op dat we in analyses over digitalisering en ('software') robots niet moeten vergeten hoe uniek de mens eigenlijk is. Een halve eeuw geleden schreef de NASA: "Man is the lowest-cost, 150-pound, nonlinear, all-purpose computer system, which can be mass-produced by unskilled labor" (Brynjolfsson en McAfee 2015). Maar mensen beschikken over empathie en zijn, in tegenstelling tot machines, in staat tot het bedenken van zinvolle ideeën en tot het creatief oplossen van problemen (Colvin 2015; Toyama 2015).

Colvin (2015) pleit ervoor om niet te veel te kijken naar wat robots nog niet kunnen. Dat verandert toch steeds en is vaak verkeerd ingeschat: tot voor kort dacht men dat zelfrijdende auto's nooit mogelijk zouden worden. Vruchtbaarder is het om te focussen op wat we in ieder geval door mensen moeten laten doen, of waar we van willen dat het door mensen gedaan wordt. Rechters worden weliswaar ondersteund door computeralgoritmes die de jurisprudentie doorzoeken en helpen om informatie te organiseren, maar rechters en niet robots zullen de beslissingen over de strafmaat blijven nemen: "It's a matter of the social necessity that individuals be accountable for important decisions" (Colvin 2015: 43). Dat geldt ook voor CEO's, generaals en overheidsbestuurders. Welke consequenties deze benadering heeft voor het onderwijs en voor de vaardigheden van de toekomst komt aan de orde in hoofdstuk 8 van deze verkenning.

De wensen en verlangens van mensen zijn niet eenvormig en voorspelbaar. Terwijl de Japanse sushiketen Kura in 262 restaurants de bereiding van sushi en de obers heeft vervangen door robots (Ford 2015), is McDonald's in Engeland en inmiddels ook in Nederland begonnen met een experiment waarbij obers de klanten bedienen. Een ander voorbeeld zijn de Apple Stores, waarin veel deskundig personeel aanwezig is om klanten te informeren over iPads en iPhones. Dat is een heel ander concept dan winkels waarin weinig personeel rondloopt omdat ze op prijs concurreren. Het is daarom onwaarschijnlijk dat in de toekomst in alle horecagelegenheden en winkels de bediening overgenomen zal worden door robots. Aannemelijker is dat beide varianten met allerlei tussenvormen in de toekomst naast elkaar zullen bestaan. In welke verhouding dat zal gebeuren is koffiedik kijken. Het zal ook afhangen van de voorkeuren van consumenten.

MAATSCHAPPELIJK DRAAGVLAK

Het is een fictie te denken dat machines, of het nu zelfrijdende auto's zijn of lopende banden in restaurants, ooit feilloos zullen zijn. Machines hebben de fouten en kwetsbaarheden van hun makers, schrijft Carr (2015). Vroeg of laat gaat er iets mis met zelfs de meest geavanceerde technologie, of krijgt een gecomputeerd systeem te maken met omstandigheden die de ontwerpers en programmeurs

niet hadden voorzien en waarop het algoritme geen antwoord heeft. Carr waarschuwt ook voor onvoorspelbare cascade-effecten in steeds meer met elkaar verbonden netwerken: “Autonomous cars don’t drive the streets of Utopia.”

In het verlengde hiervan maakt Autor (2014) een relevant onderscheid tussen *rules-based logic* en *machine learning*. *Rules-based logic* is feilloos, want een computer misrekenet zich nooit bij een optelsom. Maar dat is slechts beperkt inzetbaar, want *rule-based logic* is niet flexibel. Bij *machine-learning* zullen altijd fouten gemaakt worden, aangezien het gaat om schattingen op basis van statistische en/of wiskundige modellen. Het is daarom te verwachten dat als de mogelijkheden voor *machine learning* groter worden, ook meer mensen nodig zullen zijn als bewaker, vertaler en ‘rechter’ bij de beslissingen die de machine neemt op basis van bijvoorbeeld statistische analyses van *big data* (zie hoofdstuk 3 van deze verkenning, alsmede het interview met de CIO van Aegon in deze verkenning).

Er kunnen, tot slot, lastige ethische kwesties spelen die om een afweging vragen of juridische kwesties die moeten worden geregeld in wet- en regelgeving, voordat autonome auto’s, drones en andere nieuwe toepassingen van robotica en kunstmatige intelligentie op grote schaal kunnen worden ingezet. Een juridisch probleem is bijvoorbeeld de aansprakelijkheid van robots. Het ontbreken van een juridisch kader rond aansprakelijkheidskwesties komt in deze verkenning op meerdere plaatsen naar voren. Bij zelfrijdende auto’s spelen soortgelijke kwesties: wie bepaalt of de chauffeur moet worden gered bij een dreigende aanrijding of het kind dat plotseling de weg op schiet.

TIJD VOOR INVLOED

Als iets technisch mogelijk is, betekent dat niet dat het direct maatschappelijk zal worden geaccepteerd, snel realiteit wordt en op grote schaal wordt geïntroduceerd (Went 2015). Tussen technologische vernieuwingen en (grootschalige) toepassing in de praktijk staan investeringen in (gewenste en gebruiksvriendelijke) technologie en infrastructuur, wet- en regelgeving, aanpassingen in de organisatie van werk, culturele acceptatie, de tijd die het kost om iets nieuws op grote schaal in te voeren (opschaling), en niet te vergeten de kosten van ingebruikname en onderhoud. De baten van toepassingen moeten opwegen tegen de kosten. Dus wanneer microchips, robots en computers verder in prijs dalen, wordt het makkelijker ze op grotere schaal in te zetten (*Het Financieel Dagblad*, 3 oktober 2015). Er wordt aan gewerkt, maar dat kost tijd. De diffusie van veel nieuwe technologie en producten gaat langzaam (zie over de introductie van tractoren Manuelli en Seshadri 2015).

Er zijn, kortom, belangrijke redenen waarom niet alles wat bedacht wordt aan nieuwe technologie of toepassingen ook direct zal worden ingevoerd, en zeker niet op grote schaal. De belemmeringen zijn economisch, institutioneel, politiek en maatschappelijk van aard. De reden om hier bij stil te staan is niet om te kleineren

of te minimaliseren wat er op ons afkomt, integendeel. Het gaat erom dat de politiek, maatschappelijke organisaties, bedrijven en consumenten de richting van ontwikkeling van nieuwe toepassingen kunnen proberen te beïnvloeden, en daar ook grenzen aan kunnen stellen.

Want technologie overkomt ons niet maar is beïnvloedbaar. Dat is een belangrijke conclusie in de studie van het Rathenau Instituut (Van Est en Kool 2015). De manier waarop technologie zich ontwikkelt en wordt toegepast is geen gegeven (Brynjolfsson en McAfee 2014; 2015; Markoff 2015). Een belangrijk verschil tussen mensen en paarden, die nog niet zo lang geleden voor het grootste deel in de productie zijn vervangen door machines, is dat mensen in opstand kunnen komen, memoreren Brynjolfsson en McAfee (2015): “De paarden accepteerden hun economische irrelevantie zonder enige vorm van protest (voor zover we weten). Maar als hetzelfde zou gebeuren met menselijke arbeiders, zullen die waarschijnlijk niet zo zachtmoedig zijn.”

2.3 HOE TECHNOLOGIE HET WERK VERANDERT

Er zijn, zoals gezegd, veel zorgen en vragen over de gevolgen van verdergaande digitalisering en robotica voor werk. Zijn er straks nog wel banen, zo ja voor wie? En wat voor werk is dat dan? Over de gevolgen van robotica en andere nieuwe toepassingen weten we nog weinig. Wat kunnen we leren van wat wel bekend is?

NEMEN ROBOTS ONZE BANEN OVER?

De laatste tijd verschijnen geregeld alarmerende artikelen en rapporten over de toekomst van werk. Voorspeld wordt dat robots en andere machines binnen twintig jaar bijna de helft van de banen zullen overnemen (Frey en Osborne 2013; Deloitte 2014; Bruegel 2015). Deze studies bouwen voort op de benadering van David Autor, die voor de VS liet zien dat er sprake is van wat hij *routine-biased technological change* noemde (Autor et al. 2003). Gekeken wordt dan naar de mate waarin taken ‘routiniseerbaar’ (codificeerbaar) zijn, want dan kunnen ze overgenomen worden door computers en andere machines. Zulke alarmerende studies, die veel aandacht trekken in de pers, schenken echter weinig aandacht aan het feit dat er in de toekomst ook nieuwe banen bijkomen. Een toenemende vraag (veroorzaakt door prijsdalingen ten gevolge van stijgende productiviteit) voor zowel bestaande als nieuwe goederen en diensten kan leiden tot nieuwe banen. Bovendien zullen er nieuwe functies ontstaan, bijvoorbeeld om robotica te maken, te programmeren en te onderhouden. Een aanzienlijk deel van de jongeren vervangt niet de ouderen, maar komt terecht in nieuwe en snel groeiende beroepen (OESO 2012).

Lessen uit het verleden bieden geen garantie voor de toekomst, maar de geschiedenis laat zien dat bij eerdere technologische revoluties (stoommachine, elektriciteit en ICT) oude functies verdwenen en nieuwe functies ontstonden. Bij de invoering van computers werd informatica bijvoorbeeld veel belangrijker. Daarom werd daar in de jaren zeventig een nieuwe hbo-opleiding voor opgezet, laten Korsten en anderen zien in een historisch overzicht in de eerdergenoemde Rathenau-publicatie (Van Est en Kool 2015). Veranderingen gaan niet schoksgewijs maar geleidelijk, schrijven zij: “In Nederland leidden nieuwe generieke technieken tot op heden niet tot structurele crises op de arbeidsmarkt. Maar de inzet van nieuwe technieken op de arbeidsmarkt heeft wel altijd geleid tot de noodzaak om vraag en aanbod van arbeid, bijvoorbeeld via het onderwijs, beter op elkaar af te stemmen” (Van Est en Kool 2015: 85).

HET MIDDEN ONDER DRUK

Er zijn aanwijzingen dat digitalisering en toepassingen daarvan de afgelopen jaren een verschillende uitwerking hebben gehad op diverse segmenten van de arbeidsmarkt. Graetz en Michaels (2015) onderzochten de impact van industriële robots in 17 landen tussen 1993 en 2007, en concludeerden dat de introductie van robots (in de enge definitie) in die jaren niet geassocieerd werd met een afname van de werkgelegenheid. Maar er zijn wel verdelingseffecten, stellen zij: lager en gemiddeld opgeleide werkenden krijgen minder kansen. Dat komt ook naar voren uit onderzoek naar de gevolgen van digitalisering en offshoring. Goos et al. (2014) laten in een internationaal vergelijkende studie zien dat in de periode 1993-2006 sprake is van ‘baanpolarisatie’: een geleidelijk krimpend middensegment op de arbeidsmarkt (zie ook Goos et al. 2009).

Van den Berge en Ter Weel concluderen in hoofdstuk 5 van deze verkenning en in een *Policy Brief* van het CPB (Van den Berge en Ter Weel 2015) dat dit in Nederland ook het geval was gedurende de afgelopen vijftien jaar, al is dit in vergelijking met veel andere landen beperkt. Er verdwijnen banen aan de onderkant van het midden, en de mensen die daardoor hun werk kwijtraken stromen veelal door naar een baan op lager niveau. Er verdwijnen ook banen aan de bovenkant van het midden, en veel van de mensen met zulke banen komen daarna terecht op een hoger niveau. De onderzoekers concluderen dat er een nieuwe scheidslijn is binnen de mbo-opgeleiden. Daarnaast wijzen zij er op dat de inhoud van het werk en de taken die bij een beroep horen ook aan verandering onderhevig zijn. Secretariaresses die voorheen vooral met typen, het aannemen van de telefoon en het verdelen van de faxberichten bezig waren, doen nu andere taken, zoals planning en projectmanagement. Zij concluderen dat de grootse veranderingen plaatsvinden *binnen* banen (zie ook Chui et al. 2015).

Studies waarin data worden geanalyseerd, kijken logischerwijs achterom. Dat biedt inzicht in wat er gebeurd is, en van de geschiedenis is veel te leren. Maar onzeker is of trends en ontwikkelingen uit het verleden ook in de toekomst doorzetten. Het is geen uitgemaakte zaak dat technologische veranderingen ook de komende tijd vooral banen in het middensegment zullen treffen. Misschien worden in de toekomst ook meer banen aan de bovenkant bedreigd door algoritmen en slimme machines. Welke taken van hogeropgeleiden routiniseerbaar worden is onder andere afhankelijk van de slimheid van machines. Volgens Ford (2015) zullen die steeds meer in staat blijken ook voorspelbare taken van mensen over te nemen. Artsen, accountants en advocaten kunnen daar dan ook mee geconfronteerd worden.

We weten niet wat de mogelijkheden worden van *deep learning* (waarbij robots leren en generaliseren vanuit grote hoeveelheden voorbeelden) en van *cloud robotics* (waarbij elke robot leert van de ervaringen van andere robots), en wat dat betekent voor bestaande en mogelijke nieuwe taken voor mensen (Pratt 2015). De op het terrein van automatisering en taakverdeling gezaghebbende econoom Autor (2015) verwacht dat de trend van baanpolarisatie die we de afgelopen tijd gezien hebben niet alsmaar doorzet. Veel banen op middenniveau zijn een bundeling van specifieke beroepsvaardigheden met fundamentele vaardigheden zoals geletterdheid, rekenvaardigheid, aanpassingsvermogen, probleemoplossend vermogen en gezond verstand. Die banen zijn, schat hij in, niet zo makkelijk op te knippen in taken op middenniveau voor machines en taken op een lager niveau voor mensen, zonder dat er verlies aan kwaliteit optreedt.

MEER ECONOMISCHE ONGELIJKHEID?

“Met een brede toepassing van de technologieën van het tweede machinetijdperk bestaat er een reële kans dat de ongelijkheid in de toekomst toeneemt”, schrijft het Rathenau Instituut in haar rapport voor de Tweede Kamer (Van Est en Kool 2015). Daarbij gaat het zowel om gelijkheid van kansen als om gelijkheid van uitkomsten (inkomen en vermogen). En het CPB (Van den Berge en Ter Weel 2015) stelt in haar genoemde *Policy Brief* over baanpolarisatie dat “de opkomst van ICT vanaf de jaren tachtig heeft geleid tot een toename van loonongelijkheid tussen hoog- en laagopgeleiden en recentelijk tot een daling van de werkgelegenheid en druk op de lonen van middelbaar opgeleiden” (zie ook Kremer et al. 2014). Hoe de inkomens zich in de toekomst zullen ontwikkelen is niet te voorzien. Maar wat wel zeker is, is dat sommige mensen meer profijt hebben van technologische ontwikkelingen dan andere. Omgekeerd zullen er eveneens mensen zijn die erop achteruitgaan wanneer nieuwe technologie wordt toegepast.

Economen hebben het al langer over *skill-biased technological change*,³ innovatie die in het voordeel is van mensen met een hogere opleiding. Er wordt inmiddels ook gesproken over *capital-biased technological change*, dat zijn technologische

veranderingen die vooral de eigenaars van robots ten goede komen (Cohen-Setton 2012; Krugman 2012). Richard Freeman schrijft in hoofdstuk 7 van deze verkenning dat robots en aanverwante technologieën steeds beter in staat zijn om allerlei taken over te nemen van werknemers, waardoor de economische positie van arbeid verslechtert ten opzichte van kapitaal. “Werkenden moeten een deel van hun inkomen uit kapitaalbezit zien te halen in plaats van uit werk. Indien zij daarin niet slagen, zal de inkomensverdeling vermoedelijk steeds schever worden en zal er geleidelijk een nieuw soort economisch feodalisme ontstaan. Om een dergelijke polarisatie in de economie te voorkomen, moet het bezit van kapitaal dus breder worden gespreid.”

INHOUD: DE KWALITEIT VAN WERK

Het is van belang aandacht te schenken aan de vraag hoe de inhoud van werk verandert door robotica. Filosoof Edward Skidelsky wijst in hoofdstuk 6 van deze verkenning op mogelijke nadelen van verdergaande mechanisering van diensten, ook wel ‘digitaal taylorisme’ genoemd: “Procedures worden gestandaardiseerd. Er is steeds minder ruimte voor eigen beoordeling en vertrouwen”, stelt hij. Hij is heel kritisch over wat dit betekent voor werknemers. Die hoeven in zijn optiek “steeds minder te kunnen en hun onderhandelingspositie wordt uitgehold, een factor die meespeelt in de toenemende inkomensongelijkheid. Patiënten, leerlingen en klanten krijgen het gevoel dat ze het lijdend voorwerp zijn in een onpersoonlijk proces, waar niemand verantwoordelijk voor is en dat niemand iets kan schelen” (zie ook Bergvall-Kåreborn en Howcroft 2014).

Door automatisering en digitalisering verandert bij diensten de relatie tussen de leverancier van de dienst en de afnemer, maar ook de aard van het werk kan anders worden. In *Mindless* laat Simon Head (2014) zien hoe werknemers elke minuut van hun werkdag gecontroleerd kunnen worden als management en slimme machines zich met elkaar verbinden. Hij beschrijft voorbeelden bij Walmart en Amazon, waar werknemers bijna in een robot moeten veranderen om te kunnen blijven functioneren. In haar bijdrage in deze verkenning laat Anna Salomons zien dat dit contraproductief is en innovatie remt: “Als werknemers als robots worden behandeld, belemmert dit de productiviteitswinsten van de introductie van echte robots.”

Een smartphone kan, om het iets concreter te maken, verpleegkundigen uitkomst bieden om patiënten direct van dienst te zijn met informatie. Maar dat technische hulpmiddel biedt ook mogelijkheden om alle stappen van de verpleegkundige te volgen en haar of hem bij te sturen. Digitalisering kan dan tot een afname van autonomie en ontplooiing leiden (Carr 2015). Dat is geen fataliteit maar een keus, want digitalisering kan het werk ook prettiger en rijker maken. In de VS werken start-

ups bijvoorbeeld aan toepassingen om (de organisatie van) het werk en leven van werkenden aan de onderkant van de arbeidsmarkt aangenamer en overzichtelijker te maken (DePillis 2015; O'Reilly 2015).

MISMATCH

Samenvattend zijn de gevolgen van robots en andere slimme machines voor het werk en de arbeidsmarkt niet voorspelbaar. Er zullen banen verdwijnen, er zullen banen veranderen en er zullen banen bijkomen. Daarbij zal zeker sprake zijn van (groepen) mensen die niet mee kunnen komen, tijdelijk of permanent. De mensen die hun baan verliezen zullen niet altijd degenen zijn die aan de slag kunnen in de nieuw ontstane functies. Er zal sprake zijn van *mismatches*, zoals de CIO van Aegon in deze verkenning vertelt. In het verzekeringswezen zijn middelbaar opgeleiden minder nodig, maar hoogopgeleiden met een mix van techniek en creativiteit zijn juist welkom. Dat betekent dat het ook in de toekomst nodig is om technologische vernieuwingen te begeleiden met onderwijs en inkomensbeleid. We gaan daar nu verder op in.

2.4 NAAR EEN INCLUSIEVE ROBOTAGENDA

Veel internationale en nationale discussies over robotica gaan over de vraag of gevreesd moet worden voor verlies van veel banen en over de vraag hoe jonge mensen (in het onderwijs) en werkenden (met opleidingen en cursussen) zo goed mogelijk voorbereid kunnen worden op wat het Rathenau Instituut 'de robotsamenleving' genoemd heeft (Van Est en Kool 2015). Dat is relevant, maar we denken dat Nederland een 'inclusieve robotagenda' nodig heeft die breder is dan dat. Zo'n agenda dient ertoe om voorbereid te zijn op de veranderingen die gaan komen en om invloed uit te kunnen oefenen op de aard van die veranderingen. De robotagenda is niet alleen voorbehouden aan de (nationale) overheid, maar is tevens van belang voor onderzoekers, werkgevers, werkenden en hun organisaties, en andere betrokkenen zoals gebruikers.

TECHNOLOGIE OVERKOMT JE NIET

"Te vaak wordt over technologie gepraat alsof die van een andere planeet komt en zojuist op aarde is gearriveerd", stelt de Britse hoogleraar Tony Atkinson (MIT Technology Review 2015; Atkinson 2015; Mazzucato 2013). De ontwikkelingsrichting van technologische vernieuwingen en innovaties hangt niet alleen af van technologische mogelijkheden en economische belangen, maar ook van de keuzes van ingenieurs, regeringen, bedrijven, werknemers, vakbonden en consumenten. Markoff (2015) beschrijft hoe vanaf de jaren zestig van de vorige eeuw onder ingenieurs twee verschillende benaderingen en scholen zijn ontstaan over de verhouding tussen mens en computers en robots. Bij *Artificial Intelligence* (kunstmatige intelligentie) gaat het erom mensen te vervangen door machines, maar bij *Intelligence Augmentation* (verhoogde intelligentie) is het de bedoeling

om het leren en innoveren van mensen beter en krachtiger te maken door gebruik te maken van computers. Deze twee benaderingen bestaan nog steeds naast en tegenover elkaar. Er is geen gedetermineerd pad waarlangs robotica en kunstmatige intelligentie zich verder zullen ontwikkelen (zie in deze verkenning het gesprek met Nicklas Lundblad).

Het WRR-rapport over de lerende economie (WRR 2013) laat zien dat iedereen op zijn eigen niveau de komende jaren nodig is om de Nederlandse economie vitaal en innovatief te houden. In aansluiting op de tweede benadering (verhoogde intelligentie) pleiten we er daarom hierna voor om voor zover mogelijk bij de verdere ontwikkeling van nieuwe technologieën en toepassingen te zoeken naar complementariteit tussen mens en machine, voor alle soorten werk. Dat zal niet altijd kunnen of makkelijk zijn. Nieuwe technologieën worden op allerlei plaatsen op de wereld ontwikkeld, niet zelden door grote internationale spelers. Maar Nederland en Europa kunnen zich wel tot doel stellen de ruimte voor inclusieve technologische ontwikkelingen zoveel mogelijk te vergroten.

Dat we wel degelijk invloed kunnen hebben op de ontwikkeling van digitalisering en robots wordt ook benadrukt door dertig grote namen in de VS op het gebied van technologie en robots. Zij publiceerden in juni 2015 de *Open brief over de digitale economie*, en tot de ondertekenaars, veelal werkzaam op MIT, behoren onder andere Erik Brynjolfsson en Andy McAfee, Laura Tyson, Nobelprijswinnaar economie Michael Spence, Mustafa Suleyman en Vinod Khosla. We bevinden ons aan het begin van een tijdperk van grote technologische veranderingen en vooruitgang, stellen deze deskundigen, maar de voordelen van die technologische vooruitgang zijn ongelijk verdeeld. Veel mensen vragen zich af of de robots hun banen gaan opeten. Dat is de verkeerde vraag, stellen zij, want die veronderstelt dat we machteloos zijn om de gevolgen van technologische veranderingen voor werkende mensen vorm te geven. Ze pleiten voor een brede benadering met veelvormig beleid van de overheid (onderwijs, infrastructuur, ondernemerschap, migratie, handel, fundamenteel onderzoek, etc.). Dit beleid moet zich richten op *business leaders* die nieuwe organisatorische modellen en benaderingen ontwikkelen om 'inclusieve welvaart' tot stand te brengen, en op een doordachte research-agenda voor de digitale economie.

SLEUTELBEGRIJF: COMPLEMENTARITEIT

Een inclusieve robotagenda dient meer te omvatten dan onderwijsbeleid voor de vaardigheden van de eenentwintigste eeuw, sociaal beleid voor mensen die hun werk misschien kwijtraken door robotica, en wet- en regelgeving om ruimte te bieden aan zelfrijdende auto's, drones en andere toepassingen. Het sleutelbegrip hierbij is *complementariteit*: mensen met robotica laten samenwerken en productiever maken, in plaats van zoveel mogelijk werk door robots laten overnemen. David Autor, onder economen een van de grootste experts op het gebied van auto-

matisering, stelt dat journalisten en ook experts de neiging hebben te overdrijven in welke mate machines menselijke arbeid (kunnen) vervangen. Er is te weinig oog voor de sterke complementariteit tussen automatisering en arbeid, die kan leiden tot hogere productiviteit en inkomens, en die de vraag naar arbeid kan vergroten (Autor 2015).

In de toekomst zullen verscheidene taken van mensen door robotica worden overgenomen, maar de focus zal volgens de meeste deskundigen voorlopig vooral liggen op complementariteit (Autor 2014; 2015; Brynjolfsson en McAfee 2014; Cowen 2013; Ford 2015). Menselijke arbeid wordt meestal niet helemaal vervangen door nieuwe toepassingen van informatietechnologie en robotica, maar daardoor aangevuld, en de belangrijke beslissingen en oordelen worden nog steeds aan mensen overgelaten (Carr 2015).⁴ Een mooi voorbeeld zijn vliegtuigen. Dat zijn technologische hoogstandjes met veel robotica, maar zonder piloten veilig vliegen is niet mogelijk en niet wenselijk (de meeste mensen zouden niet eens in een vliegtuig zonder piloot stappen). Boeing verwacht voor de komende twintig jaar mondiaal een vraag naar 1,2 miljoen nieuwe piloten en technici (Robotonomics 2015). Complementariteit is ook het nastreven waard omdat samenwerking tussen mens en machine tot de meeste productiviteitsstijging leidt, aldus Freeman in hoofdstuk 7 van deze verkenning. Overheden kunnen volgens Brynjolfsson bedrijven en ondernemers prikkelen en het belang van menselijke arbeid actief uitdragen: “Mensen zijn te passief. We bepalen zelf ons lot. Dat zijn niet de machines” (Vrij Nederland 2015). Salomons laat aan de hand van wetenschappelijke studies zien dat samenwerking van robots en mensen het beste voor de economie uitpakt.

Een manier om de complementariteit te bevorderen is om toepassingen in een proces van co-creatie te ontwikkelen, waarin naast technici en ontwikkelaars ook potentiële gebruikers en afnemers meedenken vanaf het begin. De neiging is groot om technologie aan de deskundigen over te laten, maar dan krijgen we een *technology-eerst* benadering, schrijft Carr (2015), die een lans breekt voor *mensgerichte automatisering*, waarbij de sterke kanten van mensen en machines gecombineerd worden.

Daarop voortredenerend zijn de volgende vier thema’s in elk geval van belang voor een inclusieve robotagenda die erop gericht is zoveel mogelijk mensen mee te nemen in de toekomstige robotsamenleving.

I Investeren in robots met aandacht voor co-creatie

Robotisering biedt kansen voor economische groei en productiviteitsverhoging in een wereld waarin groei de komende tijd niet meer vanzelfsprekend is (zie ook WRR 2013). Voor Nederland liggen op dat terrein kansen. In hoofdstuk 4 van deze verkenning geeft Martijn Wisse aan dat de overheid een rol zou kunnen (en moeten) spelen om coördinatie- en collectieve-actieproblemen van betrokken partijen

op te lossen. Dat betekent het helpen vinden, bij elkaar brengen en ondersteunen van partijen die op elkaar zitten te wachten met investeringen en onderzoek, en soms problemen ondervinden met financiering. Dat komt ook naar voren op het terrein van de thuiszorg (zie elders in deze verkenning). De verantwoordelijkheden zijn zo versnipperd (concurrerende thuiszorgorganisaties, gemeenten, verzekeraars) dat investeringen op grote schaal uitblijven. Om de robotsamenleving dichterbij te brengen en Nederlandse bedrijven en uitvindingen een plek te geven is het van belang robotisering te verwelkomen en te investeren in samenwerkingsrelaties.

Expliciete aandacht is daarbij gewenst voor het bevorderen van co-creatie, waarbij ontwikkelaars, producenten, en gebruikers, maar ook de mensen die moeten gaan werken met toepassingen, worden betrokken. “The next wave in open innovation will require embracing co-creation of solutions together with leading customers like cities or healthcare providers”, zegt Henk van Houten, General Manager van Philips Research (Van Houten 2015). Co-creatie is van belang voor zowel werkenden als gebruikers. In de thuiszorg komt bijvoorbeeld naar voren dat technici vaak mooie dingen maken omdat het technisch kan, maar mensen hebben daar niet altijd behoefte aan. Al bij het ontwikkelen van technologie is het daarom van belang om beter te kijken naar wat mensen willen.

Overheden kunnen daarbij zelf het goede voorbeeld geven, want onder andere in de zorg en het onderwijs en op lokaal niveau zijn overheden grote (aan)besteders en zijn zij werkgever van veel mensen. Over hoe je werknemers en vakbonden hier actief bij kunt betrekken en waarom dat gewenst is, schrijven Kees Marges en Anna Salomons beiden een bijdrage in deze verkenning. De SER heeft inmiddels een adviesaanvraag van het kabinet gekregen over de gevolgen van nieuwe technologieën zoals robotisering, waar dit aspect wellicht ook aan de orde komt.

II Onderwijs en leren gericht op complementariteit

Het meest gehoorde en bepleite antwoord op baanpolarisatie, digitalisering en robotica is dat meer mensen hoger opgeleid moeten worden. Dat zou kunnen, maar is geen voldoende antwoord. Want machines zullen in de toekomst vermoedelijk ook meer taken van hogeropgeleiden over kunnen nemen. Slimmer worden dan de computer is evenmin een optie meer. Waar het veeleer om draait is dat mensen – op alle niveaus – niet meer maar beter opgeleid dienen te worden, dat wil zeggen: meer gericht. De centrale vraag is dan wat in het onderwijs (en tijdens het verdere leven) geleerd moet worden om voorbereid te zijn op de robotsamenleving.

Fors inzetten op enkel technische vaardigheden ligt niet voor de hand. In lijn met ons pleidooi om te zoeken naar complementariteit tussen mens en machine, constateren Davenport en Kirby (2015) en Autor (2014; 2015) dat veel waardevolle acti-

viteiten van onze *wetware* (hersens) niet codificeerbaar zijn. Met *tacit knowledge* en interpersonele en intrapersonele intelligenties (enerzijds weten hoe je goed met andere mensen samenwerkt en anderzijds je belangen, doelen en sterke kanten kennen) kunnen mensen toegevoegde waarde creëren samen met machines (Colvin 2015). Frey (Universiteit van Oxford) zegt in deze verkenning: “Goed onderwijs betekent dus niet enkel hardtech-skills aanleren, maar vooral ook het vermogen om problemen te kunnen oplossen op een creatieve manier en het vermogen om met andere mensen om te gaan, ze te overtuigen, met mensen te onderhandelen” (hoofdstuk 8). Sociale vaardigheden zullen robots nog heel lang niet hebben, als dat al ooit het geval zal zijn, en menselijke vaardigheden zijn door technologische en organisatorische veranderingen juist belangrijker geworden in het arbeidsproces (zie ook Borghans et al. 2014; Deming 2015). Deze bevinding heeft gevolgen voor het nadenken over levenslang leren en het vaststellen van het onderwijscurriculum. In plaats van steeds de vraag te stellen welke taken in de toekomst overgenomen kunnen worden door robots, is het wellicht zinvoller te vragen wat taken en activiteiten zijn die alleen mensen kunnen doen – creativiteit, interpersoonlijke vaardigheden en fysieke behendigheid, noemt Brynsjolfsson bijvoorbeeld (Vrij Nederland 2015) – en taken waarvan mensen willen dat een mens ze verricht en niet robots, zelfs als die dat ook zouden kunnen (Colvin 2015). Het onderwijs zou erbij gebaat zijn als daar op voorbereid wordt.

Tevens is het zaak mensen die hun baan (dreigen te) verliezen door verdergaande digitalisering en robotica actief te steunen bij het vinden van nieuw werk, met opleiding en scholing. In het WRR-rapport over de lerende economie (WRR 2013) wordt veel aandacht besteed aan het belang van levenslang leren. Van den Berge en Ter Weel pleiten in hoofdstuk 5 van deze verkenning voor opleidingsvouchers en belastingvoordelen die mensen kunnen inzetten voor scholing wanneer ze hun baan (dreigen te) verliezen. Juist omdat veel veranderingen door digitalisering plaatsvinden *binnen* de baan is het in de toekomst nog belangrijker dan het al was om niet te wachten tot een baan verdwijnt, maar stevig in te zetten op leren tijdens en naast het werk.

III **Kwaliteit van de arbeid en eigenaarschap**

Voor de kwaliteit van arbeid is belangrijk in hoeverre werkenden invloed hebben op hun eigen taken (Gallie 2013). Oftewel, voelen ze zich eigenaar van hun werk? Als mensen controle hebben over hun taken en zich betrokken voelen bij het werk pakt dat goed uit voor zowel individuele werknemers als werkgevers. Met meer ‘eigenaarschap’ zijn werkenden sneller bereid nieuwe vaardigheden aan te leren, hebben ze minder kans op werkstress en burn-out, en daalt het ziekteverzuim. Het algemeen welzijn van werkenden die greep en invloed hebben op hun werk is, kortom, hoger dan van degenen waar dat niet voor geldt, en dat pakt ook positief uit voor de productiviteit (zie ook Salomons in deze verkenning; Gallie 2012; 2013; Schaufeli en Bakker 2013).⁵

Een cruciale vraag voor de komende tijd zou dan ook moeten zijn: draagt robotisering bij aan 'eigenaarschap' of verkleint ze die? Al sinds de jaren vijftig zijn er twee wetenschappelijke scholen die er een tegengestelde theorie op na houden (Gallie 2012). De ene school stelt dat technologie taken versimpelt, waardoor mensen niet meer creatief kunnen zijn en geen eigen werkzaamheden meer kunnen initiëren. Anders gezegd, als Taylors *scientific management* verknoopt raakt met nieuwe technologie ontstaat vervreemding en neem de kwaliteit van de arbeid af. In hoofdstuk 6 van deze verkenning schrijft Skidelsky dat het werk in de dienstensector door digitalisering onpersoonlijker kan worden met meer controle van bovenaf. De andere school benadrukt dat technologie steeds verfijnder wordt en dat mensen door een toenemend opleidingsniveau juist meer in staat zijn hun eigen pad te kiezen. Anders gezegd, door de komst van machines kunnen mensen beter hun eigen taken doen. Ook daar zijn aanwijzingen voor te vinden, bijvoorbeeld in het wetenschappelijke tijdschrift *New Technology, Work and Employment*, waarin veel casuïstiek wordt beschreven.

Nieuwe technologie, robotica en kunstmatige intelligentie kunnen dus positief en negatief uitpakken voor de kwaliteit van werk. Vooralsnog is echter weinig bekend over de gevolgen van robots en andere machines op 'eigenaarschap' (zie voor de juridische dimensie 'De robot van slaaf tot baas' in deze verkenning). Van belang is dat dit thema deel uitmaakt van de inclusieve robotagenda om ervoor te zorgen dat het onderwerp 'invloed op het eigen werk' voldoende aandacht krijgt. Daarom is het in eerste instantie nodig om meer kennis te verzamelen en te monitoren wat de gevolgen kunnen zijn van robotisering voor het eigenaarschap van mensen van hun werk (wederom op alle opleidingsniveaus). Daarin is een rol weggelegd voor wetenschap en onderzoek, en er ligt ook een taak voor overheid en sociale partners.

IV Nieuwe verdelingsvraagstukken

Terwijl de economische ongelijkheid tussen landen in de wereld kleiner is geworden, zijn de inkomensverschillen binnen veel landen de afgelopen decennia juist groter geworden (Kremer et al. 2014). In veel landen is het aandeel van de productiefactor arbeid in het nationaal inkomen gedaald en nam het aandeel van de factor kapitaal dus toe (Karabarounis en Neiman 2013). Daarnaast is in veel landen sprake van toenemende inkomensverschillen tussen werkenden. Wat Nederland betreft hebben we hiervoor gezien dat het Rathenau Instituut en het CPB aandacht vragen voor de verdeling van de baten van digitalisering en robotica, want de ongelijkheid kan daardoor verder toenemen (Van Est en Kool 2015; Van den Berge en Ter Weel 2015). Internationaal is dat een onderwerp waar zeer veel aandacht voor is (zie hoofdstukken 3, 5 en 7) in deze verkenning; Brynjolfsson en McAfee 2014; Ford 2015; Krugman 2012; Rodrik 2015; Summers 2015; Toyama 2015; Wolf 2015).

Brynjolfsson en McAfee (2015) stellen dat automatisering en digitalisering de beloning kunnen veranderen voor vaardigheden, voor talent, en voor het hebben van geluk. Een verdere concentratie van inkomen en vermogen – en daarmee van macht – is niet denkbeeldig, stellen zij. Zij opperen daarom de mogelijkheid van een ‘robotdividend’, waardoor iedereen zou profiteren van de financiële baten van robots, vergelijkbaar met het Alaska Permanent Fund.⁶ In hoofdstuk 7 van deze verkenning gaat Richard Freeman in op het verdelingsvraagstuk en doet hij voorstellen om een meer evenwichtige inkomensverdeling te bereiken. Hij pleit er bijvoorbeeld voor werknemers aandeelhouder te maken van kapitaal. Harvard-econoom Dani Rodrik (2015) heeft voorgesteld *public venture funds* op te richten. Die zouden een aandeel kunnen nemen in nieuwe technologieën, en uit de baten die dat oplevert een ‘maatschappelijk dividend’ kunnen uitkeren aan alle burgers, als aanvulling op het inkomen dat zij zelf met werk genereren. Het is in het licht van alle waarschuwingen en discussies belangrijk de verdeling van inkomen en vermogen in de robotsamenleving goed te volgen en te onderzoeken, en te volgen welke voorstellen op dit terrein gedaan worden. De politiek kan dan desgewenst onderbouwd maatregelen nemen.

Met als argument dat robots een aanzienlijk deel van het werk zullen overnemen wordt ook vaak gepleit voor het invoeren van een basisinkomen (Brynjolfsson en McAfee 2014; Ford 2015). Uit de analyse in dit hoofdstuk volgt dat dit niet binnen afzienbare termijn aan de orde zal zijn. Bovendien willen veel mensen juist graag werken, niet alleen voor het inkomen maar ook voor zelfontplooiing (Gallie 2013), wat een extra argument is om in te zetten op complementariteit en het aantrekkelijk en inspirerend maken en houden van werk. Voor zover er argumenten voor een basisinkomen te bedenken zijn, hoort angst voor de gevolgen van verdergaande digitalisering en robotica daar wat ons betreft op dit moment niet bij.

Wel zullen er mensen zijn die niet kunnen meekomen, die tussen wal en schip dreigen te vallen, die extra hulp nodig hebben bij de overgang naar ander werk, of die niet genoeg inkomen kunnen genereren om zelfstandig van te leven. Daarvoor is het nodig een portfolio aan beleidsinstrumenten te hebben om mensen waar nodig te kunnen helpen en ondersteunen. Dat was ook nodig in de vorige transitie (ICT vanaf de jaren zeventig) die gepaard ging met sociale ondersteuning (Van Est en Kool 2015; zie ook Marges over de Rotterdamse haven in deze verkenning). Toen werd gebruikgemaakt van ATV-regelingen, scholing, vervroegde pensionering etc. Het zal hoogstwaarschijnlijk in de toekomst wederom nodig zijn verschillende op maat gemaakte beleidsmaatregelen in te zetten, waarbij geldt dat *one size fits none*. Hoe dat portfolio er precies uit moet zien, maakt ook deel uit van een inclusieve robotagenda.

2.5 SLOT

Robotisering biedt kansen voor economische groei en productiviteitsverhoging in een wereld waarin groei de komende tijd niet meer vanzelfsprekend is. Door verdergaande digitalisering en robotica zullen in de toekomst zeker banen verdwijnen en bestaande functies veranderen. Maar de omvang daarvan en het tempo waarin dit zal gaan, worden nog wel eens overdreven. Bovendien kunnen we niet voorspellen welke nieuwe banen en taken er door nieuwe technische vindingen bijkomen. In velerlei opzichten blijft de mens de robot (nog steeds) de baas: veel menselijke activiteiten zijn (nog lang) niet te codificeren of routiniseerbaar, en er is veel wat alleen mensen kunnen doen, of waarvan we willen dat mensen dat doen. Daar moeten we op inspelen om *iedereen* een plek en rol te kunnen geven in de robotsamenleving van de toekomst, want dat zal niet vanzelf gaan.

We pleiten daarom voor een inclusieve robotagenda voor overheden, werkgevers en werkkenden en hun organisaties, onderzoekers en andere betrokkenen, waarin we op verschillende manieren de robot de baas proberen te blijven:

- door in de ontwikkelfase van robotica co-creatie te benadrukken;
- door complementariteit centraal te stellen en menselijke vaardigheden te waarderen en te ontwikkelen in het onderwijs;
- door de baas te blijven over het werk en veel aandacht te besteden aan kwaliteit van de arbeid;
- door goed te volgen wat de gevolgen van robots en andere machines zijn voor de verdeling van inkomens en bezit, om waar nodig te kunnen corrigeren.

LITERATUUR

- Ad Hoc Commission on the Triple Revolution (1964) *The triple revolution: An appraisal of the major US crises and proposals for action*, www.marxists.org/history/etol/newspape/isr/vol25/no03/adhoc.html.
- Aronowitz, S. en W. DiFazio (1994) *The jobless future*, Minneapolis: The University of Minnesota Press.
- Asscher, L. (2014) *Toespraak over de robotisering van arbeid tijdens het SZW congres op 29 september 2014 in Den Haag*, www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/toespraken/2014/09/29/robotisering-kansen-voor-morgen-toespraak-van-minister-asscher-tijdens-het-szw-congres-op-29-9-2014.html.
- Atkinson, A. (2015) *Inequality: What can be done?*, Cambridge MA en Londen: Harvard University Press.
- Autor, D., F. Levy en R. Murnane (2003) 'The skill content of recent technological change: An empirical exploration', *Quarterly Journal of Economics* 118, 4: 1279-1334.
- Autor, D. (2014) *Polanyi's paradox and the shape of employment growth*, september, <http://economics.mit.edu/files/9835>.
- Autor, D. (2015) 'Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation', *Journal of Economic Perspectives* 29, 3: 3-30.
- Baily, M. en J. Manyika (2015) *Reassessing the internet of things*, Project Syndicate, 10 augustus.
- Berge, W. van den en B. ter Weel (2015) *Baanpolarisatie in Nederland*, CPB Policy Brief 2015/13, Den Haag: CPB.
- Bergvall-Kåreborn, B. en D. Howcroft (2014) 'Amazon mechanical turk and the commodification of labour', *New Technology, Work and Employment* 29, 3: 213-223.
- Borghans, L., B. ter Weel en B. Weinberg (2014) 'People skills and the labor-market outcomes of underrepresented groups', *Industrial Relations & Labor Review* 67, 2: 87-334.
- Bouman, M. (2015) 'China leidt de nieuwe robotrevolutie, Duitsland doet goed mee, Nederland dreigt de boot te missen', *Het Financieele Dagblad* 3 oktober 2015.
- Brynjolfsson, E. en A. McAfee (2014) *The second machine age*, New York: Norton.
- Brynjolfsson, E. en A. McAfee (2015) 'Will humans go the way of horses? Labor in the second machine age', *Foreign Affairs* 94, 4: 8-14.
- Bruegel (2015) *Chart of the week: 54% of EU jobs at risk of computerisation*, <http://bruegel.org/2014/07/chart-of-the-week-54-of-eu-jobs-at-risk-of-computerisation>.
- Carr, N. (2015) *The glass cage: Where automation is taking us*, Londen: The Bodley Head.
- Chui, M., J. Manyka en M. Miremadi (2015) *Four fundamentals of workplace automation*, www.mckinsey.com.

- Cohen-Setton, J. (2012) *Blogs review: Robots, capital-biased technological change and inequality*, Bruegel, <http://bruegel.org/2012/12/blogs-review-robots-capital-biased-technological-change-and-inequality>.
- Colvin, G. (2015) *Humans are underrated: What high achievers know that brilliant machines never will*, New York: Portfolio/Penguin.
- Cowen, T. (2013) *Average is over: Powering America beyond the age of the great stagnation*, New York: Dutton.
- Coyle, D. (2014) *GDP: A brief but affectionate history*, Princeton en Oxford: Princeton University Press.
- Davenport, T. en J. Kirby (2015) 'Beyond automation', *Harvard Business Review*, juni.
- Davies, W. (2015) *The happiness industry: How the government and big business sold us well-being*, Londen: Verso.
- Deloitte (2014) *Mogelijk 2 tot 3 miljoen banen op de tocht: De impact van automatisering op de Nederlandse arbeidsmarkt*, www2.deloitte.com/nl/nl/pages/data-analytics/articles/mogelijk-2-3-miljoen-banen-tocht.html.
- Deming, D. (2015) *The growing importance of social skills in the labor market*, augustus, http://scholar.harvard.edu/files/ddeming/files/deming_socialskills_august2015.pdf
- DePillis, L. (2015) "Workers in America have problems. Meet the technologies trying to solve them", *Washington Post* 15 juni.
- Est, R. van en L. Kool (red.) (2015) *Werken aan de robotsamenleving. Visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid*, Den Haag: Rathenau Instituut.
- Financial Times (2015) 'Toyota hires robotics expert for ai push', *Financial Times* 4 september.
- Ford, M. (2015) *The rise of the robots: Technology and the threat of a jobless future*, New York: Basic Books.
- Frey, C. en M. Osborne (2013) *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?* (versie september 2013), www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf.
- Gallie, D. (2012) 'Skills, job control and the quality of work: The evidence from Britain', *The Economic and Social Review* 43, 3: 325-341.
- Gallie, D. (2013) *Economic crisis, quality of work & social integration*, Oxford: Oxford University Press.
- Goos, M., A. Manning en A. Salomons (2009) 'Job polarization in Europe', *American Economic Review* 99, 2: 58-63.
- Goos, M., A. Manning en A. Salomons (2014) 'Explaining job polarization: Routine-biased technological change and offshoring', *American Economic Review* 104, 8: 2509-26.
- Gordon, R. (2012) *Is U.S. economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds*, NBER working paper 18315, www.nber.org/papers/w18315.pdf.
- Graetz, G. en G. Michaels (2015) *Robots at work*, CEPS Discussion Paper no 1335, <http://cep.lse.ac.uk/pubs/download/dp1335.pdf>.

- Head, S. (2014) *Mindless: Why smarter machines are making dumber humans*, New York: Basic Books.
- Houten, H. van (2015) *Think tomorrow – Co-creating ecosystem innovation in a digital society*, www.philips.com/a-w/innovationmatters/blog.html.
- Hueck, H. en R. Went (2014) *Wij en de robots (in die volgorde)*, Economie van Overmorgen deel 2, www.rtlnieuws.nl/evo2.
- Hueck, H. en R. Went (2015) *Wij eisen geluk*, Economie van Overmorgen deel 3, www.rtlnieuws.nl/evo3.
- IFR (International Federation of Robotics) (2015) *World robotics 2015 service robots*, <http://www.ifr.org/service-robots/statistics/>
- ILO (2015) *World employment and social outlook report 2015*, Genève: ILO.
- Karabarbounis, L. en B. Neiman (2013) 'The global decline of the labor share', *NBER working paper* 19136.
- Kremer, M., M. Bovens, E. Schrijvers en R. Went (2014) *Hoe ongelijk is Nederland?*, WRR-Verkenning 28, Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Krugman, P. (2012) *Capital-biased technological progress: An example (Wonkish)*, blog 26 december 2012, http://krugman.blogs.nytimes.com/2012/12/26/capital-biased-technological-progress-an-example-wonkish/?_r=0.
- Langley, D. (2015) 'Nieuwste technologiestap vraagt om aanvalsplan', *Het Financieele Dagblad*, 24 juli 2015.
- Manuelli, R. en A. Seshadri (2014) 'Frictionless technology diffusion: The case of tractors', *American Economic Review* 104, 4: 1368-1391.
- Markoff, J. (2015) *Machines of loving grace: Between humans and robots*, New York: HarperCollins.
- Mazzucato, M. (2013) *The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths*, Londen: Anthem Press.
- MIT Technology Review (2015) *Who will own the robots*, www.technologyreview.com/featuredstory/538401/who-will-own-the-robots.
- O'Reilly, T (2015) 'Workers in a world of continuous partial employment', *Medium*, 31 augustus.
- Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) (2012) 'Renewing the skills of ageing workforces: The role of migration', *International Migration Outlook 2012*, Parijs: OESO.
- Pratt, G. (2015) 'Is a cambrian explosion coming for robotics?', *Journal of Economic Perspectives* 29, 3: 51-60.
- Rifkin, J. (1994) *The End of Work: The Decline of the Global Labor Force and the Dawn of the Post-Market Era*, New York: Tarcher.
- Roberts, D. (2015) *The biggest challenge for driverless cars: Getting rid of the drivers*, Vox.com, www.vox.com/2015/10/7/9471393/driverless-cars-challenges.
- Robotonomics (2015) *Robots flying planes? Boeing projects a demand for nearly 1,2 million new pilots and technicians*, <http://robotonomics.com/2015/08/19/robots-flying-planes-boeing-projects-a-demand-for-nearly-1-2-million-new-pilots-and-technicians>.

- Rodrik, D. (2015) *From welfare state to innovation state*, Project Syndicate, www.project-syndicate.org/commentary/labor-saving-technology-by-dani-rodrik-2015-01.
- Rus, D. (2015) 'The robots are coming: How technology breakthroughs will transform everyday life', *Foreign Affairs* 94, 4: 2-7.
- Samit, J. (2015) 'Driving your car will soon be illegal', *Techcrunch*, 11 augustus, <http://techcrunch.com/2015/08/11/driving-your-car-will-soon-be-illegal/#.8nqzgh:Zwmu>.
- Schaufeli W. en A. Bakker (2013) *De psychologie van arbeid en gezondheid*, Houten: Bohn Stafleu en Van Loghum.
- Summers, L. (2015) *Robots are hurting middle class workers*, blogpost op <http://larrysummers.com/2015/03/03/3977>.
- Teulings, C. en R. Baldwin (red.) (2014) *Secular stagnation: Fact, causes and cures*, Center for Economic Policy Research (CEPR), www.voxeu.org/sites/default/files/Vox_secular_stagnation.pdf.
- Toyama, K. (2015) *Geek heresy: Rescuing social change from the cult of technology*, New York: Public Affairs.
- Vrij Nederland (2015) *We moeten de toekomst omarmen: Erik Brynjolfsson over het tweede machinetijdperk*, 5 september 2015.
- Went, R. (2015) 'Robots: Tussen onderschatting en hyperbool', in B. ter Weel (red.), *Pre-adviezen 2015*, Amsterdam: Koninklijke Vereniging voor de Staathuishoudkunde (te verschijnen).
- Wolf, M. (2015) 'Same as it ever was: Why the techno-optimists are wrong', *Foreign Affairs* 94, 4: 15-22.
- WRR (2013) *Naar een lerende economie*, Amsterdam: Amsterdam University Press.

NOTEN

- 1 Met dank aan Hella Hueck, Anna Salomons (Universiteit Utrecht), Martijn Wisse (TU Delft) en de raad en staf van de WRR voor het lezen en becommentariëren van eerdere versies van dit hoofdstuk.
- 2 Maar dat kunnen we nog niet of nog maar in beperkte mate meten, omdat onze instrumenten om de omvang van groei en productiviteit vast te stellen nog niet zijn ingesteld op de economie van nu (Coyle 2014). Dat heeft ook te maken met de beperkingen van het bbp als indicator voor hoe het met ons gaat (Hueck en Went 2015; WRR 2013).
- 3 “Skill-biased technical change is a shift in the production technology that favours skilled over unskilled labour by increasing its relative productivity and, therefore, its relative demand” (New Pelgrave Dictionary of Economics).
- 4 Hierbij wordt ingespeeld op het gegeven dat computers in staat zijn “to substitute for workers in performing routine, codifiable tasks while amplifying the comparative advantage of workers in supplying problem-solving skills, adaptability and creativity” (Autor 2015).
- 5 Er wordt de laatste jaren internationaal veel onderzoek gedaan naar de relatie tussen het welzijn van werknemers en hun functioneren – het World Economic Forum publiceerde daar in 2010 een rapport over. Daaruit blijkt onder andere dat werknemers tot wel 12 procent meer output leveren op werkplekken waar ze zich gelukkig voelen en zich minder vaak ziek melden en harder werken in banen waar ze zich gerespecteerd voelen, en waar naar hen wordt geluisterd (Davies 2015: 108).
- 6 The state of Alaska provides a possible template: courtesy of the Alaska Permanent Fund, which was established in 1976, the great majority of the state’s residents receive a non-trivial amount of capital income every year. A portion of the state’s oil revenue is deposited into the fund, and each October, a dividend from it is given to each eligible resident. In 2014, this dividend was \$1,884” (Brynjolfsson en McAfee 2015).

“ER IS GEEN VASTSTAAND TRAJECT VOOR DE ONTWIKKELING VAN KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE”, NICKLAS LUNDBLAD (GOOGLE)

Robert Went

Van de hypes en hyperbolen die rondgaan in de wereld van de robotica is die van de kunstmatige intelligentie of KI (*artificial intelligence*, of AI) en de *singularity*¹ die daarmee zou kunnen ontstaan en ons zou kunnen gaan domineren, een van de hardnekkigste die steeds weer opduikt. In de jaren vijftig van de vorige eeuw stelde computerpionier John von Neumann, die de term *singularity* waarschijnlijk voor het eerst gebruikte, dat “ever accelerating progress (...) gives the appearance of approaching some essential singularity in the history of the race beyond which human affairs, as we know them, could not continue.” Sindsdien zijn steeds opnieuw weer grote verwachtingen gewekt over machines die – maar deze keer toch echt snel – kunnen denken als mensen, en die ons vervolgens kunnen gaan overheersen. Yann LeCun, directeur van het AI Research Lab van Facebook in New York, waarschuwde in 2013 dat “AI ‘died’ about four times in five decades because of hype: people made wild claims (often to impress potential investors or funding agencies) and could not deliver” (Ford 2015).

De belangstelling voor alle mogelijke vormen van KI zal alleen maar toenemen bij bedrijven, militairen en de veiligheidsindustrie, schrijft Ford (2015). Er dreigt een race met potentieel grote baten voor wie het eerst is – economen noemen dat een *first-mover advantage*. Maar de komst van zoiets als de *singularity* is in elk geval nog (heel) ver weg, en ook niet onvermijdelijk. Hij citeert psycholoog Steven Pinker die schreef dat “there is not the slightest reason to believe in a coming singularity. The fact that you can visualize a future in your imagination is not the evidence that it is likely or even possible.” De interessantste vraag is of we kunnen beïnvloeden *hoe* KI zich verder ontwikkelt, en of we daarmee kunnen bevorderen dat iedereen ervan profiteert en niet alleen een stel investeerders, of de *first movers*.

Padafhankelijkheid

Ik sprak hierover met Nicklas Lundblad, director Public Policy and Government Affairs Europe bij Google, die tevens hoogleraar innovatie is in Zweden. Hij zegt: “Er is bij KI sprake van padafhankelijkheid. Toen de ontwikkeling daarvan nog in de kinderschoenen stond, ging het vooral over het nadoen en vervangen van dingen die mensen doen. ‘Kijk eens wat ik kan, mama, een puzzeltje maken’, over dat soort dingen ging het de eerste 50 jaar vooral. Daar kwam van alles uit, en daar zit ook vooruitgang in. Machines kunnen nu zelf leren en steeds ingewikkeldere vraagstukken oplossen. Maar er is geen vaste route, oftewel geen ontwerpimperatief. De verdere ontwikkeling van KI kan verschillende kanten op, en op meer dan één manier plaatsvinden.”

Het is interessant om dat te horen van iemand die werkt bij een van de grootste technologische bedrijven in de wereld. Lundblad moet niets hebben van technologisch determinisme, waarin technologie als een exogene kracht over ons heen rolt. Dat is een veelgehoord maar onterecht dogma, zegt hij, want je hebt als samenleving invloed op toepassingen en nieuwe ontwikkelingen. Hoe KI zich de komende jaren verder ontwikkelt is een open kwestie. Hij verwacht dat we veel natuurlijke experimenten gaan zien waar in diverse omgevingen allerhande toepassingen getest gaan worden. ‘Complementariteit’ zou wat hem betreft het sleutelwoord daarbij moeten zijn. Dan gaat het er dus niet om hoe je met KI en robots mensen kunt vervangen, zoals in die eerste 50 jaar van ontwikkeling van KI vooral geprobeerd werd, onder andere om investeerders lekker te maken. De vraag wordt dan hoe je mensen beter kunt laten werken *samen met* robots en KI.

Die insteek sluit goed aan bij wat deskundigen als Brynjolfsson en McAfee (2014) zien als de weg die nu al vaak bewandeld wordt en die we verder in moeten. Samen met robots beter en prettiger werken, in plaats van alle kaarten zetten op het vervangen van mensen door robots. Of dat op de wat langere termijn standhoudt tegen harde kostencalculaties – wat kost een robot en wat kost een mens? – of alleen voor de komende jaren een perspectief is, zoals Ford suggereert (2015), is niet te voorspellen. Daar gaan die natuurlijke experimenten in verschillende landen met diverse preferenties en een eigen geschiedenis meer inzicht in geven. En daar kunnen we dus zelf ook invloed op hebben, in ons werk en beleidsmatig.

LITERATUUR

Brynjolfsson, E. en A. McAfee (2014) *The second machine age*, New York: Norton.
Ford, M. (2015) *The rise of the robots: Technology and the threat of a jobless future*, New York: Basic Books.

NOOT

1 Zie de woordenlijst van Jon Turney voorin deze verkenning voor een definitie.

3 KANSEN EN BEDREIGINGEN: NEGEN PERSPECTIEVEN OP WERKEN IN DE ROBOTSAMENLEVING

Linda Kool en Rinie van Est^t

3.1 INLEIDING

De discussie over robotisering en mogelijke effecten daarvan op de werkgelegenheid is losgebarsten in media, wetenschap, beleid en politiek. Er bestaan zorgen over technologische werkloosheid: gaan slimme machines in de toekomst menselijk werk massaal vervangen? Studies van economen als Frey en Osborne (2013) berekenen bijvoorbeeld dat in de komende twee decennia computers bijna de helft van het aantal banen in de Verenigde Staten overnemen. Deloitte (2014) en de Brusselse denktank Bruegel (2014) komen tot vergelijkbare cijfers voor respectievelijk Nederland en Europa. In het verleden zijn er vaker zorgen geweest over technologische werkloosheid, maar die zijn zelden werkelijkheid geworden. Sinds de eerste industriële revolutie is het beeld in de wetenschap dan ook dat technologie banen vernietigt in ‘oude’ sectoren maar al snel banen in nieuwe sectoren ervoor terugbrengt.

De huidige discussie draait om de vraag of deze oude wijsheid ook deze keer opgaat. Brynjolfsson en McAfee (2014) claimen dat we door de informatierevolutie in een fundamenteel ander tijdperk leven dan voorheen. Ze maken onderscheid tussen het eerste en het tweede machinetijdperk. In het eerste tijdperk, vanaf 1800, leveren machines *spierkracht*. Machines nemen laaggeschoold, fysiek en repeterend werk van mensen over. In het tweede machinetijdperk, vanaf 1980, leveren machines ook *denkkracht*. Ze gaan relatief simpel kenniswerk van mensen overnemen. Werk dat goed in regels te vangen is. Voorbeelden zijn administratieve handelingen of het maken van berekeningen. Hierdoor neemt de vraag naar middengeschoold werk af, terwijl de vraag naar laaggeschoold en vooral hooggeschoold werk toeneemt (Goos et al. 2014; CPB 2015). Dit laag- en hooggeschoold werk is vooralsnog lastig in regels te vangen (denk aan kappers of softwareontwikkelaars).

Anno 2015 kunnen slimme machines steeds ingewikkeldere taken verrichten. Software kan bijvoorbeeld automatisch journalistieke bijdragen leveren op nieuwssites² en zelf websites ontwerpen.³ Robots kunnen hamburgers bakken⁴ en fruit plukken.⁵ De slimme machines raken daarmee beroepen die voorheen als veilige havens golden voor automatisering: laaggeschoold fysiek werk dat te moeilijk was voor computers, zoals in de horeca of fruitteelt, én hooggeschoold kenniswerk, van bijvoorbeeld journalisten of ontwerpers.

De slimme machines bieden ook nieuwe manieren om werk efficiënt te organiseren. Dat kan enerzijds gaan om selfservicetechnologie, zoals online bankieren of zelfscankassa's. Anderzijds gaat het om internetplatformen als Uber en Airbnb, die met weinig vast personeel en eigen kapitaal in korte tijd economische wereldspelers zijn geworden. Ze maken daarbij handig gebruik van slimme software om vraag en aanbod bij elkaar te brengen.

In dit hoofdstuk verkennen we de betekenis van slimme machines voor de toekomst van werk. We bouwen voort op de studie 'Werken aan de robotsamenleving' die het Rathenau Instituut uitvoerde voor de vaste Kamercommissie voor Sociale Zaken en Werkgelegenheid (Van Est en Kool 2015).⁶ We beginnen dit hoofdstuk bij de technologie. De ontwikkeling van een groep van technologieën – *big data*, *cloud*diensten en internetplatformen – zorgt voor verbeteringen in robotica en kunstmatige intelligentie (par. 3.2). Dat heeft gevolgen voor de mogelijkheden om werk te automatiseren. In paragraaf 3.3 kijken we eerst naar de impact voor fysiek werk, dan naar de gevolgen voor kenniswerk. Tevens bespreken we internetplatformen als nieuwe manier om werk te organiseren. We laten zien hoe divers de betekenis van slimme machines voor toekomstig werk kan zijn (par. 3.4). We onderscheiden negen verschillende toekomstbeelden die in de discussie over werk en technologie naar voren komen. Tot nu toe is er vooral oog voor de vervanging van mensen door machines. We betogen dat voor een goede voorbereiding op de 'robotsamenleving' er ook aandacht dient te zijn voor een brede waaier aan andere toekomstbeelden (par. 3.5).

3.2 DE CLOUD ALS KATALYSATOR VOOR SLIMME MACHINES

Robots en software waren, ondanks van oudsher hoge verwachtingen over hun prestaties, lange tijd slecht in allerlei taken die mensen goed kunnen. Handelingen als navigeren, objecten herkennen of het begrijpen van taal doen mensen moeiteloos. Robots vinden die echter moeilijk: ze hebben een te beperkt zicht, of er zijn beperkte mogelijkheden tot formalisering van een taak. Maar robots en software boeken vooruitgang. Dat komt door de kruisbestuiving tussen *big data*, *cloud computing*, internetplatformen, robotica en kunstmatige intelligentie.

Via *big data* kunnen neurale netwerken inmiddels in tal van situaties over enorme trainingsbestanden beschikken, waardoor ze snel beter worden. Zo traint Facebook haar DeepFace-algoritme met haar enorme fotobestanden. Het herkent gezichten met 97 procent accuratesse; dat is vergelijkbaar met wat mensen kunnen. Vertaalsoftware verbetert door gebruik te maken van de taalbestanden van de Europese Commissie of van de Verenigde Naties (Mayer-Schonberger en Cukier 2013). Zowel bij beeldverwerking als bij vertaalsoftware wordt gebruikgemaakt van *deep learning*: een vorm van machinelere die bestaat uit meerdere lagen (*The Economist* 2015). Bij beeldverwerking krijgt de eerste laag bijvoorbeeld ruwe beelden te

zien, die contrast en kleuren probeert te identificeren. Een tweede laag combineert die informatie en zoekt naar meer abstracte observaties, zoals randen of schaduw. De volgende laag kijkt of het daarmee ogen, lippen of oren kan identificeren, waardoor het willekeurige gezichten kan herkennen.

De volgende stap in de ontwikkeling van kunstmatige intelligentie kan komen wanneer de zelflerende algoritmes via de *cloud* worden aangeboden. Zij worden dan bouwblokken die door programmeurs overal ter wereld ingezet kunnen worden (Ford 2015: 105). Dat kan de prestaties verbeteren en het aantal toepassingen van kunstmatige intelligentie vergroten. Robots gebruiken de *cloud* al om hun geheugen- en rekencapaciteit uit te breiden, bijvoorbeeld voor herkenningstaken ('wat is dit voor een object', of 'waar hoort het thuis'), of voor het plannen van bewegingen ('waar moet ik naar toe'). Zo staat de robotauto van Google continu in verbinding met diens servers om via online kaarten en satellietgegevens zijn weg te vinden. De *cloud* biedt de robot ook de mogelijkheid om computercodes, paden voor beweging en uitkomsten te delen. Robots kunnen daardoor veel sneller leren. De robots en softwaresystemen van KIVA Systems (Amazon) en Symbiotic Relations zijn hier voorbeelden van.⁷ Deze robots, bijvoorbeeld in het pakhuis van Amazon, communiceren met elkaar en bepalen onderling welke robot het best naar een bepaald item kan gaan en wanneer de robot het best de 'weg' op kan zonder met andere robots te botsen. Het kan gaan om honderden samenwerkende robots die zich voortbewegen op meer dan 20 wegen, op verschillende verdiepingen.

De *cloud* verbetert niet alleen de prestaties van robots, maar versnelt ook hun ontwikkeling en verlaagt de ontwikkelkosten (Orsini 2013). Via online platformen delen ingenieurs en ontwikkelaars eenvoudig data, algoritmen en hardware design. Het *Robot Operating System* (ROS) is een opensource-platform waarmee ontwikkelaars programma's voor robots kunnen bouwen.⁸ In de afgelopen vijf jaar is ROS een significante rol gaan spelen bij de ontwikkeling van robots en is het een de facto standaard geworden voor robotontwikkeling. Tot die tijd gebruikte iedere fabrikant en universiteit zijn eigen software. Dat maakte robotontwikkeling moeilijk, traag en geïsoleerd. Via ROS hoeven ingenieurs niet steeds het wiel opnieuw uit te vinden. De eerste commerciële robottoepassingen op basis van ROS zijn reeds op de markt.

De verbeteringen in kunstmatige intelligentie en in de robotica – bijvoorbeeld in zicht en behendigheid – maken ook een nieuwe generatie robots mogelijk: de collaboratieve of co-robot. Deze robots hoeven niet meer in een kooi afgeschermd te worden van menselijke medewerkers, maar kunnen zij-aan-zij met mensen werken. De co-robots zijn flexibel, anticiperend en responsief (Eisenberg 2013). Zo kunnen ze meerdere assemblagetaken uitvoeren en op mensen reageren. YuMi, de co-robot van het Zwitserse ABB Robotics, stopt automatisch bij aanraking. Baxter,

de co-robot van Rethink Robotics, vertraagt als hij een mens in zijn omgeving ontdekt. Sommige co-robots zijn eenvoudig te programmeren door ze taken aan te leren, in plaats van ze te coderen. Een ongetrainde persoon leert YuMi in 20 minuten eenvoudige assemblagetaken (McFarland 2015). Deze zogenaamde ‘plug-&-play’-robots vormen een groot contrast met de huidige generatie industriële robots, waarbij een kleine routinewijziging om uitvoerige en gedetailleerde programmering vraagt.

Alle grote robotfabrikanten, zoals Fanuc, Kuka, Universal Robotics en ABB bieden reeds co-robots aan. Deze robots kunnen zeker niet alles, maar kunnen wel de meest gevraagde functionaliteiten in het midden- en kleinbedrijf uitvoeren (Hessman 2012). De co-robots maken automatisering van een veel bredere scala aan taken mogelijk (Powley 2014). Volgens de Boston Consulting Group was in 2014 gemiddeld slechts tien procent van de taken in de maakindustrie geautomatiseerd. Het markt bureau verwacht dat dit groeit naar 25 procent in 2025 (BCG 2015). De co-robots zijn om verschillende redenen interessant voor de maakindustrie. De markt voor kleine onderdelen verandert, waardoor er andere eisen aan robots worden gesteld: er zijn hogere productvolumes, kortere levenscycli van producten, kortere levertijden en er is een toename in de vervaardiging van *customized* producten (ABB 2015). Hun stap uit de kooi opent voor co-robots ook een nieuwe wereld van toepassingen buiten fabrieksomgevingen, zoals in huis, kantoor en zorg, bijvoorbeeld door de helpende hand te bieden bij het in bed leggen van patiënten of in het huishouden.

3.3 AUTOMATISERING VAN WERK

De automatisering van werk kent een lange geschiedenis. Door de jaren heen is een continue zoektocht zichtbaar naar hoe machines ingezet kunnen worden om productie en werk op een efficiëntere wijze te organiseren. Rationalisering in het eerste machinetijdperk betrof de standaardisering van onderdelen van producten en het fysieke maakproces in de fabriek. Gebaseerd op het werk van Taylor (1911) ontwikkelde zich aan het begin van de twintigste eeuw een wetenschappelijke visie op bedrijfsvoering. Aan de hand van het zogenoemde *scientific management* of Taylorisme werd de ambachtelijke fabriek herontworpen tot ‘een grote efficiënte machine’. Dit gebeurde door complexe, voorheen veelal ambachtelijke arbeidsprocessen op te delen in simpele taken. Dit maakte het mogelijk om laag-gevoerde arbeiders in te zetten en sommige taken te mechaniseren en in de tweede helft van de twintigste eeuw te automatiseren.

Rond 1980 komt door de opkomst van ICT ook de dienstensector in de greep van het industriële efficiëntiedenken. Brown et al. (2008) spreken van digitaal Taylorisme, omdat analoog aan de maakindustrie, nu de ‘ambachtelijke’ dienstensector heringericht wordt en waar mogelijk wordt opgesplitst in simpele deel-

taken. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid om relatief simpele cognitieve taken te outsourcen, offshoren of te automatiseren. De invloed van ICT is sinds de jaren tachtig terug te zien in de samenstelling van de arbeidsmarkt (CPB 2015; Goos et al. 2014). Het werkgelegenheidsaandeel van beroepen met routinematige taken (zoals boekhouders, logistiek medewerkers en vrachtwagenchauffeurs) – vooral taken in het middensegment van de arbeidsmarkt – neemt af (CPB 2015).⁹ Het aandeel van beroepen met niet-routiniseerbare taken stijgt. Het gaat zowel om werkgelegenheid aan de onderkant van de arbeidsmarkt (zoals conciërges, kleermakers of vuilnismannen) als de bovenkant (zoals psychologen, artsen, docenten of fysiotherapeuten).

Anno 2015 kunnen steeds meer taken in regels worden gevangen en kunnen slimme machines daardoor steeds meer taken zelfstandig doen. We kijken in deze paragraaf naar de automatiseringsmogelijkheden van fysiek werk en hooggeschoold kenniswerk. Daarna gaan we in op de nieuwe mogelijkheden om werk via internetplatformen te organiseren.

AUTOMATISERING VAN FYSIEK WERK

Laaggeschoold, niet-routiniseerbaar fysiek werk, zoals oogsten of inpakken, was lang te moeilijk voor robots. Om te kunnen oogsten, moeten robots de juiste rijpheid (uitgedrukt in verschillende, subtiele kleurgradaties) van een vrucht kunnen inschatten, verschillende vormen kunnen herkennen en in staat zijn tot een combinatie van fermheid en voorzichtigheid om een vrucht te plukken zonder hem te beschadigen. Door een combinatie van betere zichtsysteem en vooruitgang in kunstmatige intelligentie behoort dit nu tot de mogelijkheden. Ook objecten oppakken van een lopende band en ze naar een vrachtwagen brengen konden robots (deels) alleen in goed gecontroleerde (licht)omstandigheden. Maar de robots van Industrial Perceptions kunnen dankzij de Kinect goedkoop verschillende vormen herkennen, onder verschillende lichtomstandigheden en bij verschillende snelheden.

Deze verbeteringen brengen de visie van een volledig geautomatiseerd productieproces – een autonome fabriek – binnen handbereik. Robots kunnen ook ingewikkelder fysiek werk doen. Het gaat niet alleen om werk in de fabriek, zoals werk van assemblagemedewerkers, maar ook om werk in achterliggende logistieke en distributieketens. Voorlopig zijn er echter nog veel mensen nodig om de machines aan het werk te houden (Pfeiffer 2015).

ICT-vriendelijke omgevingen

De verbeteringen in de robotica raken ook ‘traditionele’ dienstensectoren zoals de horeca. De eerste robots die zelf kwaliteitsburgers kunnen bakken, zijn in ontwikkeling.¹⁰ Ford (2015) vermoedt dat fastfoodrestaurants (in Amerika een toevluchtsoord voor laaggeschoolde werknemers) hierdoor in de toekomst met de

helft minder medewerkers toekunnen. Robotisering in de dienstensector wordt vooral mogelijk doordat mensen de omgeving op een ‘robotgeschikte’ manier inrichten. Robots hoeven daardoor niet alles te kunnen wat mensen kunnen, of dingen net zo goed als mensen te kunnen (zoals traplopen of navigeren in een ruimte). Door de omgeving anders in te richten, kunnen robots met relatief beperkte mogelijkheden ook uit de voeten. De Italiaanse filosoof Luciano Floridi (2014) noemt dit het creëren van ICT-vriendelijke omgevingen. De Japanse sushi-keten Kura illustreert dit. In de 262 restaurants van Kura maken robots sushi. Transportbanden brengen de gerechten naar de tafels van klanten. Het systeem controleert de versheid door te monitoren hoe lang sushi-borden circuleren op de band en de borden automatisch te verwijderen bij het bereiken van hun verlooptijd. De klanten bestellen via *touch screens* op hun tafel. Als ze klaar zijn, brengen de klanten het bord naar een sleuf vlakbij hun tafel. Het systeem stelt de rekening op, wast de borden en brengt ze terug naar de keuken. Managers overzien ieder detail van het proces op afstand, op een centrale locatie. De Kura-keten kan sushi veel goedkoper (voor circa 1 dollar per stuk) verkopen dan zijn concurrenten.

Mensvriendelijke robots

De co-robots maken echter een tegenovergestelde strategie mogelijk; co-robots passen zich aan de omgeving van de mens aan, in plaats van andersom. Ze vragen niet om een radicale herorganisatie van productieprocessen, maar kunnen hun plek innemen naast een menselijke werknemer. Medewerkers kunnen sommige co-robots zelf taken aanleren, en zo hun eigen proces verbeteren: “You’re giving the human the ability to interact with the robot and actually change the robot, change what it does, change how it does what it does. (...) To the extent that the human comes up with ideas like ‘wow I can make my process better if instead of having it work like this, I can have it work like that’ (McFarland 2015). Co-robots kunnen zo de autonomie van werknemers vergroten: de werknemer, in plaats van de werkgever, kan de beste inzet van de robot bepalen. Zo kan een intensieve samenwerking ontstaan.

AUTOMATISERING VAN KENNISWERK EN BESLISSINGEN

Naast robotisering speelt ook software een belangrijkere rol in de discussie over automatisering van werk. Bedrijven vinden nieuwe manieren om *big data* en voorspellende algoritmes te gebruiken voor een efficiëntere bedrijfsvoering. Automatische algoritmes handelen op de beurs. Een groeiend aantal diensten bestaat alleen virtueel (telefonie, berichten, muziek, games of video’s) en leunt op algoritmes om producten aan te bevelen. Slimme software reorganiseert logistieke ketens en zorgt voor dynamische prijsstelling. “Software eet de wereld op”, vat investeerder Marc Andreessen (2011) de invloed van software krachtig samen. Hij spreekt van een software-revolutie die eindelijk mogelijk wordt nu aan de ‘voorkant’ van het

internet reeds miljarden mensen toegang hebben tot (mobiel) internet en aan de ‘achterkant’ de komst van *clouddiensten* en internetplatformen de kosten voor het opzetten van een bedrijf drastisch verminderen.

Volgens Gartner-analist Nigel Rayner (geciteerd op ZDNET 2011) staan we daardoor voor een kantelpunt in het informatietijdperk: software gaat een cruciale rol spelen bij het nemen van beslissingen. Hij verwacht in de komende decennia dat software veel taken van het huidige middel- en topmanagement overneemt. Davenport en Kirby (2015) spreken daarom over de eenentwintigste eeuw als het tijdperk van de *automatisering van beslissingen*. Dat zal gevolgen hebben voor kenniswerk in de toekomst.

Ford (2015) verwacht dat steeds meer kenniswerk te codificeren is, of ‘voorspelbaar’ werk wordt. Software kan daardoor ook hooggeschoold kenniswerk van mensen overnemen. Denk bijvoorbeeld aan de adviesgesprekken van financieel adviseurs, die steeds meer via een vaststaand script verlopen, en waarbij online tools een steeds grotere rol gaan spelen. Met behulp van *deep learning* kan software ook werk doen dat moeilijker in regels is te vangen. Denk aan IBM’s supercomputer Watson, die door zijn verbeterde begrip van taal nu wordt ingezet in het callcenter van dit IT-bedrijf.¹¹

Augmentation

Net als bij robots geldt dat software niet net zo slim hoeft te zijn als mensen om mensenwerk over te nemen. Dat is overduidelijk nog niet het geval.¹² Volgens sommigen zal kenniswerk zeker van aard veranderen door automatisering, maar blijft er genoeg kenniswerk over voor mensen. Voor bovengenoemde financieel adviseurs zullen bijvoorbeeld taken als het geruststellen en overtuigen van cliënten om een som geld te beleggen belangrijker worden dan het advies waar het geld *precies* in belegd wordt; dat kan software doen. Davenport en Kirby (2015) geven het voorbeeld van Berg, een startup in de vs, die kunstmatige intelligentie en *big data* gebruikt om nieuwe medicijnen te ontdekken. Massaspectrometers analyseren grote hoeveelheden bloed en weefselmonsters op zoek naar patronen en suggereren mogelijke hypothesen. De 100 biochemici die Berg in dienst heeft onderzoeken vervolgens de houdbaarheid van die hypothesen. Anders gezegd: de biochemici beginnen waar de computer stopt.

Davenport en Kirby (2015) noemen dit een *augmentation strategy*: mensen en machines vullen elkaar aan als partners. Brynjolfsson en McAfee (2014) halen in een vergelijkbaar argument grootschaakmeester Kasparov aan. Waar schaakcomputers al decennia lang de beste menselijke grootmeesters verslaan, verandert dit als mens en computer in een team spelen, tegen andere mensen of tegen andere

computers. Het mens+computer-team blijkt iedere keer de winnende combinatie te zijn. *Augmentation* kijkt naar welke nieuwe mogelijkheden er ontstaan als mensen kunnen worden aangevuld met slimme machines.

PLATFORMORGANISATIES

Software, internet en digitalisering maken nieuwe vormen van organiseren mogelijk. Ford (2015) verwacht hierdoor de grootste impact op toekomstig werk. Ismail et al. (2014) spreken van exponentiële organisaties, die zo min mogelijk vaste medewerkers en zo veel mogelijk personeel op afroep willen hebben, optimaal gebruikmaken van de gratis diensten van een digitale gemeenschap, maximaal gebruikmaken van geautomatiseerde algoritmen en zo min mogelijk kapitaalgoederen in eigen bezit hebben. De opkomst van dergelijke internetplatformen is inmiddels overal zichtbaar. Ze raken werk van elk opleidingsniveau, met platformen als TopCoder (voor programmeerders), InnoCentive (voor onderzoek en ontwikkeling), Fiverr (voor creatief werk), Helpling (schoonmakers), Uber (taxichauffeurs) of Thuisafgehaald (thuiskok).

Het platformmodel kan arbeidsverhoudingen in de toekomst fundamenteel veranderen. Platformen breken radicaal met de gedachte dat het merendeel van het personeel in dienst van een onderneming is. Dat leidt wereldwijd tot discussies over de kwaliteit van werk en eerlijke vergoedingen, werktijden, sociale zekerheid en pensioenopbouw, en over hoe (bij)scholing en privacy geregeld kunnen worden.

3.4 EEN WAAIER VAN NEGEN TOEKOMSTBEELDEN

De voorgaande paragraaf laat zien dat de betekenis van slimme toepassingen voor werk divers van aard kan zijn. Slimme machines kunnen bijvoorbeeld menselijke taken overnemen, maar kunnen ook leiden tot nieuwe vormen van samenwerking tussen mens en machine. Een tweede voorbeeld: internetplatformen bieden kansen voor meer autonomie ('eigen baas zijn'), maar zorgen ook voor onzekerheid over werk en inkomen. In deze paragraaf laten we zien dat er in de discussie over automatisering/robotisering en werk een waaier van toekomstbeelden te onderscheiden is (zie figuur 3.1). Die beelden verschillen wat betreft verwachtingen over de beschikbare hoeveelheid van menselijk werk (kwantiteit) en de kwaliteit daarvan. Daarnaast lopen waarderingen van de beelden sterk uiteen: van positief tot negatief. Voor ieder positief toekomstbeeld identificeren we een negatieve tegenhanger.

We identificeren negen verschillende toekomstbeelden, die we hierna kort toelichten. Allereerst het *business-as-usual-scenario*, waarin automatisering banen kost maar al snel nieuwe banen oplevert. De volgende acht toekomstbeelden bestaan uit twee clusters. In het eerste cluster staat centraal hoe mens en machine interacteren. Daaronder vallen twee positieve scenario's (*Betaalde vrije tijd en Ver-*

Dit *business-as-usual-scenario* wil overigens niet zeggen dat er geen actief (overheids)beleid nodig is om de transitie naar een nieuwe technologie voor iedereen zo gunstig mogelijk te laten verlopen. Er zijn groepen op de arbeidsmarkt wiens baan door automatisering op de tocht staan. Dat vraagt om afvloeiingsregelingen en investeringen in omscholing en bijscholing, ten faveure van sectoren van de economie waarin wel vraag is naar werk. Investeren in het basis-, voortgezet en beroepsonderwijs zijn nodig om de vaardigheden van instromers op de arbeidsmarkt zo goed mogelijk aan te laten sluiten bij de veranderende vraag.

INTERACTIE TUSSEN MENS EN MACHINE: MOGELIJKHEDEN TOT VERRIJKING EN VERARMING

De mens kan machines op tal van manieren inzetten en de interactie tussen mens en machine kan ook op allerlei wijzen worden vormgegeven. Afhankelijk van de manier waarop dat gebeurt kan dat leiden tot verrijking van menselijke mogelijkheden of juist tot verarming. Hieronder beschrijven we twee positieve en twee negatieve toekomstbeelden die daarop reflecteren.

Techno-feodalisme of 'betaalde' vrije tijd?

Waar het *business-as-usual-scenario* vertrouwt op het verloop van automatisering in het verleden, gaan anderen uit van een trendbreuk. Technologieoptimisten als Rifkin (2014), Diamandis en Kotler (2015) en Kurzweil (2005) voorzien door de snelle technologische vooruitgang grote veranderingen in hoe de economie is georganiseerd en tot waarde komt. Zij verwachten een periode van extreme productiviteitsgroei en mondiale overvloed, maar ook een periode waarin technologie steeds meer taken van mensen kunnen overnemen (Van der Zee 2015). Terwijl in het verleden een nieuwe technologie slechts één of enkele sectoren van de economie raakte, een beperkt aantal functiegroepen of opleidingsniveaus, zou slimme technologie nu iedere sector, allerlei soorten functies en opleidingsniveaus kunnen treffen. Dat maakt het onzeker hoeveel werk er nog voor mensen overblijft.

Martin Ford (2015) stelt dan ook dat we ons moeten voorbereiden op een baanloze toekomst en een samenleving met groeiende ongelijkheid. Zijn doembeeld is een nieuw feodaal systeem, met een klein, fortuinrijk deel technologieproducenten, terwijl het merendeel van de bevolking zonder werk zit en in armoede leeft. In navolging van Ford spreken we van het *techno-feodalismescenario*. Ook Brynjolfsson en McAfee (2014) achten het mogelijk dat in de toekomst het merendeel van het werk door computers wordt gedaan en waarschuwen voor groeiende ongelijkheid. Om deze negatieve effecten te verzachten, achten zij op de lange termijn nieuwe vormen van sociaal beleid noodzakelijk. Voorbeelden zijn het basisinkomen (Ford 2015), de negatieve inkomstenbelasting (Brynjolfsson en McAfee 2014) of de burger als aandeelhouder van technologie (Freeman 2014). Zo hopen deze auteurs het doemscenario (geen werk en geen geld voor velen) om te kunnen

buigen tot een aantrekkelijk perspectief: een *betaalde-vrijtijdsscenario* waarin technologie het werk doet en zorgt voor economische groei, en mensen voldoende inkomen hebben om goed te leven.

Machines als collega of dwingeland?

In bovenstaande toekomstbeelden worden machines ingezet als vervanging van de mens. Maar de inzet van technologie in het productie- en arbeidsproces kan ook leiden tot complementariteit tussen mens en machines. Verwijzend naar het werk van Davenport en Kirby (2015) over *augmentation* kunnen we dit het *verrijkingsscenario* noemen, waarin mensen en machines elkaar als partners aanvullen en machines aldus de handelingsmogelijkheden van mensen vergroten. Voorbeelden zijn overal te vinden. Zo gebruikt de automonteur tegenwoordig een computer om een diagnose te stellen over wat er mis is met de auto.¹⁴ Advocaten of notarissen kunnen snel juridische databases scannen voor de laatste jurisprudentie. *Online do-it-yourself-kits* helpen klanten bij het opstellen van juridische contracten. Zo kan slimme software in principe meer tijd creëren voor meer specialistisch maatwerk. De co-robot laat zien hoe mens en machines in de maakindustrie als collega's kunnen werken.

In het *verrijkingsscenario* biedt technologie mogelijkheden om nieuwe dingen te doen. Royackers en Van Est (2015) zien een voortdurende en vergaande integratie van allerlei fysieke robotica en kunstmatige-intelligentietoepassingen in de samenleving; zoals drones en zorgrobots. De komst van de privérobot komt zo dichterbij. In de jaren tachtig en negentig was de stap van de 'elitaire' *mainframe* naar de 'pc voor iedereen' cruciaal voor de groeiende economische en maatschappelijke betekenis van IT.

Het is de vraag of iedereen op een positieve manier met robots kan samenwerken. In de visie van de investeerder Marc Andreessen (2011) zal er ook een groep bestaan die wordt geïnstrueerd door robots: "The spread of computers and the internet will put jobs in two categories: people who tell computers what to do, and people who are told by computers what to do." Hier doemt een negatief scenario op dat doet denken aan de klassieke film *Modern Times* uit 1936 van Charlie Chaplin, waarin Chaplin de zucht naar rationalisering bekritiseert die ervoor zorgt dat de mens letterlijk een radertje wordt van de machine. Dit zogenoemde *stysteem-dwangsscenario*, waarin de technologie de handelingsvrijheid van mensen sterk beperkt, speelt in het huidige computertijdperk wederom. De inzet van de mens beperkt zich tot het zogeheten restwerk, menselijke arbeid die nodig is om het slimme machinepark te laten draaien. De journalist Malet (2013) beschreef bijvoorbeeld hoe hij als medewerker in een sterk gerobotiseerd pakhuis van Amazon via zijn scanner met wifi iedere seconde werd gemonitord.

Nu is al duidelijk dat technologie niet voor alle groepen op de arbeidsmarkt gelijk uitpakt. Automatisering en IT lijken vooral gunstig voor hoogopgeleiden (IT verhoogt namelijk hun productiviteit en biedt nieuwe mogelijkheden). Voor laagopgeleiden die locatiegebonden werk verrichten zijn de effecten tamelijk neutraal. Maar IT pakt vooral slecht uit voor middenklassebanen in zowel de industrie als de dienstensector (Gijsberts 2015).

INTERNET EN DIGITALE PLATFORMEN: MOGELIJKHEDEN TOT FLEXIBILISERING EN SPECIALISERING

Het internet en digitale platformen bieden nieuwe manieren om werk te organiseren. Via het internet kan flexibele arbeid makkelijker gevonden worden en makkelijker dan voorheen mondiaal verdeeld worden. Naast flexibilisering van arbeid, maakt het internet ook nieuwe vormen van arbeidsdeling en daarmee samenhangend specialisering mogelijk. Hieronder beschrijven we hoe de trends van flexibilisering en specialisering beide aanleiding geven tot zowel positieve als negatieve toekomstbeelden.

Micro-ondernemerschap of digitale uitbuiting?

Voorstanders van platformisering wijzen op de innovatieve kracht van platformen en het efficiënter gebruik kunnen maken van onbenutte *resources* (van hersencapaciteit tot parkeerplaats en vrije tijd) (Botsman 2011; Shirky 2011). Platformen veranderen ook de relatie tussen werkgever en werknemer. Ze bieden mensen de mogelijkheid om eigen baas te zijn en te werken op zelf gekozen tijden. We noemen dit het *micro-ondernemerschapscenario* (Wrong 2012). Een wereldwijde afzetmarkt biedt de micro-entrepreneur voldoende uitdagend werk. Ook directeur Floyd Sijmons van schoonmaakplatform Helpling benadrukt tijdens het rondetafelgesprek in de Tweede Kamer over robotisering de positieve kanten van zijn platform: Helpling helpt meer mensen aan werk, en dient als springplank voor een voltijdsbaan (Kamerstuk II 2014-2015b).

Anderen zien echter een *race to the bottom* ontstaan, waarbij steeds feller en op internationaal niveau wordt geconcurrereerd voor werk tegen steeds minder beloning. Het sombere *digitale-uitbuitingsscenario* doemt hier op. Zittrain (2009) spreekt over ‘digitale sweatshops’ en Reich (2015) over de ‘Mechanical Turkeconomie’.¹⁵ Daarin doen mensen voor een grijpstuiver op lukrake tijden geestdodende minitaken die overblijven nadat de meeste arbeid is geautomatiseerd. Er is onzekerheid en stress over werkuren en altijd oproepbaar zijn.¹⁶ Mede hierdoor ontstaat een nieuwe onderklasse – het precariaat – die op allerlei manieren achterblijft (SCP 2014).¹⁷ Uitzicht op een betere baan in de toekomst is er nauwelijks en er ontstaat groeiende ongelijkheid tussen de flexwerkers en de platformeigenaren: het ‘platformkapitalisme’ (Lobo 2014).

De platformen krijgen internationaal kritiek te verduren over de exploitatie van flexibel personeel. Inmiddels zijn de eerste bewegingen zichtbaar om sociale rechten in te bouwen in de platformen, via het vaststellen van minimumprijzen, het bieden van collectieve kortingen voor bijvoorbeeld zorgverzekeringen of telefoonabonnementen. Er lopen rechtszaken over de vraag of werknemers onterecht als flexibele kracht zijn ingehuurd.¹⁸ De International Labour Organisation (ILO 2015) pleit voor internationale regelgeving om flexwerkers op een universele manier te beschermen. De OESO (2014) denkt aan een *single labour contract* om de toenemende tweedeling tussen flexwerkers en de groep met vast werk te verkleinen. Daarin krijgt iedereen hetzelfde contract en worden per gewerkte dag rechten opgebouwd. In Nederland betekent dat ook een individualisering van het sociale stelsel.

Hyperspecialisatie of vervreemding?

Voortdurende digitalisering kan leiden tot diepgaande specialisatie en reorganisatie van kenniswerk (Malone et al. 2011). Daarbij wordt werk dat voorheen door één persoon werd gedaan, verdeeld over meerdere mensen (of machines) die zich in die taken specialiseren. Dit *hyperspecialisatiescenario* beoogt verbetering in kwaliteit, productietijd en kosten omdat elke taak nu wordt gedaan door iets of iemand die daar het best in is. Dat kan overal ter wereld zijn. Het programmeerplatform TopCoder splitst bijvoorbeeld een opdracht van een klant op in diverse wedstrijden met kleine programmeertaken. Programmeurs kunnen daarop inschrijven en zich zo specialiseren in bepaalde taken, zoals interface-ontwerp of het testen van programma's. Door gebruik te maken van ruim 800.000 programmeurs verspreid over de hele wereld, biedt TopCoder vergelijkbare kwaliteit als de traditionele softwareontwikkelaars, tegen slechts een kwart van de kosten (Malone et al. 2011).

Volgens Brown et al. (2008) kunnen door platformen mondiale vaardigheden-netwerken ontstaan. Daarin kunnen lagelonenlanden zowel laag- als hooggeschoolde mensen leveren. Brown et al. (2008) houden er rekening mee dat in de toekomst hooggeschoolden daardoor laagbetaald kunnen worden. De platformen bieden ook nieuwe manieren om kwaliteit van (kennis)werkers te beoordelen. Dat gebeurt meestal op basis van geleverde prestaties, in plaats van cv's, werkervaring of referenties. Dat biedt kansen voor diverse groepen op de arbeidsmarkt: jongeren, ouderen en andere minderheden. De keerzijde is dat specialisatie kan leiden tot vervreemding, waarbij mensen de verbinding met het grotere geheel niet meer zien of voelen, of continu worden aangesproken op slechts een beperkt deel van hun kunnen. Ook kan misbruik ontstaan. Malone et al. (2011) wijzen er op dat Amazon's Mechanical Turk is ingezet voor het creëren van spam of steunbetuigingen aan bepaalde (politieke) belangenbehartiging (om een beweging groter te laten lijken dan ze daadwerkelijk is), zonder dat mensen weten dat ze hieraan meewerken.

3.5 SLOTBESCHOUWING: INSPELEN OP KANSEN EN BEDREIGINGEN

De precieze toekomstige effecten van slimme toepassingen op werk zijn moeilijk te voorspellen. Slimme toepassingen maken automatisering van werk mogelijk, maar zijn ook complementair aan menselijk werk. Ze kunnen autonomie van werknemers vergroten, maar ook verkleinen. Slimme technologie heeft daarnaast mondiale invloed op hoe praktijken van arbeid en productie vormkrijgen en waar arbeid plaatsvindt.

De verschillende toekomstbeelden die in dit hoofdstuk zijn besproken laten de reikwijdte van de invloed van slimme technologie en de discussie goed zien. De komst van de robotsamenleving daagt beleidsmakers en politici uit om op een tijdige en intelligente wijze in te spelen op deze gehele met slimme technologie samenhangende set aan ontwikkelingen. Dat vraagt om een fundamentele denk-exercitie over de toekomst van werk, waarin met al deze verschillende dimensies rekening wordt gehouden.

In de huidige internationale discussie over technologie en werk krijgen tot nu toe met name de eerste drie toekomstbeelden die we hierboven schetsten veel aandacht (Van Est 2015). Het eerste betreft het *business-as-usualscenario*, waarin benadrukt wordt dat automatisering banen kost maar ook ongeveer evenveel nieuwe banen oplevert. In het tweede en derde toekomstbeeld pikken machines het werk van mensen in. In het negatieve geval leidt dat tot *techno-feodalisme* (met een selecte groep superrijken en heel veel armoede) en in het positieve geval tot het *betaalde-vrijtijdsceario*. Dit hoofdstuk wil de discussie over de toekomst van werk verbreden door aandacht te vragen voor zes andere relevante toekomstbeelden, die nu al in verschillende vormen in de praktijk zijn terug te vinden. Naast de positieve scenario's – *verrijking*, *micro-ondernemerschap* en *hyperspecialisme* – onderscheiden we tevens drie daaraan gespiegelde negatieve toekomstbeelden: *systeemdwang*, *digitale uitbuiting* en *vervreemding*.

De kansen en bedreigingen uit figuur 3.1 bieden politici en beleidsmakers zicht op de vele trends die reeds de toekomst van werk aandrijven. In de studie 'Werken aan de robotsamenleving' roepen we op tot actief beleid om de robotsamenleving voor iedereen een wenkend perspectief te laten zijn (Van Est en Kool 2015). Dat betekent het zoveel mogelijk vermijden van de negatieve toekomstbeelden en het stimuleren van de positieve trends en toekomstbeelden die samenhangen met de automatisering, robotisering en platformisering van werk.

LITERATUUR

- ABB Robotics (2015) *YuMifi – Creating an automated future together. You and me*, <http://new.abb.com/products/robotics/yumi>.
- Andreessen, M. (2011) 'Why software is eating the world', *The Wall Street Journal* 20 augustus 2011, <http://online.wsj.com/article/SB10001424053111903480904576512250915629460.html>.
- Berkers, E. (te verschijnen) 'De Geest in gebruik. Software en automotive', in: E. Berkers en E.G. Daylight, *De Geest van de computer: Een geschiedenis van software in Nederland*, Utrecht: Matrijs.
- Boston Consulting Group (2015) *Takeoff in robotics will power the next productivity surge in manufacturing*, (persbericht) 10 februari 2015.
- Botsman, R. (2011) *What's mine is yours: How collaborative consumption is changing the way we live*, Londen: HarperCollins.
- Brown, P., H. Lauder en D. Ashton (2008) 'Education, globalization and the future of the knowledge economy', *European Educational Research Journal* 7, 2: 131-156.
- Bruegel (2014) *The computerisation of European jobs. Who will win and who will lose from the impact of new technology onto old areas of employment?*, 17 juli 2014, www.bruegel.org/nc/blog/detail/article/1394-the-computerisation-of-european-jobs.
- Brynjolfsson, E. en A. McAfee (2014) *The second machine age. Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*, New York: WW Norton.
- Centraal Planbureau (2015) *Baanpolarisatie in Nederland*, juli 2015.
- Davenport, T. en J. Kirby (2015) 'Beyond automation', *Harvard Business Review*, juni 2015, <https://hbr.org/2015/06/beyond-automation>.
- Deloitte (2014) *De impact van automatisering op de Nederlandse arbeidsmarkt. Een gedegen verkenning op basis van Data Analytics*, www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/deloitte-analytics/deloitte-nl-data-analytics-impact-van-automatisering-op-de-nl-arbeidsmarkt.pdf.
- Diamandis, P. en S. Kotler (2015) *Bold. How to go big, create wealth and impact the world*. New York: Simon & Schuster.
- Economic Policy Institute (2015) *Irregular work scheduling and its consequences*, 9 april 2015, www.epi.org/publication/irregular-work-scheduling-and-its-consequences.
- Eisenberg, A. (2013) 'Freed from its cage, the gentler robot', *The New York Times*, 31 maart, www.nytimes.com/2013/03/31/business/robots-and-humans-learning-to-work-together.html.
- Est, R. van (2015) 'Wij zijn de robots: Contouren van de maatschappelijke agenda van het robotiseringsdebat', *Tijdschrift voor Arbeidsvraagstukken* 31, 2: 31-39.
- Est, R. van en L. Kool (red.) (2015) *Werken aan de robotsamenleving. Visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid*, Den Haag: Rathenau Instituut.

- Floridi, L. (2014) *The fourth revolution. How the infosphere is reshaping human reality*, Oxford: Oxford University Press.
- Ford, M. (2015) *Rise of the robots: Technology and the threat of a jobless future*, New York: Basic Books.
- Freeman, R.B. (2014) *Who owns the robots rules the world*, IZA, World of Labor. Evidence-based policy making, www.sole-jole.org/Freeman.pdf.
- Frey, C.B. en M.A. Osborne (2013) *The future of unemployment. How susceptible are jobs to computerisation?*, Oxford: Oxford Martin Publication.
- Gijsberts, G. (2015) 'IT en welvaart', blz. 137-153 in: R. van Est en L. Kool (red.) *Werken aan de robotsamenleving. Visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid*, Den Haag: Rathenau Instituut.
- Goos, M., A. Manning en A. Salomons (2014) 'Explaining job polarization. Routine-biased technological change and offshoring', *American Economic Review* 104, 8: 2509-2526.
- Hessman, T. (2012) 'Technology: Robots for the masses' *Industry week*, 9 november 2012.
- IFR (2015) Persconferentie op 30 september 2015. World robotics survey: how industrial and service robots are conquering the world, www.worldrobotics.org/index.php?id=home&news_id=282.
- ILO (2015) *Regulating work in the 'gig economy'*, <http://iloblog.org/2015/07/10/regulating-work-in-the-gig-economy>.
- Ismail, I., M.S. Malone en Y. van Geest (2014) *Exponential organizations. Why new organizations are ten times better, faster, and cheaper than yours (and what to do about it)*, New York: Diversionbooks.
- Kamerstukken II 2014/2015a, 34 108, nr. 3, Wet aanpak schijnconstructies.
- Kamerstukken II 2014/2015b, Position papers, rondetafelgesprek 7 september 2015. Effecten van technologische ontwikkelingen op de arbeidsmarkt, www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2015D32137&did=2015D32137.
- Kurzweil, R. (2005) *The singularity is near. When humans transcend biology*, New York: Viking Press.
- Lobo, S. (2014) 'Die Mensch-Maschine: Auf dem Weg in die Dumphöhle', *Spiegel Online*, www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/sascha-lobo-sharing-economy-wie-bei-uber-ist-plattform-kapitalismus-a-989584.html.
- Malet, J.-B. (2013) *En Amazonie: Infiltré dans les 'meilleur des mondes'*, Paris: Fayard.
- Malone, T., R. Laubacher en T. Johns (2011) 'The big idea: The age of hyperspecialization', *Harvard Business Review*, juli-augustus. <https://hbr.org/2011/07/the-big-idea-the-age-of-hyperspecialization/ar/1>.
- Mayer-Schonberger, V. en K. Cukier (2013) *Big Data: A revolution that will transform how we live, work and think*, Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- McFarland, M. (2015) 'What happens when factory robots are freed from their cages', *The Washington Post* 14 april 2015, www.washingtonpost.com/blogs/innovations/wp/2015/04/14/what-happens-when-factory-robots-are-freed-from-their-cages.

- Nguyen, A., J. Yosinski en J. Clune (2015) 'Deep neural networks are easily fooled: high confidence predictions for unrecognizable images', *Computer Vision and Pattern Recognition*, <http://arxiv.org/abs/1412.1897> (Submitted 2014)
- Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) (1994) *The OECD jobs study. Facts, analysis, strategies*, www.oecd.org/els/emp/1941679.pdf.
- Orsini, L. (2013) *How an open source operating system jumpstarted robotics research*, 9 mei 2013. ReadWriteWeb, <http://readwrite.com/2013/05/09/how-an-open-source-operating-system-jumpstarted-robotics-research>.
- Pfeiffer, S. (2015) Interview op 2 april gehouden door L. Kool en R. van Est in kader van 'Werken aan de robotsamenleving'.
- Powley, T. (2014) 'New robot generation comes out of safety cage for 24-hour shifts', *Financial Times*, 15 juni 2014.
- Reich, R.B. (2015) *The share-the-scrap economy*, 2 februari, <http://robertreich.org/post/109894095095>.
- Rifkin, J. (2014) *The zero marginal cost society. The internet of things, the collaborative commons, and the eclipse of capitalism*, New York: Palgrave Macmillan.
- Royakkers, L. en R. van Est (2015) *Just ordinary robots. Automatation from love to war*, Boca Raton FL: CRC Press.
- Shirky, C. (2011) *Cognitive surplus. How technology makes consumers into collaborators*, Penguin Press. [z.p.]
- Sociaal Cultureel Planbureau (2014) *Verschil in Nederland*, 12 december 2014, http://www.scp.nl/Publicaties/Alle_publicaties/Publicaties_2014/Verschil_in_Nederland.
- Taylor, F.W. (1911) *The principles of scientific management*, New York/London: Harper & Brothers.
- The Economist (2015) *Artificial intelligence. The rise of machines* 9 mei, www.economist.com/news/briefing/21650526-artificial-intelligence-scares-peopleexcessively-so-rise-machines.
- Wrong, J. (2012) *The rise of the micro-entrepreneurship economy*, 29 mei, www.fastcoexist.com/1679903/the-rise-of-the-micro-entrepreneurship-economy.
- ZDNET (2011) *Meet your new boss: a machine*, <http://www.zdnet.com/article/meet-your-new-boss-a-machine/>
- Zee, F. van der (2015) 'Technologie en arbeidsproductie', blz. 93-110 in: R. van Est en L. Kool (red.) *Werken aan de robotsamenleving. Visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid*, Den Haag: Rathenau Instituut.
- Zittrain, J. (2009) 'The internet creates a new kind of sweatshop', *Newsweek*, 7 december, www.newsweek.com/internet-creates-new-kind-sweatshop-75751.

NOTEN

- 1 Dit hoofdstuk bouwt voort op de inzichten uit de studie ‘Werken aan de robotsamenleving’ (Van Est en Kool 2015). Zij bedanken alle auteurs die bij deze studie betrokken waren: Ira van Keulen, Arnoud van Waes, Frans Brom, Frans van der Zee, Govert Gijbers, Jan Korsten, Harry Lintsen en Johan Schot.
- 2 De Amerikaanse nieuwssite Forbes gebruikt NarrativeScience voor automatische beursberichten, zie www.forbes.com/sites/narrativescience.
- 3 <https://thegrid.io>.
- 4 <http://momentummachines.com>.
- 5 Zie bijvoorbeeld www.visionrobotics.com of Harvest Automation. www.harvestai.com.
- 6 De studie is uitgevoerd in samenwerking met Stichting Historie der Techniek (SHT) en TNO. De centrale vraag van de commissie SZW luidde: welke actuele wetenschappelijke kennis bestaat er over de invloed van technologische ontwikkelingen op de werkgelegenheid, in het verleden, in de toekomst en over beleidsopties? Het rapport roept op om de term ‘robotsamenleving’ te gebruiken om het debat over digitalisering en de invloed van werk verder op gang te brengen. Het vraagt om actief beleid op veel plaatsen in de samenleving om vorm te geven aan een ‘robotsamenleving’ die voor alle Nederlanders een wenkend perspectief vormt. Dat vraagt om aandacht voor maatschappelijk verantwoorde innovatie, scholing en welvaart.
- 7 www.amazonrobotics.com of www.symbolic.com/about-symbolic.
- 8 www.ros.org.
- 9 Het middensegment bestaat in Nederland uit de groep mbo-2 tot en met mbo-4 (CPB 2015). Maar dit is een heterogene groep. In Nederland is minder behoefte aan werknemers met lagere mbo-niveaus (1, 2 en 3), maar stijgt de behoefte aan mbo-4.
- 10 Momentum Machines biedt een ‘burger-lopende band’. De robot snijdt en kneedt verse ingrediënten wanneer een order wordt geplaatst, bakt de hamburger en stelt binnen enkele seconden het broodje samen. De robot beslaat circa 2m², aanzienlijk minder dan traditionele fastfoodkeukens. <http://momentummachines.com>.
- 11 www.informationweek.com/applications/ibm-watson-gets-call-center-job/d/d-id/1110066?
- 12 Zie bijvoorbeeld hoe makkelijk het is om neurale netwerken te foppen (Nguyen et al. 2014). Ook mist software vaak contextinformatie onmisbaar voor het nemen van goede beslissingen. Vorig jaar berichtte de New York Times bijvoorbeeld over Ben Bernanke (voormalig voorzitter van de Amerikaanse centrale bank) die van het IT-systeem zijn hypotheek niet opnieuw mocht financieren. Zijn nieuwe baan – een miljoencontract voor een boek – met onzekere inkomsten vormde een te groot risico.
- 13 Sinds 2010 begint deze consensus af te brokkelen, niet alleen bij criticasters als Brynjolfsson en McAfee, maar ook bij bekende economen als Krugman en Summers (Van der Zee 2015). De afbrokkelende consensus is enerzijds gebaseerd op feiten – wetenschappelijke observaties

- over werkgelegenheidscreatie op korte, middellange en langere termijn – en anderzijds op veranderende perspectieven ten aanzien van de onderliggende economische dynamieken (zie bijvoorbeeld verschillende ‘diagnoses’ in Van der Zee 2015).
- 14 Dat vroeg overigens om massale bijscholing (Berkers, forthcoming).
- 15 De term Mechanical Turk verwijst naar het internetplatform van Amazon waar mensen voor een klein bedrag een taak verrichten die menselijk oordeelsvermogen vraagt en nog niet door de computer kan worden verricht, zoals het labelen van foto’s zodat ze makkelijker doorzoekbaar zijn.
- 16 TaskRabbit (platform voor allerlei klusjes) bepaalt bijvoorbeeld dat klussers binnen 30 minuten op een taak moeten reageren. Niet reageren kan leiden tot een slechte review. En bij dalende reviews kan de flexwerker worden uitgeschreven van het platform. Dat leidt tot stress bij de flexwerker, en bij het gezin en familie, die bijvoorbeeld op korte termijn de opvang voor kinderen moeten regelen (Economic Policy Institute 2015).
- 17 Het precariaat is een samenvoeging van het proletariaat en ‘precarious jobs’.
- 18 Ook in Nederland is discussie over mogelijk gedwongen zzp-erschap, die met de Wet Aanpak Schijnconstructies moet worden tegengegaan (Kamerstukken II 2014-2015a).

“BANENVERLIES? ER KOMEN VEEL NIEUWE FUNCTIES BIJ”, KEES SMALING (CIO AEGON)

Robert Went en Monique Kremer

“Het is moeilijk te voorspellen, maar ik ben geneigd dat enorme banenverlies als gevolg van verdergaande automatisering zwaar te relativiseren. Ik moet het nog zien. Er is de afgelopen jaren al heel veel geautomatiseerd, en de IT-functies en marketingbanen zijn niet aan te slepen.”

Dat zegt Kees Smaling, directeur IT van Aegon, die we spraken over de gevolgen voor werk van automatisering bij deze grote verzekeraar.

Naar India en terug

Smaling heeft de leiding over ongeveer 320 fte's en nog eens 250 externe fte's in een flexibele schil, zowel in Nederland als in het buitenland. In het verzekeringsbedrijf zijn de afgelopen jaren vooral werkplekken verdwenen aan de achterkant: in de administratieve polisverwerking. Maar aan de voorkant, waarbij het gaat om klanten werven en binden, komen er juist banen bij. Het gaat dan om functies in IT en marketing, en in creatieve combinaties daarvan. “We hebben social-mediaexperts nodig, web-carespecialisten en datascientists, allemaal nieuwe functies. We hebben nu 100 vacatures.”

“We hebben meer *digital natives* nodig, mensen die zijn opgegroeid met een tablet in de hand. Marketing is verknoopt geraakt met technologie en is heel interactief geworden. Snelheid van handelen is belangrijk, zodat je eigen personeel in de buurt moet hebben. We waren in de jaren tachtig en negentig van de vorige eeuw voorlopers in werk aan de achterkant uitbesteden aan India, maar dat doen we steeds minder. In het interactieve deel, dat steeds belangrijker wordt, speelt ook taal een grote rol. Vroeger duurde het zes maanden voordat we iets hadden gemaakt, maar met *agile* werken¹ gaat dat veel sneller. We maken een proefje in een week en stellen dat de week erna bij. Daarin past het beter mensen hier te hebben in plaats van op afstand. We werken nog steeds met India, maar nu komen mensen van het bedrijf waarmee we werken vaker naar ons. Aan creatieve software-engineers hebben we echt een tekort. Voor een deel is dat *mismatch*, want in de backoffice stromen mensen uit terwijl ik aan de voorkant meer mensen nodig heb. Maar het is niet zo dat we alleen frisse, jonge *digital natives* nodig hebben. We hebben ook mensen nodig die de bestaande organisatie en IT-systemen goed kennen.”

Betere service en nieuwe diensten

Je hoort nog wel eens het verwijt dat we tegenwoordig steeds meer zelf moeten doen omdat verzekeringsbedrijven en banken taken naar de klanten verschuiven. Consumenten hebben gelijk als ze zeggen dat je daar niet voor zou hoeven betalen, vindt Smaling, “maar in de toekomst willen we meer diensten gaan ontwikkelen waarvoor mensen wél willen betalen. Vroeger onderscheidde je je van anderen met een goede administratie, nu steeds meer met goede mensen aan

de telefoon en met goede dienstverlening. Die moeten als ze een klant aan de telefoon krijgen op een scherm kunnen zien dat die persoon al eerder heeft gebeld en hoe dat opgelost is, en dat er een brief naar hem gestuurd is en hoe het daarmee staat. Die informatie moet je snel bij elkaar brengen. De lat komt ook steeds hoger te liggen, omdat startups doorlopend met *state-of-the-art* technologie kunnen beginnen. Die nieuwe technologie wordt daarna snel de standaard, want dat verwachten klanten van ons. Dat wij een systeem van 35 jaar oud hebben interesseert de klant niet, die wil alle voor hem belangrijke informatie op zijn mobiel of iPad kunnen lezen, en snel ook.

Met nieuwe technologie ontstaan ook nieuwe ideeën voor nieuwe dienstverlening. De afgelopen tijd waren er nog weinig open standaards, maar er is nu veel meer mogelijk met *cloud computing* en wereldwijde oplossingen. Doordat er nieuwe technische mogelijkheden zijn gaan mensen andere producten en diensten bedenken. Ik denk bij een 3D-printer aan het printen van bestaande producten: ik heb bijvoorbeeld een vergiet nodig in de keuken, dus print ik een vergiet. Maar *digital natives*, opgegroeid met de nieuwe technologie, gaan daarnaast ook nieuwe producten bedenken. Daar staan we nu.”

Andere competenties

Door technologische veranderingen en toenemende wensen van klanten verschuiven de competenties. Concreet zien we dat laaggeschoold werk minder belangrijk wordt en dat er meer mensen op hbo- en universitair niveau nodig zijn. Betere klantbediening stelt hogere eisen aan mensen om met veel verschillende klanten om te kunnen gaan. We zien het opleidingsniveau dus langzaam stijgen. Dat is ook zo binnen callcenters. Als daar robots worden ingezet, resteren er complexere vraagstukken waar hogeropgeleide mensen voor nodig zijn.

Wat betekent dat voor het bestaande onderwijs? Moeten kinderen leren programmeren op de basisschool? Smaling: “Kunnen zoeken en leren interpreteren zijn belangrijker dan leren programmeren, hoewel het handig is als kinderen daar wat van snappen. Om je heen kijken en slim combineren, dat zijn de belangrijke vaardigheden. Alles is er al, maar het gaat om de snelheid. Je hoeft echt niet alles zelf uit te vinden. Bij het laatste WK voetbal gingen ze in ons bedrijf een eigen poule bouwen, maar toen ik even op Google keek had ik er zo 25 te pakken. We gaan steeds meer van *not invented here* naar *proudly found elsewhere*. In het onderwijs zit het ‘m dus niet in het uitdelen van iPads. Dat gaat vanzelf. Maar het gaat wel om zoeken en combineren. Geef een 3D-printer aan kinderen en ze gaan niet zoals wij bestaande dingen printen. Wij kunnen niet bedenken waar zij mee komen, dat zie ik ook bij mijn eigen drie kinderen. Ook daarom ben ik optimistisch.”

NOOT

- 1 Zie over wat agile werken kan betekenen bijvoorbeeld www.freefrogs.nl/agile-werken.

WAAR BLIJVEN DE ROBOTS OP HET WERK?

Fabian Dekker

Mensenwerk? Daar zal in de toekomst steeds minder van te vinden zijn, is de centrale verwachting van Ford (2015). Hier geeft hij verschillende verklaringen voor, maar het komt er vooral op neer dat de technologie zich razendsnel ontwikkelt en dat de kosten ervan snel afnemen. Bedrijven zullen daarom steeds vaker gebruik gaan maken van robots, mede om het hoofd te kunnen bieden aan een fluctuerende marktvraag en aan een voortdurende roep om efficiënter produceren. Bovendien is door een dalende organisatiegraad de invloed van vakbonden de afgelopen decennia drastisch afgenomen, waardoor op bedrijfsniveau weinig tot geen tegenmacht is te ontwikkelen tegen een druk op mogelijke arbeidsbesparing via technologie. Mensenwerk is, kortom, echt iets uit een andere tijd.

Culturele barrières

In 23 gesprekken met HR-managers, leidinggevend en vertegenwoordigers van werknemers- en werkgeversorganisaties die zicht hebben op technologische veranderingen, ben ik op zoek gegaan naar manieren waarop robots op de Nederlandse werkplek worden ingezet. Want eigenlijk weten we daar nog niet zoveel vanaf. De zakelijke dienstverlening en de gezondheidszorg zijn als sectoren geselecteerd omdat veel werkenden daar actief zijn, en omdat daar veel discussie is over de mogelijkheden van robotisering. De gesprekken maken opvallend genoeg vooral duidelijk dat het met de inzet van robots nog niet zo'n vaart loopt. Het wemelt vooral van de voorbeelden waarom managers er *niet* voor kiezen om van robots gebruik te maken.

Verschillende geïnterviewden vertellen dat robots in hun beleving nog altijd veel te duur zijn. Dit geluid kwam meerdere keren naar voren, en zou in breder verband ook goed kunnen verklaren waarom Nederland, zeker gezien het grote aandeel (minder kapitaalkrachtige) MKB-bedrijven, internationaal gezien relatief laag scoort als het gaat om het aantal fysieke robots in productiehallen (zie www.worldrobotics.org). Ook hebben managers moeite om bestaande culturele barrières te slechten. Een HR-directeur van een grote softwareontwikkelaar is hier heel duidelijk over: "De technologie is verder dan de maatschappij aan. Alles komt gedoseerd op de markt. Cultureel loop je tegen drempels aan." Gevraagd naar voorbeelden wordt duidelijk dat ouderen bijvoorbeeld (nog) niet zitten te wachten op zorgrobots, maar liever 'handen aan het bed' en persoonlijk contact hebben. En ik ben ook leidinggevend tegengekomen die domweg zelf (nog) niet geloven in robotisering en het prettig vinden om mensen in het pand te zien rondlopen die direct zijn aan te spreken.

Verdienmodel

Ook hebben verscheidene managers moeite met de gevolgen van robotisering voor het bestaande verdienmodel. Zij lijken daarom de boot zo lang mogelijk af te willen houden, zoals een gesprekspartner in de schoonmaakbranche aangeeft: “Robotisering en daarmee het vervangen van schoonmakers zie ik niet snel gebeuren. Het heeft alles te maken met het bedrijfsmodel. De branche is erbij gebaat om uren te verkopen, dus waarom te sterk inzetten op nieuwe technologie? Dan raak je aan het primaire proces. Dus bij veel bedrijven is er niet die urgentie om dit type innovatiekracht te versnellen.”

Ten slotte werken ook politieke en, in enkele gevallen, technische problemen niet mee om snel robots in te zetten. Respondenten wijzen dan bijvoorbeeld op bezuinigingen vanuit de overheid, zoals in de zorg, die niet goed samengaan met een strategischer technologiebeleid binnen arbeidsorganisaties. Wispelturig overheidsbeleid leidt er bijvoorbeeld toe dat organisaties zich eerder richten op de waan van de dag. Daarnaast zijn er soms technische problemen: “We hadden robotkarren geïnstalleerd. Hiermee kun je een deel van het werk in de transportdienst vervangen, een besparing van 8 fte. Maar we zijn hiermee gestopt omdat de software van de robotkarren onvoldoende was afgestemd op de technologie in de liften. Zie het als Microsoft en Apple die slecht met elkaar communiceren.” Een werkgeversvertegenwoordiger in de ICT beaamt dit probleem. Volgens hem zal de techniek niet in staat zijn om dit type problemen snel op te lossen. Zaken als kunstmatige intelligentie, een verdere robotisering van de werkplek en de afstemming tussen technische systemen zijn volgens hem nog ver weg.

Ver weg

Wat valt te concluderen op basis van deze korte rondgang in twee sectoren van de economie? In ieder geval dat het met de robotisering binnen bedrijven nog niet zo’n vaart loopt. De betrokkenen staan niet afwijzend tegenover technologische verandering, verre van dat. Automatisering is al lang gemeengoed binnen arbeidsorganisaties, en we zien in de afgelopen tijd de nadelige gevolgen voor het aantal banen in de zogenoemde middenberoepen (Goos en Manning 2007; Van den Berge en Ter Weel 2015). Maar robotisering is *niet* het beeld dat daarbij komt bovendrijven. Het is niet ondenkbaar dat robotisering in de toekomst meer haar weg zal vinden, bijvoorbeeld door dalende kosten en een bredere acceptatie van robots onder jongere generaties. Maar het scenario van een ‘arbeidsloze robotsamenleving’ lijkt in ons land nog ver weg.

LITERATUUR

- Berge, W. van den, en B. ter Weel (2015) *Middensegment onder druk. Nieuwe kansen door technologie*, Den Haag: CPB.
- Ford, M. (2015) *Rise of the robots: Technology and the threat of a jobless future*, New York: Basic Books.
- Goos, M. en A. Manning (2007) ‘Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain’, *Review of Economics and Statistics* 89: 118-133.

4 STAND VAN ZAKEN EN KANSEN IN DE ROBOTICA

Martijn Wisse

4.1 INLEIDING

De robotica is wereldwijd aan een opmars bezig, met toepassingen variërend van chirurgische robots tot thuisrobots. Er is veel aandacht voor het mogelijke verlies aan banen als gevolg hiervan, maar uit nieuwe bedrijvigheid ontstaan nieuwe soorten banen. Dus moeten we zo duidelijk als mogelijk in beeld hebben welke nieuwe *business opportunities* er zijn en hoe (en door wie) deze gestimuleerd kunnen worden. Dit hoofdstuk gaat in op die vragen. Daarbij beperken we ons tot het veld van de (bewegende) robotica. Dit is een deelgebied van de automatisering, en betreft de combinatie van computeralgoritmen met bewegende apparaten.

Automatisering van pure informatieverwerkende processen, dus het werk van vele kenniswerkers zoals advocaten en bank- en verzekeringsmedewerkers, laten we buiten beschouwing. Deze informatie-automatisering is natuurlijk wel heel belangrijk en heeft sterke effecten op de werkgelegenheid, maar er is al veel over gezegd en geschreven en Silicon Valley heeft zich veel van de nieuwe kansen op dit gebied bovendien reeds toegeëigend. Het veld van de robotica daarentegen is niet duidelijk locatiegebonden en biedt goede kansen voor Nederland wanneer bewust actie wordt ondernomen om die kansen te grijpen.

Desalniettemin ligt momenteel het zwaartepunt nog steeds bij de fabrieksrobots, waarvan er wereldwijd zo'n anderhalf miljoen zijn geïnstalleerd. De concentraties zijn het hoogst in landen die auto's en elektronica produceren, zoals Japan, Duitsland en Korea. Nederland heeft verhoudingsgewijs weinig grote fabrieken en juist veel kleinere bedrijven en heeft daardoor een redelijk lage robotdichtheid van 93 robots per 10.000 inwoners. De snelste toename van robotgebruik vinden we niet in Nederland, maar in China, waar grotere fabrieken door loonstijgingen inmiddels baat hebben bij standaardrobotarmen. Grote doorbraken worden echter niet verwacht bij de grootschalige auto-industrie, maar in het MKB en in totaal nieuwe toepassingen van mobiele robots en drones. Voor deze sectoren hebben noch Silicon Valley, noch Japan, Duitsland en Korea op dit moment een voortrekkersrol. Juist voor deze nieuwe sectoren kan Nederland zich uitstekend positioneren, want die vergen krachtige multidisciplinaire samenwerking (technisch, juridisch, commercieel) waar de Nederlanders bekend om staan.

Een robot wordt in dit hoofdstuk gedefinieerd als een apparaat met (a) sensoren om (iets van) de omgeving waar te nemen, (b) computeralgoritmen om beslissingen te nemen aan de hand van de sensorgegevens, en (c) motoren om iets mecha-

nisch in beweging te zetten. Vooral wanneer de computeralgoritmen zeer uitgebreid zijn, kunnen we nieuwe toepassingen en bedrijvigheid verwachten, dus richt dit hoofdstuk zich op de intelligente robots. De analyse laat zich het eenvoudigst uitvoeren als we het hele veld van de robotica opdelen in grofweg drie gebieden: de vaste *robotarmen*, die we vooral uit de autofabriek kennen, de *mobiele robots* zoals de stofzuigrobots die al rijdend hun functie vervullen, en de *drones* die sinds kort allerlei diensten met datavergaring vanuit de lucht mogelijk maken. Er zijn ook robots die niet in een van deze categorieën vallen, zoals autonome hamburgerrestaurants of onderwaterrobots, maar deze drie hoofdcategorieën leiden tot een aantal duidelijke conclusies.

4.2 ROBOTARMEN

Hedendaagse industriële robots verschillen weinig van het origineel dat in 1961 bij General Motors in de staalgietery geïnstalleerd werd. Het zijn nog steeds armen met (meestal) zes scharnieren, die nauwkeurig van A naar B kunnen bewegen waarbij A en B voorgeprogrammeerd kunnen worden. Ze doen nog steeds hetzelfde typische werk: lassen, spuiten, assembleren, oppakken en neerzetten. Ondanks het algemene beeld dat elke fabriek er vol mee staat, zijn er eigenlijk opmerkelijk weinig van; in de hele wereld zijn er hooguit anderhalf miljoen actieve robotarmen en jaarlijks worden er slechts tweehonderd duizend geïnstalleerd. Vergeleken bij het aantal gefabriceerde auto's (tachtig miljoen per jaar), PC's (driehonderd miljoen per jaar) en vrachtauto's (ongeveer één miljoen per jaar) is dat heel weinig. Het zijn vooral de grote fabrieken die veel robots gebruiken. Sommige schattingen geven aan dat 90 procent van het MKB nog niet gerobotiseerd is (Forni 2015). Maar precieze getallen zijn onmogelijk te geven, alleen al om het feit dat het 'MKB' nogal breed en divers is. Het is in ieder geval duidelijk voor iedereen die actief is in de tuinbouw, maakindustrie en distributie, dat er nog ongelofelijk veel saai, repetitief en vaak ongezond werk door mensenhanden wordt uitgevoerd. Dit is werk dat in principe door de aloude robots uitgevoerd zou kunnen worden, ware het niet dat het werk te vaak verandert waardoor het MKB de investeringsrisico's niet aandurft.

Uiteraard zijn de robots in de afgelopen vijftig jaar behoorlijk verbeterd (sneller, nauwkeuriger, veiliger, goedkoper). Echter, onder andere door de kleine oplages en extreem hoge betrouwbaarheidseisen (een jaar garantie op een robotsysteem komt al gauw overeen met 10.000-20.000 draaiuren, terwijl een auto in een jaar hooguit 500 uur operationeel is) moet je nog steeds rekenen op € 25.000 voor een instapmodel. En dan heb je alleen maar de robot, ofwel het apparaat dat programmeerbaar van A naar B kan bewegen. Iemand moet die robot nog programmeren en installeren. Iemand anders moet ervoor zorgen dat de productonderdelen altijd precies op A klaar staan en bij B verdwijnen, dit via ingewikkelde lopendebandsystemen en schudbakken. En nog iemand dient ervoor zorg te dragen dat het sys-

teem niet vastloopt bij elk van het schier oneindige aantal uitzonderingen. Dat laatste is nog het meeste werk: een sensor valt uit, het product is krom, de band slijpt, er ligt iets in de weg, noem maar op. Dit vormt verreweg de grootste kostenpost en is ook de belangrijkste drijfveer voor de aankomende innovaties.

De belangrijkste vernieuwing die langzamerhand doorbreekt, is het vermogen om met variatie om te gaan, deze keer echt. Er was aan het eind van de jaren tachtig al eens een hype onder de noemer *computer integrated manufacturing* ofwel flexibele productie-automatisering, maar dat betrof slechts het flexibel *schakelen* tussen twee of meer volledig voorgeprogrammeerde productiehandelingen. Inmiddels begint de technologie, dankzij wetenschappelijk onderzoek in combinatie met prijsdalingen voor rekenkracht en sensortechniek, meer werkelijke flexibiliteit mogelijk te maken. Er zijn vijf verschillende vormen van flexibiliteit te onderscheiden:

- 1 *Taakvariatie*: tot voor kort moesten experts een robot opnieuw programmeren zodra de taak veranderde. Inmiddels boekt het Deense bedrijf Universal Robots groot succes met een robot die de standaardbewegingen van A naar B uitvoert, maar makkelijk te programmeren is via een intuïtief touchscreen. Vrijwel alle grote robotmerken brengen nu hun eigen variant op de markt.
- 2 *Positievariatie*: hoewel het gros van de robotsystemen werkt met vaste posities voor de productonderdelen, is het toch ook gemeengoed om met een camera de producten op een lopende band te herkennen. Dat werkt betrouwbaar als er groot kleurcontrast is, de producten allemaal identiek zijn, en elkaar niet overlappen. Een veel grotere uitdaging is het bepalen van een productpositie in een bak ('bin'), waarin producten schots en scheef over elkaar heen liggen. Daarvoor heb je een nauwkeurig 3D-beeld nodig. Bin-picking, zoals dit heet, is het stadium van academisch onderzoek reeds ontgroeid, maar wordt nog vrijwel nergens in de industrie toegepast, vaak vanwege nog hoge ontwikkelkosten.
- 3 *Productvariatie*: robottaken als het herkennen van productposities en het correct grijpen van de producten worden stukken uitdagender als de productvorm varieert. Denk hierbij aan biologische producten die gesorteerd moeten worden, grofvuil waar recyclebare materialen uit gehaald moeten worden, of lasnaden die kromgetrokken zijn en niet meer helemaal op de tekening lijken. Er is een noodzaak voor zowel vernieuwende *hardware* zoals grippers, als vernieuwende *software*, waarbij het vermeldenswaard is dat hier lerende algoritmen bij ingezet worden. Overigens klinkt dat spannender dan het is: het zijn vaak een soort afbeelding-zoekmachines die kijken naar *features* zoals kleur, vorm, diepte, patronen, enzovoort. Het algoritme krijgt een serie van vaak duidende correcte selecties te zien, en 'leert' daarmee op welke kleur en vorm het moet letten. Dit gaat sneller dan handmatig alles instellen.

- 4 *Omgevingsvariatie*: hierbij moet de robot kunnen omgaan met (veranderlijke) obstakels in het bereik, zodat hij eromheen moet bewegen en mogelijk ook steeds op andere plekken de producten moet pakken, plaatsen, of assembleren. Dit zal voor gaan komen zodra robots en mensen in dezelfde werkruimte opereren, mogelijk om samen taken uit te voeren. Hierbij moet de robot een volledig 3D-beeld hebben van de omgeving, en snel, adequaat en veilig zijn bewegingen kunnen aanpassen. Dit vergt complexe beeldverwerkingstechnieken, object- en obstakelherkenningsalgoritmen, en (momenteel nog onhaalbaar) snelle planningsalgoritmen voor de beweging. De vele complexe algoritmen vergen ook veel meer van de software-architectuur dan in de huidige industriële praktijk gebeurt. Het is op dit moment wel een academisch onderzoeksonderwerp, maar de industriële implementaties laten vermoedelijk nog een aantal jaar op zich wachten.
- 5 *Systeemvariatie*: de klantwens verandert, het productieproces wordt anders ingericht, de kwaliteitseisen veranderen, enzovoort. Dit type variaties vergt met name aanpassingsvermogen in de keten en daarvoor is up-to-date kennis nodig bij alle systeemelementen. Dit loopt van individuele sensoren die bijvoorbeeld op een andere kleur moeten letten, tot hele fabrieken waar alle machines op elkaar ingespeeld moeten zijn. De technologie die dit in principe allemaal mogelijk maakt is de breed beschikbare netwerk/internettechnologie. Hiervoor worden de populaire termen *internet of things*, *big data* en *cyber-physical systems* gebruikt.

De conclusie uit dit overzicht is dat de robotica langzaam maar zeker steeds meer mogelijkheden biedt waardoor meer taken geautomatiseerd kunnen worden. Aan de vraagkant van de arbeidsmarkt zijn twee duidelijke drivers te herkennen, beide bekende trends. Ten eerste blijft het aanbod van laaggeschoolde arbeidskrachten afnemen; het uiterst repetitieve werk dat robots doen, is al geruime tijd niet meer interessant voor Nederlandse arbeiders of vakantiekrachten, en ook de toestroom van Oost-Europese krachten wordt moeilijker. Ten tweede zijn de loonkosten in Nederland betrekkelijk hoog, zeker in sectoren met goede cao's, dus dat zou een duidelijke driver voor robotisering moeten zijn.

Men zou vermoeden dat deze combinatie van technologische *push* en economische *pull* automatisch leidt tot een sterke robotiseringsgolf bij ons MKB. En, laten we wel wezen, dat is ook wenselijk. Mits de opbrengsten enigszins eerlijk verdeeld worden is het altijd goed voor een economie om in productiviteitsverhoging te investeren. De verschillende overheden onderschrijven dit met uitgebreide subsidiemogelijkheden en publiek-private organisatieverbanden. Op Europees niveau zijn dat *Factories of the future* en SPARC (partnership voor robotica in Europa), in Duitsland is er het 'Industrie 4.0 initiatief', en Nederland kent het topsectorenbeleid en de *Smart Industry*-beweging.

Blokkades

Het gaat echter niet vanzelf, want er is een blokkade in de huidige inrichting van de waardeketen. Die komt erop neer dat alle partijen op elkaar wachten en niet zelf de innovatie aanzwengelen. Het gaat er hierbij om hoe men omgaat met de risico's en aansprakelijkheid qua veiligheid en betrouwbaarheid van het complete systeem (dus robot plus camera's, lopende banden, enzovoort). Enerzijds zijn er de robotfabrikanten, die zich beperken tot de productie van de robotarmen zelf en dus alleen daarop garantie bieden. Anderzijds zijn er de gebruikers (fabrieken), die graag een toeleverancier verantwoordelijk en aansprakelijk maken voor systeemveiligheid en betrouwbaarheid. Aangezien de robotfabrikant dat niet doet, zit er altijd nog een partij tussen, de 'systeemintegrator', veelal een klein bedrijf met een beperkt aantal klanten. Tussen die systeemintegrator en diens klant bevindt zich de innovatieblokkade. Nieuwe toepassingen van robots vereisen namelijk een investering in research en development. De kleine systeemintegratoren zullen deze investering niet snel doen zonder concrete klantopdracht, en de klanten zullen niet snel opdracht geven voor een project waar nog een onzeker R&D-traject bij hoort. Kortom; men wacht op elkaar, waardoor de innovatie traag verloopt.

De landen die bovenstaande innovatieblokkade weten te doorbreken, zullen profiteren van de robotica. Ten eerste zal dit tot een productiviteitsstijging leiden voor de gebruikers van de robots, waardoor concurrerende geproduceerd kan worden. Hier produceren kan dan weer voordeliger worden dan productie in Aziatische landen. Dat wordt *reshoring* genoemd. Het zal tot een toename van het aantal banen leiden. Ten tweede kunnen de innoverende systeem-integratoren en andere robotica-toeleveranciers wereldmarktleiders worden, een effect dat Nederland kent van de voedselverwerkende machinebouwers, die de wereldmarkt beheersen.

Hier liggen grote kansen, maar daarvoor is gecoördineerde actie geboden. Het gaat waarschijnlijk om een combinatie van een drietal zaken. Ten eerste moet in het algemeen techniek in hoger aanzien komen en normaler worden, waarbij programmeren een basisvaardigheid op school moet worden, naast rekenen en taal. Ten tweede is een aantal lichtende, inspirerende voorbeelden nodig van bedrijven die uiterst succesvol zijn met robottechnologie, als leverancier of gebruiker. Hier toe kunnen stimulerende maatregelen voor de kanshebbers effectief zijn. Ook (misschien wel via een nationale marketingcampagne) meer aandacht vestigen op de bedrijven die reeds succesvol zijn, is nuttig. Te denken valt aan Lely, dat wereldmarktleider in melkrobots is. Ten derde moet vooral de lokale afzetmarkt gestimuleerd worden door de investeringsrisico's te verkleinen en de innoverende toeleveranciers te ondersteunen. Er is behoefte aan een betere beschikbaarheid van durfkapitaal en een Silicon Valley-achtig ondernemersklimaat. Dat zijn geen gemakkelijke opgaven, maar alles is relatief: we moeten het beter doen dan de concurrenten, en die kampen met dezelfde uitdagingen.

Wie is er aan zet, welke partij moet actie ondernemen? In feite iedereen. De roboticaonderzoekers kunnen het best zo snel mogelijk robots maximaal flexibel maken, zoals hierboven geschetst, waarbij de *lerende* capaciteiten van de robots en de *intuïtieve bediening* ervan bovenaan de lijst staan. Bovendien kunnen onderzoekers bijdragen door te helpen de vindingen zo snel mogelijk naar de markt te brengen. Het bedrijfsleven doet er goed aan zich zeer goed op de hoogte te stellen van de nieuwste mogelijkheden, zich beseffend dat de concurrent in China wél robotiseert. De overheid kan helpen met campagnes om de nationale ambitie als innovatief land te onderschrijven, hoewel dit voor het bedrijfsleven alleen geloofwaardig zal zijn als er ook daadwerkelijke investeringen aan gekoppeld zijn. Heel specifiek is vanuit de overheid aandacht wenselijk voor de genoemde innovatieblokkade, waarbij het wegnemen van het investeringsrisico bij nieuwe robotiseringsprojecten bij het MKB een speerpunt is.

4.3 MOBIELE ROBOTS

Al sinds de introductie van het woord ‘robot’ in 1920 wacht men in spanning op de komst van de butlerrobot zoals Rosie van de Jetsons of Bicentennial Man. Van de twee varianten, de rijdende versus de lopende butler, is de rijdende butlerrobot het dichtst bij, maar nog steeds lang niet in zicht. Echter, de weg daar naartoe ligt letterlijk bezaaid met kansen. Daarbij draait het om complexiteit (en dus kosten) in twee aspecten: het aantal bewegingsmogelijkheden en de navigatie.

Met de complexiteit van de bewegingsmogelijkheden bedoelen we het aantal vrijheidsgraden ofwel het aantal scharnierpunten/wielen met motoren dat de robot heeft. De huidige robots zijn hierop eenvoudig te rangschikken. Het minimum is een rijdend apparaat met een onafhankelijk aangedreven linker- en rechterwiel (plus een of twee zwenkwielen). Hij kan rijden en sturen, verder niets, en is vooral beschikbaar als educatieve robot. Zodra we één vrijheidsgraad toevoegen, komen er bijzonder veel toepassingen in beeld. De bekendste zijn de stofzuigrobot en grasmaairobot, maar denk ook aan voer-aanschuifrobots van Lely voor in de koeienstal, automatische transportkarretjes van Frog in de fabriek met een kleine lopende band bovenop voor het in- en uitladen, en de ziekenhuistransportkarretjes van Aethon. Deze categorie robots is de beste om nieuwe kansen te verzilveren; de fabricagekosten zijn nog beperkt en de marktkansen schier eindeloos. Zo werd recent in een paar jaar tijd het bedrijf Kiva Systems opgebouwd dat magazijnrobots verkoopt, en werd uiteindelijk het hele bedrijf voor niet minder dan \$ 750 miljoen door Amazon opgekocht. Een advies voor ondernemende startups is daarom om vooral te mikken op mobiele robots met slechts één of twee extra vrijheidsgraden. Het is natuurlijk wel mogelijk om complexere robots te bouwen met mensachtige armen, maar elke extra vrijheidsgraad verhoogt de kostprijs dramatisch, terwijl ook de betrouwbaarheid een veel grotere uitdaging wordt. Regelmatig wordt een commerciële poging gewaagd, zoals de PR2 van Willow Garage en

eerdere pogingen van Mitsubishi, Toyota, en vele andere bedrijven. Op dit moment zijn er twee verse initiatieven, in beide gevallen gaat het om eenarmige mobiele robots: Fetch Robotics en Pal Robotics zijn ermee bezig, maar het is de vraag of de tijd hier nu rijp voor is. Ook een interessant experiment is de zeer gelikte en toch betaalbare robot Pepper van Aldebaran, die weliswaar twee armen met handen heeft, maar eigenlijk niet gemaakt is om daar meer mee te doen dan gebaren maken.

Ook de complexiteit van de navigatiesystemen kan gemakkelijk gerangschikt worden. Waar het advies bij de mechanische complexiteit vooral is om het simpel te houden, ligt dat voor de navigatie anders. Goede navigatie is deels afhankelijk van de hoeveelheid en kwaliteit van de sensoren, maar voor een groter deel van de software voor zelflokalisatie, omgevingswaarneming en padplanning. Hele goede software komt ver met goedkope sensoren. Er komen in rap tempo betere software-algoritmen beschikbaar, rekenkracht is goedkoop, en via het wereldwijd gebruikte *Robot Operating System* – een soort Linux voor robots – kunnen alle sensoren en algoritmen aan elkaar gekoppeld worden. Daarom is in de hiernavolgende rangschikking het advies juist om naar de geavanceerdere oplossingen te kijken.

- De eerste optie is de meest eenvoudige manier van navigatie en gelijk ook de duurste: *remote control*. Daarbij is altijd een getrainde (dus dure) bestuurder nodig, bijvoorbeeld bij de duizenden *packbots* van het Amerikaanse leger, en de onderwater-robots van de olie-industrie.
- Iets geavanceerder wordt het als de robot een zichtbare of magnetische lijn op de vloer volgt, die kent iedereen wel van Legorobotwedstrijden voor kinderen. Deze oplossing kent vele commerciële successen zoals de eerdergenoemde robots van Lely en de autonome wagens op de ECT-containerterminal in Rotterdam. Een simpeler variant is de grasmaairobot, die letterlijk binnen de perken blijft door niet voorbij een ingegraven signaaldraad te gaan. Het ingraven van de signaaldraden maakt dit wel een erg dure oplossing. Om de systemen iets flexibeler en dynamischer te maken, is er sonar rondom de robot om obstakels te herkennen, en odometrie (meten hoeveel het wiel draait om zo de afgelegde weg te weten) om kleine afstanden af te leggen zonder een lijn te volgen.
- De hedendaagse aanpak is echter vele malen geavanceerder. Met laserscanners of 3D-camera's (die rap goedkoper worden) wordt de gehele omgeving in 3D in kaart gebracht en gekoppeld aan een bekende kaart van de omgeving. Met name zelfrijdende auto's, die technisch eigenlijk al helemaal goed werken, combineren tientallen camera's, GPS, versnellingsopnemers, en wielsensoren, en halen hieruit een compleet beeld van het verkeer. Momenteel gaat het al zover dat fietsers van motorfietsen onderscheiden worden, dat van voetgangers accuraat voorspeld wordt of ze wel of niet van plan zijn over te steken, en dat op correcte wijze omgegaan kan worden met overtredingen zoals door rood rijden

van andere weggebruikers. Deze technologie zal binnen een aantal jaren ook buiten het domein van zelfrijdende auto's bruikbaar zijn voor andere autonome robots.

De vertaling van de potentie van mobiele robots naar maatschappelijke meerwaarde gaat via een steeds snellere opeenvolging van niche-succesverhalen. Het lijstje dat we al kennen van stofzuigrobot, grasmaairobot, magazijnrobot, koeienvoer-aanschuifrobot, schipschoonmaakrobot en ziekenhuistransportrobot kan sterk worden uitgebreid. Elke nieuwe nichetoepassing vergt een flinke investering om de techniek goed af te stemmen op de eisen uit de markt. En elke succesvolle ontwikkeling betekent een 'disruptie' in die specifieke niche, waar plotseling arbeidskosten bespaard kunnen worden en de desbetreffende robotleverancier financieel hoog gewaardeerd zal worden.

De vruchten kunnen geplukt worden door landen die technologische know-how, talent en investeerders bijeen weten te brengen, en die de barrières voor zulke niche-innovaties weten te verlagen. Daarbij is een hele grote drempel het gebruik van zelfstandige robots in openbare ruimten. Op dit moment vinden we nog nergens robots die zelfstandig wegonderhoud of groenonderhoud doen, vloeren schoonmaken, rommel opruimen, prullenbakken legen, pakketjes rondbrengen, enzovoort. Technisch gezien is het erg lastig om de wederzijdse veiligheid te garanderen (is de robot veilig voor zijn omgeving en wordt hij niet kapot gemaakt?), en juridisch gezien is het onduidelijk wie verantwoordelijk is bij schade of eventueel letsel, als er iets mis gaat. Het is hier raadzaam niet te wachten op een algemene oplossing voor zowel de technische als juridische aspecten, maar zo snel mogelijk te gaan experimenteren. De landen die veel ervaring opdoen zullen als eerste profiteren van de kostenbesparingen en zullen tevens met alle waarschijnlijkheid wereldwijde leveranciers van dit soort robots voortbrengen. Aangezien voor elk van de vele nichetoepassingen een *winner takes all*-markt lijkt te bestaan, omdat eenmaal succesvolle robots wereldwijd verkocht kunnen worden en alle software-updates van direct nut zijn voor de gehele vloot, is het zaak om als land zo veel mogelijk voorop te lopen met het opzetten van de toekomstige robotleveranciers.

Direct volgt dan de vraag: wie is aan zet? Dat is moeilijk te beantwoorden, want hier is niet één partij die de eerste stap kan zetten zodat anderen weer verder kunnen. Het ontwikkelen van (en experimenteren met) nieuwe toepassingen van mobiele robots zal gebeuren op plekken waar overheden, ondernemers en onderzoekers nauw samenwerken. Het is dus zaak zulke broedplaatsen te stimuleren. Het initiatief daarvoor zal veelal vanuit de kennisinstituten komen, het bedrijfsleven zoekt de samenwerking vanuit interne drijfveren, en de overheden kan faciliterend bijdragen.

4.4 DRONES

Het woord ‘drone’ heeft in de laatste paar jaar een opmerkelijke verandering van betekenis ondergaan. Het had een hele duidelijke bijklank richting militaire, op afstand bestuurde vliegtuigjes en slimme bommen, maar nu denkt men bij drone aan ‘quadrotors’ (een soort helikoptertjes met vier propellers) sinds deze goedkoop voor hobbyisten op de markt kwamen. Dit werd mogelijk doordat rekenkracht en sensortechniek goedkoop en klein genoeg was geworden voor computergestuurde stabilisatie, zonder welke zo’n quadrotor niet te besturen is. Ineens zien we ze nu overal, en de commerciële verwachtingen zijn hooggespannen. Er zijn inmiddels meer dan honderd startupbedrijven wereldwijd bezig om de markt te ontginnen, en er zijn al enkele behoorlijk grote producenten.

De technische ontwikkelingen richten zich nu op het miniaturiseren van de on-board elektronica en sensoren om steeds beter zelfstandig te kunnen navigeren en stabiliseren. De GPS werkt al goed, maar navigeren op basis van on-board camera-beelden lukt nog niet goed genoeg, dus autonoom indoor navigeren, bijvoorbeeld in de kassenbouw, ligt nog net buiten bereik.

De kansen voor eventuele startups liggen hier niet zozeer bij de technische ontwikkeling van weer een nieuwe variant van de hardware, maar vooral bij het ontwikkelen van innovatieve diensten die met drones uitgevoerd kunnen worden. Veelal worden drones gebruikt om vanuit de lucht data te verzamelen, en bestaat de dienst uit het op aanvraag vergaren en leveren van de gevraagde data. Denk daarbij aan *precision farming*, waarbij de boer per plant weet hoe die groeit, aan het in kaart brengen van gebieden, infrastructuur of natuur, of aan het monitoren van tijdelijke gebeurtenissen zoals grote menigten, branden, overstromingen, stormschade, enzovoort.

Overal ter wereld wordt geëxperimenteerd met drones voor allerlei toepassingen, overal wordt gedroomd over de gouden bergen van een succesvol businessmodel, en overal is de grote vertragende factor de ontbrekende of veranderende wetgeving voor drones. Zolang vliegen met drones verboden is tenzij een uitzonderingsvergunning is verleend (zonder duidelijke richtlijnen voor het al of niet verlenen), zoals dat in Nederland het geval is, is het lastig om hiervoor een goede business op te bouwen. In de VS is het niet veel beter, omdat soortgelijke onduidelijkheid leidt tot angst voor de grote schadeclaims die men daar gewend is. De overheid zit in een lastig juridisch parket, met implicaties voor veiligheid (luchtvaart, neerstorten van defecte drones, opzettelijk misbruik) en voor privacy. De Nederlandse overheid zet momenteel stappen door zich goed te laten informeren. En ook hier geldt dat gezamenlijk optrekken van onderzoekers, overheden en ondernemers essentieel is om vooruit te kunnen komen en een positie te verwerven.

4.5 TECHNISCHE EN WETENSCHAPPELIJKE UITDAGINGEN

De hiervoor beschreven ontwikkelingen zullen in de nabije toekomst plaatsvinden. Robotarmen zullen de komende jaren steeds meer taken uitvoeren, er komen steeds meer nichetoeepassingen voor de mobiele robots, en met drones zullen vele diensten worden aangeboden. De verdere toekomst brengt in feite niets radicaal nieuws, deze drie trends zullen zich gestaag voortzetten. Echter, ook al ziet dit er vanuit economisch oogpunt uit als een gestage trend, de technische uitdagingen zijn niet gering.

De uitdagingen voor alle robots (armen, mobiele robots en drones) kunnen we samenvatten in drie categorieën. Ten eerste wordt in alle gevallen de interactie met de mens steeds belangrijker. Het moet gemakkelijker en intuïtiever worden om robots te instrueren. Natuurlijke taal, apps met eenvoudige touchscreens, en communicatie met beelden moeten mogelijk worden. De taken die robots uit kunnen voeren zijn veel complexer dan al onze andere huishoudelijke apparaten, maar als we er gemakkelijk gebruik van willen maken zullen de *human-machine interfaces* veel van de taakcomplexiteit moeten verbergen. Ten tweede moeten de robots in steeds complexere omgevingen opereren, waarin steeds minder gestructureerd is, steeds meer onverwachte obstakels kunnen zijn, en steeds meer veranderingen kunnen plaatsvinden. De taken zelf worden ook complexer, dus de robot moet uitgerust zijn met rijke sensoren (zoals 3D-camera's) en uit de sensorgegevens wijs worden. Ten derde geldt over het gehele spectrum dat de robots goedkoper moeten worden voordat er echt massaal gebruik van gemaakt zal worden. Dit betekent dat er met goedkopere, dus slechtere hardware gewerkt moet worden, welke zich vaak minder voorspelbaar gedraagt, wat weer extra complexiteit introduceert.

De technische oplossing voor veel van de genoemde uitdagingen is de introductie van lerende algoritmen. Zo gebruikt het Finse bedrijf Zen Robotics (met een van hun eerste installaties in Nederland) lerende algoritmen om hun vuilsorteerrobots te trainen. Deze robots hangen boven een lopende band met grofvuil en moeten koper, ijzer en nog wat zaken scheiden door deze delen van de band te grijpen en in een naastgelegen bak te werpen. Het herkennen van deze materialen vergt nogal wat technisch vernuft. De vorm doet ertoe, de kleur, de reflectie, enzovoort, en voor een computer bestaat elk van deze aspecten weer uit een groot aantal technische specificaties. Uiteindelijk gaat het voor de computer om de kleuren en kleurvariaties van pixels, maar deze zijn niet op normale wijze te programmeren. Zen Robotics heeft daarom op honderden computerbeelden door een mens laten aanwijzen waar de gezochte materialen zich bevinden en heeft vervolgens een lerend algoritme getraind om de onderliggende parameters te achterhalen. Een ander voorbeeld zijn de eerdergenoemde magazijnrobots van Kiva Systems, die door goedkope motoren niet goed rechtdoor reden. Elke robot had weer een andere afwijking door variaties in wrijving en motorkracht. Een lerend algoritme

op elke robot wordt kortstondig getraind om de afwijking te corrigeren, totdat de robot ondanks de goedkope onderdelen mooi rechtdoor rijdt. Lerende algoritmen lijken, kortom, de belangrijkste onderliggende technologie te zijn voor brede inzet van de robotica.

Cruciaal bij dit alles is om sciencefiction van realiteit te scheiden: lerende algoritmen kunnen dankzij (heel) veel voorbeelden oud ijzer herkennen of het televisiespel Jeopardy winnen, maar dit heeft niets te maken met Hollywood-robots die een eigen wil krijgen. We zouden er goed aan doen om de publieke angst niet onnodig groter te maken door zo min mogelijk magie in het woord robot te stoppen. Helaas zijn wetenschappers soms zelf debet aan dit probleem, wanneer zij hun nieuwste vindingen trots aan de media presenteren. De beste remedie is dat zoveel mogelijk mensen straks begrijpen hoe het echt zit en hoe deze apparaten van binnen werken. Een PC of tablet vinden we niets bijzonders, maar als we diezelfde PC of tablet aan een paar motortjes en camera's koppelen, zien sommigen er ineens magische aspecten in, of iets met een eigen wil. Het helpt hierbij als iedereen basiskennis krijgt van programmeren, en het is ook nuttig om toegepast onderzoek naar lerende systemen te blijven stimuleren.

Om onderzoek te starten naar de ethische aspecten en het gevaar van Hollywoods zelfdenkende systemen is niet nodig, en daar is een simpele reden voor. Bij de huidige stand van de techniek is er nog geen enkel uitzicht op dat soort systemen. Veel relevanter is wat er moet gebeuren bij een programmeerfout, bij opzettelijk misbruik, of met een lerend systeem dat net iets anders leert dan gedacht. Een robot zal dan onbedoeld gedrag kunnen vertonen, wat tot schade zou kunnen leiden. Hiervoor is een praktisch juridisch kader nodig om te kunnen bepalen wat er gecertificeerd moet worden en waar de aansprakelijkheid ligt. Dit is per toepassingsgebied verschillend en is het best in te richten door er snel veel ervaring mee op te doen.

4.6 CONCLUSIE

De verreгаande automatisering golf neemt ontegenzeggelijk werk uit handen van mensen, maar hoe kapitaliseren we de nieuwe kansen die deze golf teweegbrengt? Het antwoord in dit hoofdstuk komt in drie delen.

Voor robotarmen ligt de toekomst vooral bij slimme robots voor het MKB. Daar zijn bij de lokale gebruikers van de robotarmen nog grote productiviteitsverhogingen te verwezenlijken. Bovendien kunnen ondernemingen in het MKB nu nog wereldmarkten winnen als leveranciers van robotoplossingen. Landen die het meest effectief de systematische innovatieblokkade opheffen maken de grootste kans. Die blokkade ontstaat doordat leveranciers en gebruikers op elkaar wachten. De veelal kleine robotsysteemintegratoren (de leveranciers) beginnen pas te ont-

wikkelen als er een opdracht ligt; tegelijk geven MKB-afnemers pas een opdracht als de ontwikkelingsonzekerheid achter de rug is. De blokkade is op te heffen door voor beide partijen de investeringsrisico's te verlagen en tegelijkertijd een grotere groep robotica-ondernemers te kweken, en door techniek in hoger aanzien te brengen en programmeren als basisvaardigheid in het onderwijs op te nemen.

Voor mobiele robots is het van belang te beseffen dat voor elke nichetoepassing een optimale robot ontwikkeld zal worden, vooralsnog vrijwel altijd via een nieuw, gefocust startup-bedrijfje. Elke succesformule kan direct wereldwijd verkocht worden en vormt een disruptie binnen de niche. Willen we veel van deze leveranciers huisvesten, dan moet de nadruk liggen op het bijeenbrengen van technostarters, durfkapitaal en robotica-onderzoek. Daarnaast kunnen we veel verwachten in landen die als eerste uitgebreid experimenteren met autonome robots die taken in het publieke domein uitvoeren, om op die manier praktische oplossingen te vinden voor de technische en juridische uitdagingen voor 'loslopende' robots.

Voor drones moet de aandacht vooral gericht worden op de diensten die hiermee verleend kunnen worden, veelal datavergaring vanuit de lucht. Ook hierbij kunnen formules vrij gemakkelijk wereldwijd uitgerold worden en zijn de kansen het grootst voor bedrijven met een sterke thuismarkt. Op dit moment is overal ter wereld de grootste onzekere factor de onduidelijkheid in regelgeving voor vliegen met drones. Het land dat hier snel goede en vooral weinig veranderlijke regelgeving voor introduceert, kan naar verwachting sterke concurrenten voortbrengen.

Voor alle types robots krijgen lerende algoritmen een steeds prominere rol, maar we moeten hierbij vooral niet gelijk aan sciencefiction-taferelen denken. Een lerend algoritme is niets anders dan een intuïtieve manier om robots te programmeren. Uiteraard kunnen zich bij robots, zowel met als zonder lerende algoritmen, fouten voordoen met potentieel gevaarlijke gevolgen, zoals ook een slaperige automobilist een ongeluk kan veroorzaken. Er zijn nu nog onvoldoende juridische kaders om met deze risico's en aansprakelijkheden om te kunnen gaan. Het is onwaarschijnlijk dat hier *one size fits all*-oplossingen voor zullen komen. Het lijkt het meest effectief om snel veel ervaring op te doen met robots in velerlei toepassingen, en al doende de juridische *best practices* aan te leren.

LITERATUUR

Forni, A. (2015) *Robots. The new era Living, working and investing in the robotics society*, Kindle book.

GEDECENTRALISEERDE PRODUCTIE DOOR 3D-PRINTEN, BRAM DE ZWART/3D HUBS

Robert Went

“Een 3D-printer is een soort robot. Je hoeft niet meer alles in China te produceren, maar kan je producten dichtbij de eindgebruiker maken. Dat betekent veel minder verspilling, want je hebt lokale productie, en het is ook goedkoper. Het mooie van 3D-printen is daarnaast dat je niet langer plastic in een mal spuit en daarmee allemaal gelijkvormige producten krijgt, maar vormvrijheid hebt omdat je laagje voor laagje print. Gedecentraliseerde productie in lokale gemeenschappen en zelfvoorzienendheid spreken me aan als toekomstbeeld voor de wereld. We krijgen accu’s in auto’s die met zonnecellen zijn opgeladen, *smart grid*, voedsel van de lokale boer, en 3D-printen. Toen ik me dat allemaal realiseerde, wist ik dat 3D-printen groot zal gaan worden. Het is nu nog vooral iets voor de *happy few* en mondiaal wordt op dit moment nog maar 0,1 procent van de consumentengoederen ter waarde van 4 triljoen dollar gemaakt met 3D-printers. Maar dat gaat zeker veel groter worden, want de markt groeit met 40 procent per jaar.”

Platform'

Bram de Zwart kwam tijdens zijn studie industrieel ontwerp aan de TU Delft in contact met 3D-printen, dat toen nog bijna alleen werd gebruikt om prototypes van producten te maken. Hij raakte erdoor gefascineerd en werd een van de oprichters van 3D Hubs. Het idee achter dit platform is even simpel als geniaal: dure 3D-printers die mensen en bedrijven kopen staan 90 procent van de tijd werkloos niks te doen, dus laten we die met elkaar verbinden en mensen die iets in 3D willen printen daar naartoe loodsen. Zo gezegd, zo gedaan.

Als je nu iets in 3D geprint wil hebben kan je een printbaar ontwerp – die zijn in grote hoeveelheden op internet te vinden – uploaden bij 3D Hubs. Je product wordt tegen 15 procent commissie voor 3D Hubs vervolgens ergens in je buurt geprint en naar je huis gestuurd. Pistolen uploaden om te laten printen kan niet, ook niet in landen waar dat op zich wel is toegestaan: 3D Hubs houdt zich overal in de wereld aan de Nederlandse wet- en regelgeving. Na twee en een half jaar heeft het bedrijf bijna 20.000 printers over de hele wereld in haar platform in 156 landen (“dat zijn meer landen dan waar McDonalds vestigingen heeft”). De afgelopen maanden werden 100.000 prints via 3D Hubs besteld, en de omzet groeit maandelijks met 20 procent. Er worden nog steeds veel prototypes geprint, maar ook steeds meer consumenten zetten 3D Hubs aan het werk voor iets dat ze (na)gemaakt willen hebben.

Techno-optimist

3D Hubs is momenteel het grootste platform voor 3D-printers in de wereld. Op het hoofdkantoor in Amsterdam werken ongeveer 30 mensen, die vooral bezig zijn met de website, operationele zaken en marketing. Maar er is ook een *community team* dat gebruikers van 3D Hubs organiseert en bij activiteiten probeert te betrekken. In 80 steden over de wereld zijn inmiddels 'burgemeesters' van 3D Hubs en in het afgelopen jaar vonden wereldwijd 340 *3D Hubs events* plaats, dat is gemiddeld 1 activiteit per dag.

De Zwart is een techno-optimist, die erg veel verwacht van nieuwe technologie. "Hoe meer ecosystemen er ontstaan, des te meer technologische innovatie je krijgt. Problemen kunnen dan worden opgelost en het leven kan aangenamer worden gemaakt." Over de gevolgen van automatisering en technologie voor werk maakt hij zich geen zorgen. "Er is veel dom werk waarvan het niet erg is dat het verdwijnt. Ik heb in een vakantiebaantje ook wel eens spullen in een doos staan stoppen in een fabriek, maar waarom kan een machine dat niet doen? En als je kijkt naar de geschiedenis zie je niet dat we minder zijn gaan werken door technologie en automatisering. Er ontstaat weer nieuw werk."

De ontwikkeling van 3D-printen staat nog maar aan het begin, denkt De Zwart, en dat is ook te lezen op websites en in blogs. We kennen allemaal voorbeelden uit de medische wereld, zoals de geprinte lever en schedel die bij mensen zijn ingeplant, maar inmiddels kunnen ook al huizen geprint worden. Er is al een auto geprint, en aan het drukken van printplaatjes die te gebruiken zijn in elektronica wordt gewerkt. Een soms gehoorde kritiek op 3D-printen is dat het erg langzaam gaat, maar ook daar komt verandering in. Onlangs verscheen een bericht dat een 3D-printer is uitgevonden die met een nieuw procedé 100 keer zo snel kan drukken. "Die machines worden nog niet geleverd, aan het eind van het jaar misschien", zegt De Zwart. Maar klopt het verhaal? "Het moet wel kloppen, ze hebben van een serieuze investeerder 40 miljoen dollar gekregen."

LITERATUUR

Rathenau Instituut (2014) *De kracht van platformen*, www.rathenau.nl/actueel/alle-categorieen/alle-jaren/alle-maanden/stem-overheidsbeleid-af-op-opkomst-van-platformen.html.

NOOT

- 1 De bekendste platformen zijn momenteel Uber en Airbnb. Zie Rathenau Instituut (2014).

5 DE IMPACT VAN TECHNOLOGISCHE VERANDERING OP DE NEDERLANDSE ARBEIDSMARKT, 1999-2014

Wiljan van den Berge en Bas ter Weel

5.1 INLEIDING

Technologische verandering is een bron van welvaart. De ontwikkelingen op het gebied van informatie- en communicatietechnologie (ICT) hebben de maatschappij voorzien van een veelheid aan handige toepassingen. De pinpas, de mobiele telefoon en de verschillende toepassingen van het internet zijn hier voorbeelden van. Ook op het werk is ICT van grote invloed. Productieprocessen en organisatie-modellen zijn onder invloed van informatietechnologie efficiënter geworden en hebben het mogelijk gemaakt om zeven dagen per week en 24 uur per dag te produceren, waardoor de kwaliteit is gestegen en prijzen in de winkel zijn gedaald. Communicatietechnologie zorgt voor mogelijkheden om werk uit te besteden met behoud van controle over de kwaliteit en levertijd. Hierdoor zijn mondiale productieketens ontstaan die als voordeel hebben dat producten daar worden gemaakt waar dat het meest efficiënt is.

De verdeling van deze welvaart lijkt een bron van toenemende zorg te zijn. Vanaf de jaren tachtig van de vorige eeuw is in veel OESO-landen de loonongelijkheid toegenomen en zijn de arbeidsmarktchansen van lageropgeleiden ten opzichte van die van hogeropgeleiden verslechterd. Verschillende studies leggen hierbij een direct verband met ICT (Autor et al. 1998; Autor et al. 2003; Borghans en Ter Weel 2007). De welvaart die de nieuwe technologie brengt lijkt vooral terecht te komen bij degenen die hooggeschoold zijn. Recentelijk is daar een observatie aan toegevoegd. ICT lijkt in de afgelopen jaren namelijk steeds vaker en steeds meer taken over te nemen van werknemers in het middensegment van de arbeidsmarkt. Het gaat hier niet meer om het automatiseren van zwaar, gevaarlijk en vervelend werk, maar om taken die door goedgeschoolde boekhouders, juristen of accountants worden uitgevoerd (Goos et al. 2014; Michaels et al. 2014).

Ten slotte ontstaan er nieuwe banen als gevolg van technologische verandering. Beroepen als webdesigner en softwarearchitect bestonden in 1980 nog niet, maar ook voor boekhouders, juristen en accountants blijft werk bestaan. Het ontstaan en benutten van bijvoorbeeld *big data* leidt tot grote uitdagingen met betrekking tot beheer, opslag en administratie en heeft ingewikkelde juridische aspecten die moeten worden uitgezocht. Het is natuurlijk niet gezegd dat mensen die op dit moment in krimpende beroepen of sectoren werken, zonder pijn en moeite de

stap richting groeiende beroepen en sectoren kunnen maken waar ze met (een deel van) hun kennis en vaardigheden een goede boterham kunnen verdienen. Beleid gericht op aanpassingen aan deze trends lijkt kansrijk.

Dit hoofdstuk, onder andere gebaseerd op eerder werk van Ter Weel en Kok (2013), Van den Berge en Ter Weel (2015) en Ter Weel (2015), beschrijft en interpreteert de waargenomen veranderingen op de Nederlandse arbeidsmarkt in de periode 1999-2014. In paragraaf 5.2 beschrijven we hoe technologie de verdeling van werk beïnvloedt. In paragraaf 5.3 bespreken we de gevolgen van technologische verandering vanuit een macro-economische invalshoek op de arbeidsmarkt. Daarna richten we ons in paragraaf 5.4 op de analyse van de ontwikkelingen in specifieke beroepen en binnen specifieke groepen op de Nederlandse arbeidsmarkt. In paragraaf 5.5 kijken we naar de ontwikkeling van lonen en werkgelegenheid in Nederland als geheel. Paragraaf 5.6 bevat de conclusies.

5.2 DYNAMIEK OP DE ARBEIDSMARKT

Een afwashulp in een restaurant voert zes taken uit. Hij ruimt de tafel af, maakt een sopje met zeep, wast de glazen en borden schoon, spoelt de vaat af met schoon water, droogt af en zet het servies terug in de kast. De afwasmachine heeft vier taken overgenomen, maar de eerste en laatste taak worden nog steeds door de afwashulp zelf uitgevoerd. Dit zal voorlopig niet veranderen. Er is zelfs een taak voor de afwashulp bijgekomen: het vullen en uitruimen van de afwasmachine. Het effect van deze technologische verandering is dat er in eerste instantie minder afwashulpen nodig zijn, omdat de afwasmachine efficiënter en goedkoper werkt. En, voor de taken die overblijven is waarschijnlijk minder tijd nodig. De prijs van een maaltijd in het restaurant zal hierdoor dalen, waardoor er meer maaltijden worden genuttigd en de vraag naar afwashulpen (en afwasmachines) weer zou kunnen stijgen. Technologie verandert de manier waarop taken worden uitgevoerd en het aantal taken dat moet worden uitgevoerd, waarbij de machine soms taken overneemt en soms de mens ondersteunt.

Het effect op de totale werkgelegenheid in dit soort ondersteunende beroepen, waaronder bijvoorbeeld ook baliemedewerkers op een vliegveld, schoonmakers en beveiligers vallen, hangt van twee factoren af. De vraag naar deze diensten is relatief prijsinelastisch, waardoor het aandeel van dit soort beroepen in de totale werkgelegenheid lijkt te stijgen. Een tweede factor die de vraag naar dit soort beroepen beïnvloedt is de toegenomen koopkracht van consumenten, waardoor steeds meer werk in het commerciële domein terecht komt en niet meer in het huishouden wordt uitgevoerd. Hierdoor stijgt de vraag. Een tegenkracht ontstaat doordat de productiviteit in deze beroepen nauwelijks stijgt, waardoor de vraag mogelijk daalt.

VERDELING VAN WERK¹

Even terug naar de afwashulp. Wat is de relatie tussen ICT en zijn productiviteit? Als we het in wat abstracte zin bekijken dan lijkt de afwasmachine een aantal taken beter te kunnen uitvoeren, maar andere niet. Welke zijn dat en waar ligt de grens? De rekenkracht van computers komt vooral tot uitdrukking in het feit dat regels foutloos en snel worden uitgevoerd. Daarnaast zijn de kosten van computertechnologie in de afgelopen decennia drastisch gedaald.² Computers hebben daarom een aantal taken van de mens overgenomen. Voor deze overname zijn twee condities van belang: alle informatie die nodig is om een taak uit te voeren moet worden geïdentificeerd en vastgelegd in regels die een computer kan volgen, en het verwerken van informatie moet kunnen worden vastgelegd in computercodes (Levy en Murnane 2013).

Aan beide condities kan worden voldaan door middel van een deductieve regel die is gebaseerd op bijvoorbeeld het 'if-then'-principe. Inchecken op een vliegveld gaat op deze manier. Als het paspoortnummer overeenkomt met een ticketnummer dat door de computer wordt herkend, wordt een boarding pass geprint. Zo niet, dan wordt de passagier verwezen naar een balie voor hulp. Daarnaast zijn inductieve regels mogelijk die op basis van statistische verbanden patronen herkennen. Deze informatie kan door de computer worden toegepast op concrete waarnemingen, maar vergt wel bijstelling. Van een stel dat een hypotheek wil afsluiten, wordt een risicoprofiel opgesteld op basis waarvan een voorstel uit het model rolt. De adviseur gebruikt dit advies voor een passende hypotheek. Het is wel van belang dat rekening wordt gehouden met nieuwe informatie (die de computer niet zomaar kent), zoals een aanscherping van de hypotheekregels of het sentiment in tijden van crisis, met niet-verneembare of te kwantificeren kenmerken van het stel en de markt, en met diverse vormen van meetfout die kunnen optreden bij dit soort statistische modellen.

Banen bestaan uit een set taken, zoals het voorbeeld van de afwashulp aangeeft. De manier waarop deze taken worden georganiseerd hangt van een aantal factoren af en heeft invloed op (a) de taken binnen een beroep, (b) de verdeling van werk tussen verschillende mensen in een bedrijf en (c) de plaats waar productie plaatsvindt.³

Binnen een beroep kan sprake zijn van substitutie van taken. Computertechnologie neemt een aantal taken over, waardoor de werknemer minder taken overhoudt, maar wel de computer moet bedienen. Deze substitutie zal plaatsvinden als de kosten van computertechnologie lager zijn dan de kosten van de werknemer en de werknemer in staat is de technologie te gebruiken. De prijs van het product dat wordt gemaakt daalt, waardoor de vraag toeneemt. Onder de streep is het niet meteen duidelijk wat het netto-effect op de werkgelegenheid is, omdat productiviteit en dalende prijzen tegengestelde effecten op de vraag naar deze werknemer

hebben. Er kan ook sprake zijn van complementariteit. Nieuwe mogelijkheden die eerder niet in zicht waren worden nu benut, waardoor producten van betere kwaliteit worden of er zelfs nieuwe producten ontstaan. Werknemer en technologie vullen elkaar in dit geval aan en er ontstaat meer werkgelegenheid. Het kan natuurlijk wel voorkomen dat van de werknemer andere vaardigheden worden verwacht, wat vraagt om bijscholing of zelfs een ander type werknemer.

De verdeling van werk tussen werknemers is vooral een afweging van coördinatiekosten en productiekosten. Als het eenvoudig is veel kleine taken zelf te doen, is het niet de moeite waard om taken te verdelen tussen verschillende mensen of tussen werknemers en computers, ook al zouden daar kosten mee bespaard kunnen worden. Overleg en controle zouden bij een verdeling van taken duurder kunnen uitpakken dan deze besparing. Technologie verandert deze afweging. Dit kan twee kanten opgaan. Informatietechnologie verhoogt de productiviteit omdat het eenvoudiger is om taken zelf uit te voeren. Waar vroeger veel administratief werk door verschillende lagen in een bedrijf werden uitgevoerd, heeft de manager nu vaak een ERP-systeem (*enterprise resource planning*) waarmee hij direct inzage heeft in de productie- en personeelsgegevens van zijn bedrijf. Ook het koppelen van informatie is veel beter en efficiënter mogelijk. Communicatietechnologie daarentegen maakt het mogelijk om de verdeling van werk te verfijnen. Specialisten hebben de hoogste productiviteit in specifieke taken en de combinatie van die taken gaat eenvoudiger met moderne communicatietechnologie. Hierdoor ontstaat een 'supermodulair' productieproces waarbij de hoogst mogelijke kwaliteit kan worden geleverd tegen de laagste kosten. De keerzijde van een dergelijk productieproces is dat een klein foutje gemaakt door een specialist grote gevolgen kan hebben voor de kwaliteit, zoals Kremer (1993) beschrijft voor de ramp met de spaceshuttle Challenger eind jaren tachtig.

De verdeling van werk tussen fysieke locaties schuift ook. Indien taken kunnen worden afgesplitst van een individuele baan, kunnen ze mogelijk door het bedrijf worden uitbesteed. Binnenshuis uitvoeren maakt afstemming eenvoudiger en de kwaliteit kan worden gecontroleerd, terwijl uitbesteden kosten drukt en risico's spreidt. Vooral moderne communicatietechnologie maakt het monitoren van productieprocessen elders effectiever. Hierdoor kan de timing en kwaliteit van productie waar ook ter wereld 24 uur per etmaal worden gemonitord, wat efficiencywinst kan opleveren. Tevens kunnen taken die het bedrijf uitbesteedt ook in het buitenland worden uitgevoerd. Ook nu zijn er mogelijk voordelen verbonden aan het regionaal clusteren van activiteiten, maar kan het ook van belang zijn om dicht bij de (buitenlandse) klant te zitten en producten aan de specifieke wensen aan te passen. Deze manieren waarop computertechnologie wordt benut heeft de verdeling van taken tussen computer en werknemer veranderd en is van grote invloed

op wereldwijde productieprocessen die steeds vaker in waardeketens zijn opgedeeld (Timmer et al. 2014, voor een sprekend voorbeeld over productieontwikkelingen in de Duitse automobiellindustrie).

NEW MACHINE ON THE BLOCK⁴

Robots zijn de meest recente uiting van de opkomst en diffusie van ICT met mogelijk een grote impact op de arbeidsmarkt. De beelden die worden opgeroepen appelleren vaak aan sciencefictionachtige situaties waarin robots de mens soms bijna letterlijk buitenspel zetten en te slim af zijn. De afgelopen tijd zijn verschillende rapporten verschenen die zich richten op het verdwijnen van beroepen en banen als gevolg van robotisering (Frey en Osborne 2013; Brynjolfsson en McAfee 2014; Ford 2015). Het Rathenau Instituut (Van Est en Kool 2015) heeft een inzichtelijk en breed overzicht gemaakt over werk en welbevinden in de mogelijke toekomstige robotsamenleving. Een van de conclusies is dat we er nog maar weinig zicht op hebben. Voordat we ons dus zorgen maken over de mogelijke impact van robots is het goed om te bezien waartoe robots in staat zijn en wat de ontwikkelingen tot nu toe zijn.

Er zijn drie generaties robots die verschillende effecten hebben op de verdeling van arbeid.

- De eerste generatie voert op een mechanische en precieze wijze een gestandaardiseerde taak uit. Dit wordt *trajectory control* genoemd. Het gros van de huidige robots is van dit type. De moderne autofabriek is daar een voorbeeld van. Onderdelen worden op een soort lopende band aan elkaar gelast en in elkaar geschroefd met als resultaat een complete auto. Ook het bekende setje van drie paprika's (groen, geel en rood) wordt op een lopende band door drie grijparmen in goede banen geleid, waarbij de robotarm de paprika's ook nog met dezelfde kant naar boven weet te leggen. Dergelijke robottoepassingen zijn zeer efficiënt en leveren grote productiviteitswinsten op. Nadeel van deze robots is dat ze gevaarlijk zijn. Er moet een kooi omheen om ongelukken te voorkomen. De arm kent het onderscheid tussen een paprika of auto-onderdeel en een menselijke vinger of hand (die een paprika recht wil leggen) niet, met alle gevolgen van dien. Ook spietsen de robotvingers nog wel eens een paprika waardoor het productieproces moet worden stopgezet en opnieuw opgestart.
- De tweede generatie robots is tot meer in staat. Deze generatie wordt ook wel als *intelligent control* gelabeld. Deze robot houdt rekening met de omgeving waarin hij zich bevindt. Dit zijn apparaten die een kopje koffie kunnen brengen zonder te morsen, die mensen met een dwarslaesie ondersteunen met een soort korset, of die een prothesehand hebben die begrijpt dat een framboos net iets anders moet worden aangepakt dan een steen. Het verschil met de eerste

generatie robots is dat deze robots kunnen 'zien' en in staat zijn hun acties aan te passen aan de omgeving. In die zin zijn ze dus intelligent. De toepassing van dit soort robots neemt vooral in de medische hoek een vlucht.

- Een derde ontwikkeling is *human enhancement*. Onder deze groep robots vallen bijvoorbeeld de deels zelfrijdende auto's. De robot verbetert de menselijke handeling en voorkomt domme acties. Deze robots kunnen situaties min of meer zien aankomen en handelen preventief in plaats van reactief. Als er een obstakel op de weg ligt, zal een zelfsturende auto daar soepel omheen rijden. De mens wordt ondersteund, maar moet wel opletten. De vergelijking met een paard wordt wel eens gemaakt. Een paard loopt en ontwijkt hobbels op de weg, maar de berijder moet wel aangeven waar het paard naar toe moet lopen, in welk tempo dat moet gebeuren en over welke balken het moet springen. Opnieuw zijn hier ook medische toepassingen denkbaar, zoals een robot die een patiënt uit bed tilt en daarbij rekening houdt met de gesteldheid van de patiënt.

Er zijn nauwelijks empirische studies beschikbaar die een helder beeld schetsen over waar we nu precies staan in deze ontwikkeling en wat de gevolgen voor de arbeidsmarkt zijn. Een uitzondering is een recente studie van Graetz en Michaels (2015). Zij laten zien dat industriële robots (vooral die van de eerste generatie dus) voor een toename in productiviteit en economische groei hebben gezorgd. Ze raken daarbij vooral de werkgelegenheid van laagopgeleiden en voor een deel middelbaaropgeleiden. De studie is echter vrij beperkt, omdat het onderzoek zich, genoodzaakt door de geringe databeschikbaarheid, richt op de industriële sector. Juist de meest interessante recente ontwikkelingen, in bijvoorbeeld de zorgsector, kunnen niet worden meegenomen in hun analyse.

De discussie over verdwijnende beroepen en banen roept desalniettemin een beeld op van massale werkloosheid door een dalende vraag naar arbeid. Er zijn twee opmerkingen te plaatsen bij deze beelden. Ten eerste is er historisch gezien geen reden voor deze angst. Er zijn verscheidene technologische revoluties geweest: bijvoorbeeld als gevolg van stoommachine, elektriciteit en computers. Het verlies aan banen in de landbouw en later de industrie is groot geweest. Daartegenover stond de creatie van nieuwe banen. Per saldo kwamen er meer banen bij dan er verdwenen (Mokyr et al. 2015). Bovendien is de nieuwe technologie niet altijd in staat geweest om alle verwachtingen waar te maken en zijn er onverwachte toepassingen ontstaan. Al in de jaren zestig sprak men over huishoudrobots en andere technische snufjes die er nooit zijn gekomen, terwijl er nauwelijks over de mobiele telefoon en het internet werd gesproken door toekomstverkenner. Ten tweede hebben landen die voorop liepen met de ontwikkeling en implementatie van nieuwe technologie, de transitie sneller en met minder pijn doorgemaakt. Vroeg-

tijdig inspelen op de komende veranderingen op de arbeidsmarkt en investeren in nieuwe technologie lijken de transitie soepeler te laten verlopen (Autor 2015; Van Est en Kool 2015).

INVLOED VAN ICT BINNEN BEDRIJVEN

Het is moeilijk om de directe effecten van ICT op de verdeling van werk en veranderingen in de werkgelegenheid van verschillende groepen werknemers te meten. Als we met microdata kijken naar ontwikkelingen tussen en binnen beroepen, komt men vaak niet verder dan het rapporteren van conditionele correlaties die wel sterk wijzen op causale verbanden maar dat strikt genomen niet zijn. Casestudies bieden hierbij een uitkomst. Zij kunnen inzicht bieden in welke taken nu door technologie worden overgenomen, welke juist complementair zijn en welk type werknemer meer of minder gewild is.

Dergelijke casestudies laten zien dat vooral de vraag naar handmatige routinematige taken is gedaald en deels is overgenomen door computertechnologie. Het gaat hier in hoofdzaak om repeterende taken die eenvoudig in computercode kunnen worden beschreven (het 'if-then'-principe zoals hiervoor is beschreven). Maar het betreft ook handmatige niet-routinematige taken, zoals eenvoudige diensten, en de meer analytische routinematige taken, zoals boekhouden. Daarnaast blijkt computertechnologie in de meeste gevallen de mens aan te vullen en productiever te maken. De meeste veranderingen vinden binnen beroepen plaats, wat een extra uitdaging is voor empirisch onderzoek dat inzicht wil bieden in de ontwikkelingen op de arbeidsmarkt als geheel. Daar meten we vaak veranderingen in vraag, aanbod en lonen tussen beroepen, wat waarschijnlijk een onderschatting van de werkelijke verandering is.⁵

Hubbard (2003) laat in zijn casestudie zien dat informatietechnologie complementaire effecten heeft op de productiviteit van vrachtwagenchauffeurs. Met de komst van computertechnologie aan boord van vrachtwagens is de efficiency flink gestegen. Computers bieden verdergaande mogelijkheden om vrachtwagens te monitoren en zo de opdrachten efficiënter te verdelen tussen chauffeurs die zich op verschillende plaatsen in het land bevinden. Hierdoor worden de routes van chauffeurs efficiënter. Bovendien rijden ze een groter deel van hun werktijd met lading.

Levy (2008) beschrijft de impact van ICT op het werk van radiologen. Computertechnologie zorgt voor snellere en beter leesbare scans. Radiologen kunnen op die manier per dag meer scans lezen. De informatievoorzieningen verlagen bovendien de benodigde kennis voor het lezen van scans. Communicatietechnologie vergroot de markt van radiologen; radiologen in andere werelddelen kunnen gemakkelijk aansluiten om scans te beoordelen. ICT heeft dus de efficiëntie en de concurrentie

op de markt van scans vergroot. De prijs van scans daalt hierdoor. Radiologen proberen zich te profileren door zich te specialiseren op bepaalde gebieden van het lichaam of specifieke aandoeningen.

Binnen een bedrijf kan het effect van ICT verschillend uitpakken voor verschillende werknemers en afdelingen. Fernandez (2001) bracht de ontwikkelingen na het vervangen van de technologie in een chocoladefabriek in kaart. Om de overgang te verzachten, beloofde het managementteam baan- en loonbehoud aan alle werknemers. Voor alle werknemers leidde de overgang tot een verhoging van de eisen die aan hen werden gesteld. De loonongelijkheid steeg echter ook met de komst van de nieuwe technologie, doordat sommige werknemers werden gekoppeld aan taken die productiever konden worden uitgevoerd door gebruik te maken van ICT.

Groot en De Grip (1991) en Autor et al. (2002) laten zien dat ICT een verschillend effect kan hebben op afdelingen binnen een bedrijf. Het automatiseren van taken bij grote banken leidde tot verschillende vormen van reorganisatie. Op de afdeling die deposito's afhandelde, vond specialisatie plaats, terwijl medewerkers op de afdeling die speciale gevallen afhandelde, juist meer generalist werden. De afweging tussen coördinatie- en productiekosten viel dus anders uit op deze twee afdelingen binnen hetzelfde bedrijf.

Bessen (2015) laat zien dat de introductie van pinautomaten in de Verenigde Staten in de jaren zeventig niet heeft geleid tot massale werkloosheid onder bankmedewerkers die geld telden en uitgaven (*bank tellers*). Hoewel het gemiddelde aantal bankmedewerkers per filiaal afnam van 20 naar 13 tussen 1988 en 2004, nam de totale werkgelegenheid toe, doordat banken veel meer filialen openden. Door automatisering van enkele banktaken kon de prijs naar beneden, waardoor de vraag naar de producten van banken steeg. Daarnaast werden de overgebleven taken bij een bank belangrijker. Banken gingen meer concurreren om klanten, zodat andere eisen werden gesteld aan het personeel. Veel van de voormalige *bank tellers* zijn nu meer dan voorheen bezig met het onderhouden van klantencontacten.

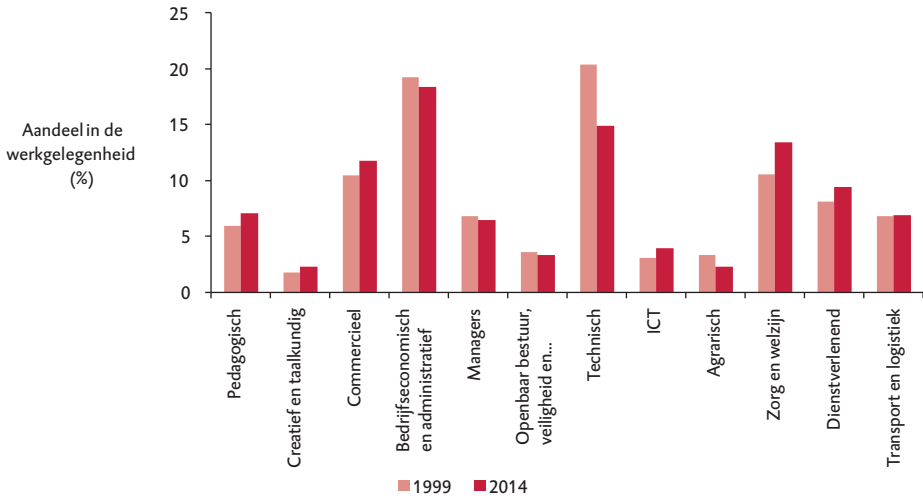
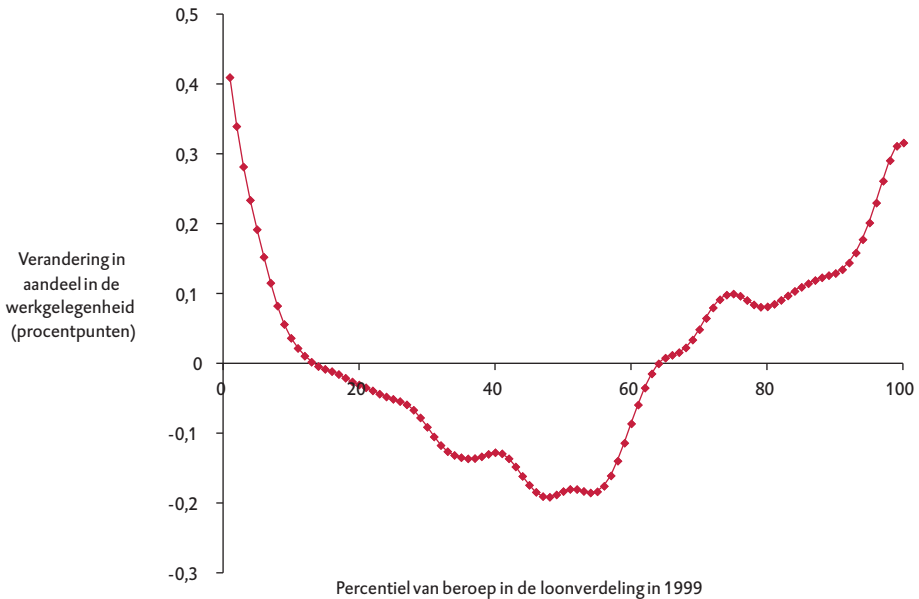
5.3 MACRO-ECONOMISCHE TRENDS OP DE NEDERLANDSE ARBEIDSMARKT

In deze paragraaf presenteren we drie belangrijke trends op de Nederlandse arbeidsmarkt in de afgelopen vijftien jaar. We laten zien dat met name technische en administratieve beroepen afnemen in het aandeel van de werkgelegenheid, terwijl het aandeel van dienstverlenende beroepen toeneemt. Een van de verklaringen voor de geobserveerde afname in technische en administratieve beroepen is dat deze beroepen relatief veel taken bevatten die geautomatiseerd kunnen wor-

den. In de economische literatuur worden dit ook wel routinematige taken genoemd. Dit kunnen handmatige taken zijn, zoals veel fabriekswerk, of cognitieve taken, zoals rekenwerk. Een analyse van de werkgelegenheid in taken in Nederland laat dan ook zien dat de werkgelegenheid vooral is gedaald in beroepen met relatief veel routinematige en handmatige taken. Aan de andere kant worden taken waarvoor ICT productief ingezet kan worden juist belangrijker. Het gaat hier vooral om sociale/interactieve en meer analytische taken. Technische en administratieve beroepen met relatief veel handmatige en routinematige taken bevinden zich vooral in het midden van de loon- en vaardighedenverdeling. Het is dan ook de werkgelegenheid in het middensegment van de arbeidsmarkt die afneemt, terwijl die aan de uiteinden van de verdeling groeit. Dit verschijnsel staat bekend als baanpolarisatie.

BEROEPEN

Tussen 1999 en 2014 is in Nederland het aandeel van technische en agrarische beroepen in de werkgelegenheid afgenomen, terwijl het aandeel van beroepen in zorg en welzijn is toegenomen (zie figuur 5.1). Binnen de technische beroepen is over deze periode de werkgelegenheid van bijvoorbeeld lassers, metaalbewerkers en meubelmakers afgenomen. Van andere technische beroepen, zoals softwareontwikkelaars, is het werkgelegenheidsaandeel juist toegenomen. Er is ook een geringe daling zichtbaar in bedrijfseconomische en administratieve beroepen, maar binnen deze beroepsklasse is sprake van veel dynamiek. Zo blijkt de werkgelegenheid van accountants en financieel specialisten juist te zijn gestegen, terwijl die van boekhouders en secretaresses is gedaald. Over alle beroepsklassen tezamen bezien is de werkgelegenheid in Nederland verschoven van technisch en administratief werk naar dienstverlenend werk.

Figuur 5.1 Verandering in werkgelegenheidsaandeel in beroepsklassen, 1999-2014**Figuur 5.2** Baanpolarisatie in Nederland, 1999-2014

Toelichting: voor deze figuur zijn alle 113 beroepen gesorteerd op hun loon in 1999 en vervolgens zijn ze verdeeld over 100 percentielen van de totale werkzame beroepsbevolking. De verandering in werkgelegenheidsaandeel wordt gemeten door het aandeel in 1999 af te trekken van het aandeel in 2014. Deze methode volgt Autor en Dorn (2013).

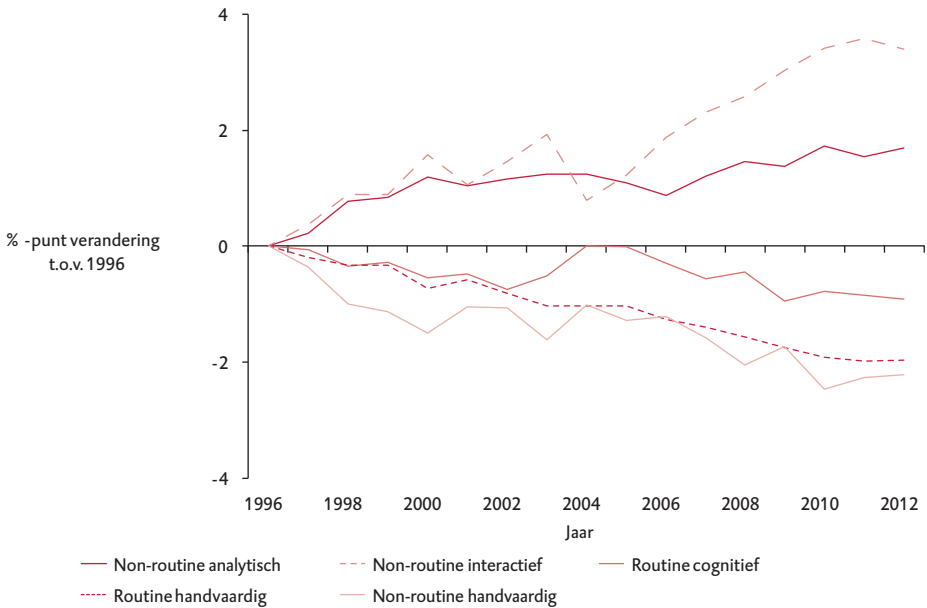
Als we de verandering in werkgelegenheidsaandeel van beroepen afzetten tegen het loon dat in die beroepen wordt verdiend, wordt duidelijk dat de werkgelegenheid van beroepen in het midden van de loonverdeling daalt (figuur 5.2). Beroepen aan de onderkant en vooral die aan de bovenkant van de loonverdeling winnen in termen van werkgelegenheidsaandeel. Deze baanpolarisatie is ook zichtbaar in andere landen (Acemoglu en Autor 2011; Goos et al. 2014; Michaels et al. 2014). Een vergelijking met andere landen suggereert wel dat de omvang van de ontwikkelingen in Nederland vooralsnog relatief beperkt is (Van den Berge en Ter Weel 2015; Goos et al. 2014).

TAKEN

Banen bestaan uit bundels van taken (Autor et al. 2003; Acemoglu en Autor 2011). Computers zijn goed in het uitvoeren van taken die in een routine kunnen worden omschreven. Een onderscheid tussen routinematige taken en niet-routinematige taken is daarom nuttig. Routinematige taken worden op een standaardwijze uitgevoerd, terwijl niet-routinematige taken aanpassingsvermogen van de werknemer vergen. Niet-routinematige taken vragen om creativiteit, probleemoplossend vermogen, flexibiliteit en andere vaardigheden, waarbij de gewenste acties van de werknemer niet vooraf te bepalen zijn.

Een analyse van de werkgelegenheid in taken op de Nederlandse arbeidsmarkt laat zien dat de werkgelegenheid in beroepen met relatief veel handmatige en routinematig-cognitieve taken is gedaald, terwijl beroepen die meer niet-routinematige taken bevatten zijn gegroeid. Figuur 5.3, die is gebaseerd op de gegevens en indeling van Den Butter en Mihaylov (2013) van taken, laat dit patroon zien. De interpretatie van de figuur is dat als een beroep volledig uit routinematige-handvaardige taken bestaat, het aandeel in de werkgelegenheid met 2 procentpunt is afgenomen in de periode 1996-2012. Beroepen met taken die relatief eenvoudig geautomatiseerd kunnen worden, zoals rekenwerk en veel fabriekswerk, krimpen. Daarentegen groeien beroepen die vooral analytische en interactieve taken bevatten. Wat ook opvalt is dat beroepen die veel niet-routinematig handvaardige taken bevatten krimpen. Hier vallen werkzaamheden in de dienstverlening onder, maar ook in de zorg. We zagen al eerder dat die beroepen juist groeien in de totale werkgelegenheid. De afname in niet-routinematig handvaardige taken wordt dan ook vooral veroorzaakt doordat hier ook agrarische beroepen onder vallen.

Figuur 5.3 Verandering in werkgelegenheidsaandeel van routinematige en niet-routinematige taken, 1996-2012



De ontwikkelingen in figuur 5.3 zijn het gevolg van krimp en groei van bestaande beroepen met bepaalde kenmerken. Daarmee zijn de veranderingen die in de figuur zichtbaar worden waarschijnlijk een onderschatting van het werkelijke effect, omdat we niet waarnemen wat er binnen beroepen plaatsvindt aan arbeidsdeling. Het ligt in de rede dat computertechnologie ook binnen beroepen impact heeft gehad. Daarnaast zijn er beroepen bijgekomen vanaf het midden van de jaren negentig. Zo zijn webdesigners en mensen die cybercrime opsporen werkzaam in beroepen die in 1996 nog niet bestonden.

5.4 WIE WERKT WAAR EN WAT LEVERT DAT OP?

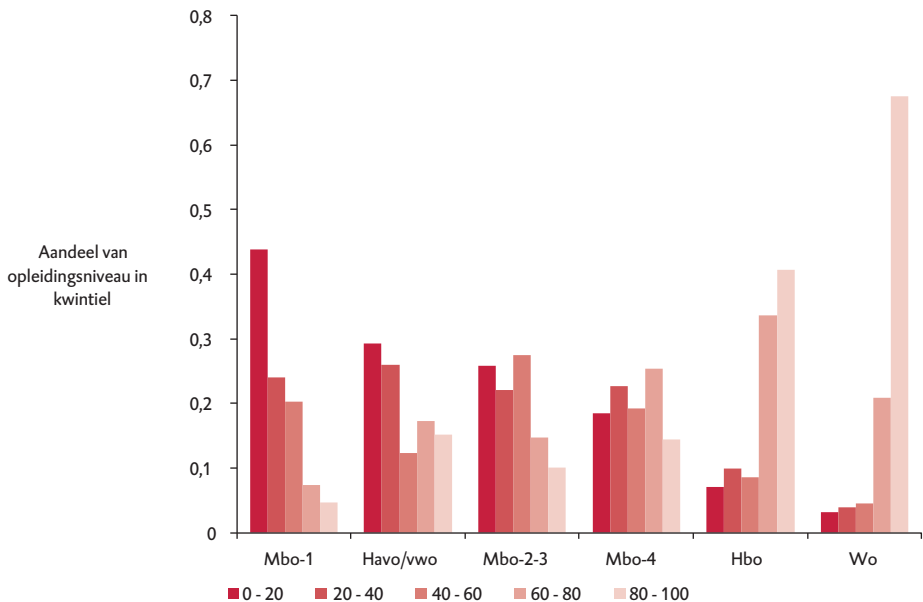
In deze paragraaf gaan we nader in op de veranderingen in de werkgelegenheid die het macro-economische perspectief in figuur 5.2 laat zien. Om te bezien welke groepen het moeilijk lijken te hebben en welke groepen vooral voordeel hebben van de geobserveerde verschuivingen in werkgelegenheid, hebben we de loonverdeling opgeknipt in vijf gelijke stukken (kwintielen).

HOGERE SEGMENT

Mensen met een afgeronde wo-opleiding werken bijna exclusief in beroepen in de bovenste twee kwintielen. Figuur 5.4 laat zien dat ongeveer 70 procent van de totale werkzame bevolking met een wo-opleiding werkt in een beroep in het

bovenste kwintiel. Het gaat hierbij om ongeveer 40 procent van alle werkzame mensen in dit kwintiel. Nog eens 20 procent van de wo'ers werkt in het vierde kwintiel, waar ze ongeveer 15 procent van de totale groep werknemers uitmaken en de resterende 10 procent is verdeeld over de overige drie kwintielen. Dit betekent overigens niet dat 70 procent van de werkzame wo'ers een salaris verdient dat in het bovenste kwintiel valt. De verdeling is gebaseerd op het mediane loon in een beroep. En hoewel advocaten op basis van het mediane loon in de bovenste 20 procent vallen, verdient een advocaat-stagiair geen salaris dat in hetzelfde kwintiel van de inkomensverdeling valt.

Figuur 5.4 Deel van de werknemers met een bepaalde opleiding in beroepen per loonsegment van 20%



De groep wo'ers profiteert dus van de groei in werkgelegenheid aan de bovenkant. Voorbeelden van beroepen die sterk gegroeid zijn en waar veel wo'ers werken zijn artsen, managers bij verschillende typen organisaties en afdelingen (zorg, ICT) en psychologen. Ook hbo'ers vinden we vooral terug in het vierde en vijfde kwintiel, met beiden ongeveer 40 procent van de werkzame hbo'ers. In het vierde kwintiel zijn hbo'ers in de meerderheid. Daar vinden we veel professionals, zoals fysiotherapeuten en andere medisch vakspecialisten, politieagenten of leerkrachten in het basis- en middelbaar onderwijs.

Zowel wo- als hbo-opgeleiden voeren werk uit waarin vooral interactieve en analytische vaardigheden vereist zijn. Deze taken zijn op dit moment het meest complementair aan ICT. Denk bijvoorbeeld aan een jurist die nu veel eenvoudiger de relevante jurisprudentie kan raadplegen, of aan de onderzoeker die niet meer in papieren tijdschriften naar artikelen zoekt, maar via Google Scholar.

MIDDENSEGMENT

Bij de middelbaaropgeleiden is het beeld gemengder dan bij de hoogopgeleiden. Mbo'ers zijn vooral dominant in beroepen in het middensegment, maar komen ook aan de onderkant en aan de bovenkant voor. Deze grote spreiding komt deels doordat hier een grote en diverse groep mbo'ers samengenomen wordt. Het gaat in totaal om bijna drie miljoen mensen, ongeveer een derde van de totale Nederlandse beroepsbevolking. Het kan dus gaan om een vrachtwagenchauffeur met een mbo-2-opleiding, maar ook om een manager met een mbo-4-opleiding. De spreiding van mbo'ers over de loonverdeling plaatst ook een nuancering bij zorgen dat er in zijn algemeenheid minder kansen zouden zijn voor middelbaaropgeleiden.

Ongeveer 30 procent van de mbo'ers werkt in beroepen in de bovenste twee kwintielen van de inkomensverdeling. Bij de beroepen in het tweede en derde kwintiel zijn mbo'ers in de meerderheid: hier werkt ongeveer 55 procent van de mbo'ers. Het gaat hier om relatief grote beroepsgroepen in transport, techniek en bouw, zoals timmerlieden en vrachtwagenchauffeurs. Maar tegelijkertijd bevinden zich in deze groep ook veel administratieve beroepen, zoals boekhouders, secretaresses en administratief medewerkers. Het is vooral de werkgelegenheid in deze laatste beroepen die onder druk staat door het toenemend gebruik van ICT. Veel taken die voorheen door administratief medewerkers of boekhouders en hun assistenten werden gedaan, zoals het maken van berekeningen, planningen en het archiveren van documenten, zijn nu voor een groot deel geautomatiseerd.

Dit betekent echter niet dat deze beroepen op het punt staan te verdwijnen. Zo werken er in Nederland nog steeds ruim 60.000 secretaresses en 100.000 boekhouders. De werkgelegenheid is gedaald, maar daarnaast is de inhoud van het werk ook veranderd door gebruik te maken van de mogelijkheden die nieuwe technologie biedt. Secretaresses die voorheen vooral met typen, het aannemen van de telefoon en het verdelen van de faxberichten bezig waren, doen nu andere taken, zoals planning en projectmanagement (zie *NRC* 2015). Hier is dus een duidelijke verschuiving van taken binnen een beroep te zien van meer routinematig werk dat nu door computers is overgenomen (e-mail die de fax vervangt) of met ICT eenvoudig door mensen zelf gedaan wordt (het tikken van een tekst), naar meer sociaal en analytisch werk.

Tevens zijn er in deze categorie beroepen te vinden waar de werkgelegenheid toeneemt. De werkgelegenheid in de zorg is gestegen, wat de arbeidsmarktkansen voor verzorgenden met een mbo-opleiding en medisch praktijkassistenten ten goede is gekomen. Met de toenemende technologische ontwikkeling in de gezondheidszorg ontstaan meer mogelijkheden voor behandelingen die ook weer leiden tot een toenemende vraag naar zorg. De nieuw ontwikkelde machines moeten immers ook bediend en onderhouden worden, wat leidt tot nieuwe werkgelegenheid.

ONDERSTE SEGMENT

Aan de onderkant ontstaat vooral werk in beroepen in de persoonlijke dienstverlening, zoals kinderopvang en sportinstructeurs. Een verklaring hiervoor wordt geboden door Autor en Dorn (2013). Zij laten aan de hand van data uit de Verenigde Staten zien dat hoogopgeleiden steeds vaker taken die voorheen in het gezin gedaan werden (zoals koken, schoonmaken en de verzorging van kinderen), nu uitbesteden aan de markt. Daarmee ontstaat werkgelegenheid aan de onderkant. Door de toegenomen en nog steeds stijgende welvaart neemt de vraag naar deze diensten verder toe (Mazzolari en Ragusa 2013). Een andere verklaring voor de stijgende vraag naar persoonlijke dienstverlening in met name de zorgsector in Europa lijkt het gevolg te zijn van de vergrijzende bevolking (Moreno-Galbis en Sopraseuth 2014). Het lijkt er op dat de vraag naar dit soort werk relatief inkomens-elastisch is, wat bijdraagt aan een toenemend aandeel van deze beroepen.

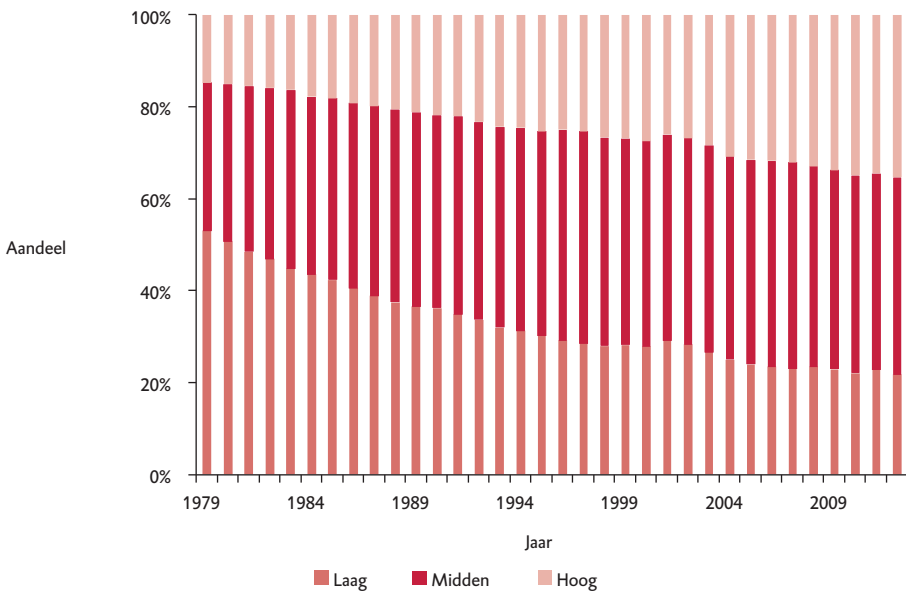
Een andere oorzaak van banengroei aan de onderkant is dat de beroepen die we daar vinden vaak niet-routinematig handvaardige taken bevatten, zoals het bedienen van een gezelschap in een restaurant, schoonmaakwerk of het besturen van een taxi. Dit zijn taken die, hoewel voor de meeste mensen eenvoudig uit te voeren, tot op heden lastig te automatiseren zijn. Vaak heeft dit werk ook een belangrijke sociale component die het, zelfs als het mogelijk is, misschien niet interessant maakt om het werk te automatiseren. Denk hierbij aan een gesprek met de kapper of de taxichauffeur, of de interactie met een ober of kok die een bezoek aan een restaurant leuker maakt.

Hoewel aan de onderkant dus de werkgelegenheid in de dienstverlening toeneemt, betekent dit niet dat de lonen daardoor meestijgen. Doordat deze taken door veel mensen relatief eenvoudig te doen zijn, leidt een toenemende werkgelegenheid snel tot een instroom van mensen die in het middensegment moeilijker aan de bak komen. Dit is bijvoorbeeld te zien in de groep havisten die vaker aan de onderkant werken dan voorheen. De lonen staan daarom aan de onderkant onder druk (De Graaf-Zijl et al. 2015b; Van den Berge en Ter Weel 2015). Een andere oorzaak van druk op de lonen is dat er weinig productiviteitswinst wordt geboekt in deze beroepen. Dit drukt de (relatieve) lonen ten opzichte van beroepen waar die winst wel wordt geboekt.

5.5 GEVOLGEN VOOR ARBEIDSMARKTUITKOMSTEN: LONEN EN WERKLOOSHEID

De analyses laten zien dat het werkgelegenheidsaandeel van beroepen in het midden van de loonverdeling afneemt, terwijl het aandeel aan de onder- en bovenkant groeit. Deze veranderingen hebben een vraagcomponent, zoals hierboven aangegeven, maar het arbeidsaanbod is in Nederland ook veranderd. Zo is het aandeel van hoogopgeleiden in de beroepsbevolking de afgelopen vijftien jaar toegenomen, terwijl dat van laagopgeleiden is gedaald (figuur 5.5). Het aandeel middelbaaropgeleiden is ongeveer gelijk gebleven, maar binnen deze groep wel verschoven van de lagere mbo-niveaus naar mbo-4. De veranderingen in het aanbod zijn vooral het gevolg van aanwas die hoger geschoold is dan de oudere werknemers die uittreden (Bosch en Ter Weel 2013).

Figuur 5.5 Ontwikkeling van het arbeidsaanbod naar opleidingsniveau

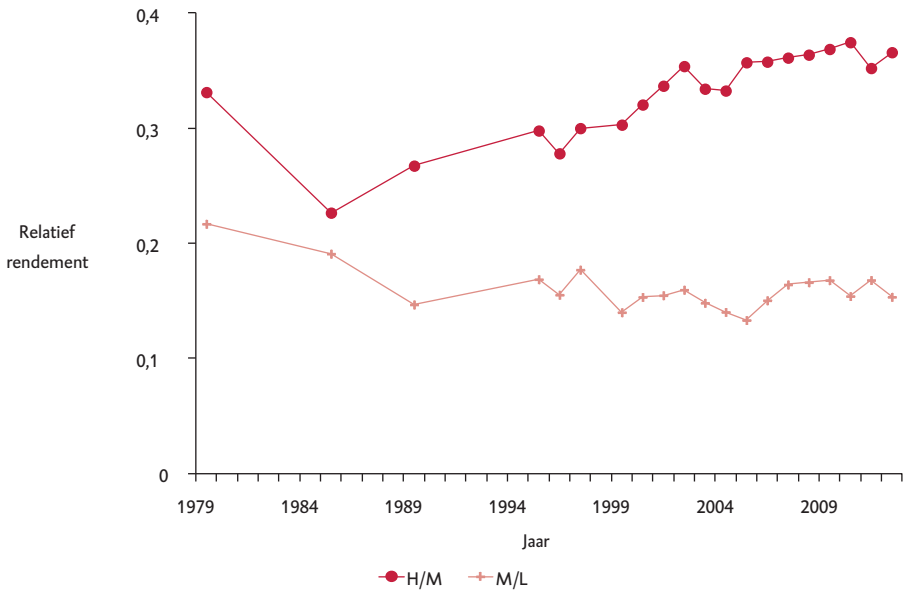


Vraag- en aanbodaanpassingen op de arbeidsmarkt lopen via prijzen of aantallen. Op de arbeidsmarkt hebben we het dan over lonen en werkloosheid. In een competitieve markt zou door het hogere arbeidsaanbod van hoogopgeleiden bij een gelijkblijvende vraag het loon zijn gedaald, of de werkloosheid zijn opgelopen (als er geen verdringing plaatsvindt).

LONEN

De loonontwikkeling laat zien dat de relatieve lonen van hoogopgeleiden sinds de jaren tachtig zijn gestegen. Het relatieve loon van middelbaar- en laagopgeleiden is daarentegen achtergebleven. Het loon dat met een bepaald opleidingsniveau verdient kan worden ten opzichte van een ander niveau, wordt door economen het rendement genoemd. Dit is hier gedefinieerd als het extra loon dat iemand met een hbo- of wo-opleiding verdient ten opzichte van iemand met een middelbare opleiding. Het blijkt dat het rendement van een hogere opleiding ten opzichte van een middelbare opleiding vrijwel consequent is gestegen sinds 1985 van ongeveer 25 procent naar bijna 40 procent (figuur 5.6). Dit in tegenstelling tot het rendement van een middelbare opleiding ten opzichte van een lagere opleiding, dat vrijwel constant is gebleven op ongeveer 20 procent. Zelfs bij een olopend aanbod van hogeropgeleiden zijn de rendementen op hoger onderwijs gestegen. Dit betekent dat de vraag naar hoger opgeleide mensen nog sterker is gestegen dan hun aanbod en dat met name zij hebben geprofiteerd van de technologische verandering.

Figuur 5.6 Rendementsontwikkeling van hoogopgeleiden en van middelbaaropgeleiden

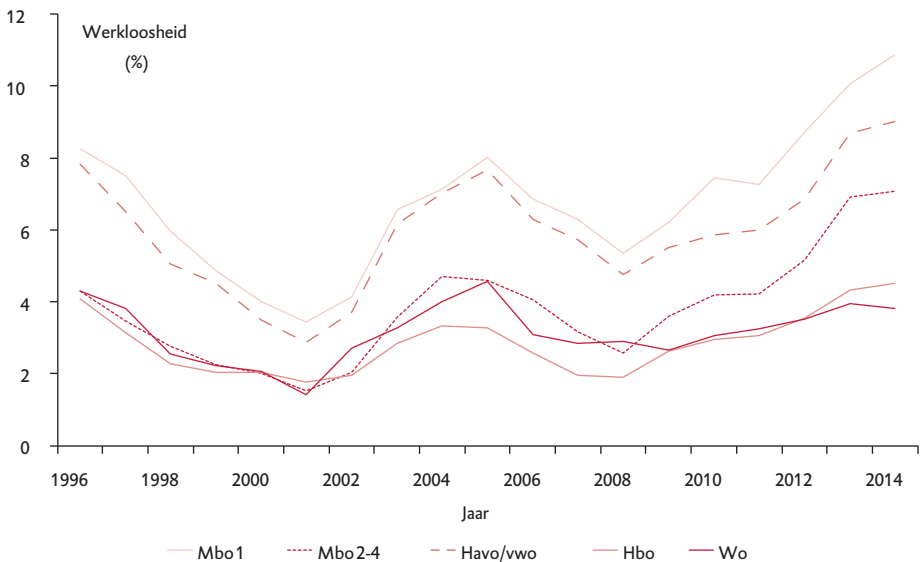


WERKLOOSHEID

Als lonen zich niet (kunnen) aanpassen aan een veranderende vraag, zal dit gevolgen hebben voor de werkgelegenheid. Figuur 5.7 laat zien dat de werkloosheid onder mbo-opgeleiden tot 2003 vrijwel gelijk opging met die van hoogopgeleiden. Echter, sinds 2003 lijkt de werkloosheid onder mbo'ers hoger te liggen. Het is nog te vroeg om te bepalen of hier sprake is van een trend, maar de bewegingen in de

werkloosheid suggereren dat middelbaaropgeleiden het moeilijker hebben gekregen. In de periode 1996-2001 daalde de werkloosheid onder mensen met een diploma mbo-2, -3 of -4 van ongeveer 4 procent naar 2 procent, om daarna langzaam maar zeker toe te nemen naar ruim 7 procent. De werkloosheid onder hoogopgeleiden is echter vergelijkbaar gebleven met die van eind jaren negentig. Ook de langdurige werkloosheid is relatief sterk gestegen onder middelbaaropgeleiden in de periode 2008-2014 (De Graaf-Zijl et al. 2015a).

Figuur 5.7 Werkloosheidsontwikkeling naar opleidingsniveau, 1996-2014



5.6 CONCLUSIE

Technologische ontwikkeling is een bron van welvaart en werkgelegenheid. De huidige, vooral door ICT gedreven technologische veranderingen hebben onze welvaart verhoogd. Ook lopen de Nederlandse arbeidsproductiviteit en het gemiddelde inkomen per hoofd van de bevolking relatief gelijk op. De onderliggende verdeling van de inkomenskoek lijkt echter minder gelijk te worden en ook de kansen op de arbeidsmarkt zijn voor bepaalde groepen aan het verslechteren. Deze trends lijken sterk verbonden te zijn met de opkomst en diffusie van ICT vanaf de jaren zeventig van de vorige eeuw. Op basis van de analyses in dit hoofdstuk trekken we twee conclusies.

De eerste conclusie is dat de impact die technologische verandering heeft op de arbeidsmarkt van werknemers vraagt dat zij zich aanpassen aan de veranderende eisen en vraag. Voor een belangrijk deel gaat dit proces vanzelf, doordat jonge men-

sen met een aan de technologie aangepaste opleiding instromen op de arbeidsmarkt. De vraag op de arbeidsmarkt verandert in de richting van meer interactieve taken. Extra investeringen in dit type kennis en vaardigheden als onderdeel van het curriculum op alle onderwijsniveaus lijken dan ook nuttig voor een succesvolle aansluiting van onderwijs op arbeidsmarkt.⁶ Oudere werknemers die reeds langere tijd werken, hebben te maken met technologische schokken die een deel van hun kennis en vaardigheden minder gewild maken. Indien zij hun kennis en vaardigheden niet aanpassen of niet in staat zijn om zich aan te passen, verslechteren hun verdienvermogens en arbeidsmarktperspectieven. Omdat deze investering waarschijnlijk niet altijd op de markt tot stand komt, zouden opleidingsvouchers of belastingvoordelen ingezet kunnen worden om mensen te stimuleren zich om te scholen of in geval van drop-out een opleiding af te maken. Naast investeringen in inzetbaarheid in de huidige baan, is mobiliteit van belang. Nederlandse instituties zetten echter een rem op mobiliteit en (om)scholing. Zo is de mate van ontslagbescherming gerelateerd aan het aantal dienstjaren en is het vanwege pensioenbreuken onaantrekkelijk om van beroep en/of sector te wisselen, vooral na een langer dienstverband. Het is daarom niet verrassend dat oudere werknemers en mensen zonder beroepsopleiding in beroepen werkzaam zijn die krimpen en minder aantrekkelijk worden qua werkzaamheden.

De tweede conclusie is dat de diffusie van ICT op verschillende manieren effect heeft op de vraag naar arbeid en daarmee de arbeidsmarktkansen van werkenden beïnvloedt. De toekomst laat zich slecht voorspellen, maar het patroon van diffusie lijkt op andere doorbraaktechnologieën (Borghans en Ter Weel 2007). De kosten van ICT dalen nog steeds relatief snel waardoor steeds meer toepassingen mogelijk zijn geworden. Nieuwe toepassingen kunnen *complementair* aan arbeid zijn, waardoor de vraag naar werknemers stijgt, maar zij kunnen ook een *substituut* voor arbeid zijn, waardoor de vraag naar bepaalde type werknemers en vaardigheden verschuift en/of daalt. Bij de eerste golf van ICT (mainframes, automatisering van zwaar werk, personal computers) werden relatief eenvoudige en zware taken overgenomen door computertechnologie. Dit was vooral in het nadeel van laagopgeleiden en in het voordeel van middelbaar- en hoogopgeleiden. De huidige golf van informatietechnologie en vooral communicatietechnologie vervangt voor een deel de taken van middelbaaropgeleiden en is wederom in het voordeel van hoogopgeleiden. De taken die nu worden overgenomen zijn wat ingewikkelder om te automatiseren. Tegelijkertijd zien we een vorm van herstel aan de onderkant van de arbeidsmarkt. Laagopgeleide werkenden ondervinden weliswaar substitutie door nieuwe technologie en voelen de druk van minder kansrijke middelbaaropgeleiden, maar tegelijkertijd stijgt de vraag naar laagopgeleiden omdat er nieuwe diensten en producten zijn opgekomen die voorheen buiten hun bereik waren. Als we de lijn doortrekken is het waarschijnlijk dat ook een deel van de taken van hogeropgeleiden wordt overgenomen door nieuwe technologie. We zien dit al gebeuren in juridische beroepen en de accountancy, maar er volgen vast toe-

passingen die ook kunnen worden ingezet om andere taken te automatiseren. In de transitie kan dit gepaard gaan met dynamiek in lonen en werkgelegenheid die we eerder aan de onderkant en nu in het middensegment van de arbeidsmarkt waarnemen. Er ontstaan echter nieuwe banen, op dit moment ook in het middensegment van de markt, doordat het aanbod op de arbeidsmarkt zich aanpast. Het is daarbij de vraag of aanpassingen in het hogere segment van de arbeidsmarkt soepeler verlopen dan aan de onderkant en in het middensegment. Aan de ene kant is dit waarschijnlijk, omdat hogeropgeleiden zich in het algemeen eenvoudiger aanpassen aan nieuwe omstandigheden en arbeidsvraag. Aan de andere kant is het absolute en relatieve verlies aan kennis en vaardigheden door technologieschokken mogelijk groter waardoor de aanpassing juist langer kan duren.

LITERATUUR

- Acemoglu, D. en D.H. Autor (2011) 'Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings', blz. 1043-1171 in: O. Ashenfelter en D.E. Card (red.) *Handbook of Labor Economics*, Amsterdam: Elsevier.
- Akçomak, I.S., L. Borghans en B. Weel (2011) 'Measuring and interpreting trends in the division of labour in the Netherlands', *De Economist* 159, 4: 435-482.
- Autor, D.H., L.F. Katz en A. Krueger (1998) 'Computing inequality: Have computers changed the labor market?', *Quarterly Journal of Economics* 113, 4: 1169-1214.
- Autor, D.H., F. Levy en R.J. Murnane (2002) 'Upstairs, downstairs: Computers and skills on two floors of a large bank', *Industrial en Labor Relations Review* 55, 3: 432-447.
- Autor, D.H., F. Levy en R.J. Murnane (2003) 'The skill-content of recent technological change: An empirical investigation', *Quarterly Journal of Economics* 118, 4: 1279-1333.
- Autor, D.H. en D. Dorn (2013) 'The growth of low skill service jobs and the polarization of the U.S. labor market', *American Economic Review* 103, 5: 1553-1597.
- Autor, D.H. (2015) 'Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation', *Journal of Economic Perspectives* 29, 3: 3-30.
- Becker, G.S. en K.M. Murphy (1992) 'The division of labor, coordination costs and knowledge', *Quarterly Journal of Economics* 107, 4: 1137-1160.
- Berge, W. van den en B. ter Weel (2015) *Baanpolarisatie in Nederland*, CPB Policy Brief.
- Bessen, J. (2015) 'Toil and technology', *Finance and Development* 52, 1.
- Bolton, P. en M. Dewatripont (1994) 'The firm as a communication network', *Quarterly Journal of Economics* 109, 4: 809-839.
- Borghans, L. en B. ter Weel (2006) 'The division of labour, worker organisation and technological change', *Economic Journal* 116, 509: F45-F72.
- Borghans, L. en B. ter Weel (2007) 'The diffusion of computers and the distribution of wages', *European Economic Review* 51, 3: 715-748.
- Borghans, L., R. Diris en B. ter Weel (2014) *Investerings in persoonlijke ontwikkeling verbeteren sociaaleconomische uitkomsten*, CPB Policy Brief.
- Bosch, N. en B. ter Weel (2013) 'Labour-market outcomes of older workers in the Netherlands: Measuring job prospects using the occupational age structure', *De Economist* 161, 2: 199-218.
- Brynjolfsson, E. en A. McAfee (2014) *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*, New York: ww Norton & Company.
- Butter, F. den en E. Mihaylov (2013) 'Veranderende vaardigheden op de Nederlandse arbeidsmarkt', *Economisch Statistische Berichten* 98, 4670: 618-621.
- Est, R. van en L. Kool (2015) *Werken aan de robotsamenleving: Visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid*, Den Haag: Rathenau Instituut.
- Fernandez, R. (2001) 'Skill-biased technological change and wage inequality: Evidence from a plant retooling', *American Journal of Sociology* 107, 2: 273-320.

- Ford, M. (2015) *Rise of the robots: Technology and the threat of a jobless future*, New York: Basic Books.
- Frey, C.B. en M.A. Osborne (2013) *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?*, Oxford: Oxford Martin School.
- Garicano, L. en E. Rossi-Hansberg (2006) 'The knowledge economy at the turn of the twentieth century: The emergence of hierarchies', *Journal of the European Economic Association* 4, 2-3: 396-403.
- Goos, M., A. Manning en A. Salomons (2014) 'Explaining job polarization: Routine-biased technological change and offshoring', *American Economic Review* 104, 8: 2509-2526.
- Graaf-Zijl, M. de, A. van der Horst en D. van Vuuren (2015a) *Langdurige werkloosheid: Afwachten en hervormen*, CPB Policy Brief.
- Graaf-Zijl, M. de, E. Josten, S. Boeters, E. Eggink, J. Bolhaar, I. Ooms, A. den Ouden en I. Woittiez (2015b) *De onderkant van de arbeidsmarkt in 2025*, Den Haag: CPB en SCP.
- Graetz, G. en G. Michaels (2015) *Robots at work*, CEPR Discussion Paper 10477.
- Groot, L.F.M. en A. de Grip (1991) 'Technological change and skill formation in the bank sector', *Economics of Education Review* 10, 1: 57-71.
- Grossman, G.M. en E. Rossi-Hansberg (2008) 'Trading tasks: A simple theory of offshoring', *American Economic Review* 98, 5: 1978-1997.
- Hubbard, T. (2003) 'Information, decisions, and productivity: On-board computers and capacity utilization in trucking', *American Economic Review* 93, 4: 1328-1353.
- Kremer, M. (1993) 'The O-ring theory of economic development', *Quarterly Journal of Economics* 108, 3: 551-575.
- Levy, F. (2008) 'Computers and the supply of radiology services: The anatomy of a disruptive technology', *Journal of the American College of Radiology* 5, 10: 1067-1072.
- Levy, F. en R.J. Murnane (2013) *Dancing with robots: Human skills for computerized work*, Washington: Third Way.
- Mazzolari, F. en G. Ragusa (2013) 'Spillovers from high-skill consumption to low-skill labor markets', *Review of Economics and Statistics* 95, 1: 74-86.
- Michaels, G., A. Natraj en J. van Reenen (2014) 'Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years', *Review of Economics and Statistics* 96, 1: 60-77.
- Mokyr, J., C. Vickers en N.L. Ziebarth (2015) 'The history of technological anxiety and the future of economic growth: Is this time different?', *Journal of Economic Perspectives* 29, 3: 31-50.
- Moreno-Galbis, E. en T. Sopraseuth (2014) 'Job polarization in aging economies', *Labour Economics* 27, 1: 44-55.
- NRC Handelsblad (2015) *Hallo robots, dag boekhouders; Van mens naar machine*, 9 juli.
- Timmer, M.P., A.A. Erumban, B. Los, R. Stehrer en G.J. de Vries (2014) 'Slicing up global value chains', *Journal of Economic Perspectives* 28, 2: 99-118.
- Weel, B. ter, A. van der Horst en G. Gelauff (2010) *The Netherlands of 2040*, Den Haag: CPB.

- Weel, B. ter (2014) 'Mens en robot vullen elkaar aan', *ESB Blog*, 29 september.
- Weel, B. ter (2015) 'De match tussen mens en machine', *Beleid en Maatschappij* 42, 2: 156-170.
- Weel, B. ter en S.J. Kok (2013) *De Nederlandse arbeidsmarkt in taken: Eerste bevindingen uit de Nederlandse Skills Survey*, Den Haag: CPB.

NOTEN

- 1 Deze paragraaf is voor een groot deel overgenomen uit en/of gebaseerd op Ter Weel (2015).
- 2 Naar het fenomeen van toenemende kracht en dalende prijzen wordt wel eens gerefereerd als Moore's law. Deze wet stelt dat het aantal transistors in een geïntegreerde schakeling door de technologische vooruitgang iedere twee jaar verdubbelt. Zie bijvoorbeeld Autor et al. (1998) en Borghans en Ter Weel (2007).
- 3 Voor een uitgebreide analyse van deze processen en formele modellen die de precieze mechanismen beschrijven en kwantificeren, zie Becker en Murphy (1992), Bolton en Dewatripont (1994), Borghans en Ter Weel (2006), Garicano en Rossi-Hansberg (2006), Grossman en Rossi-Hansberg (2008), Ter Weel et al. (2010) en Akçomak et al. (2011).
- 4 De tekst in deze paragraaf is grotendeels overgenomen uit Ter Weel (2014) en Van den Berge en Ter Weel (2015).
- 5 De onderstaande casestudies zijn voor een groot deel ontleend aan de casestudies die worden besproken in de studie van Ter Weel en Kok (2013).
- 6 Borghans et al. (2014) geven een overzicht van de mogelijkheden en opbrengsten van investeringen in niet-cognitieve vaardigheden.

LESSEN UIT DE ROTTERDAMSE HAVEN

Kees Marges

Nieuwe technologieën zijn drijvende krachten achter de vooruitgang en toenemende welvaart. Maar wie er zijn werk en inkomen door verliest, waardeert dat anders. Als er geen uitzicht bestaat op een aanvaardbaar alternatief, leidt verlies van werkgelegenheid en inkomsten als gevolg van automatisering en robotisering tot lijdzaam of actief verzet. Dit geldt temeer als basisbehoeften zoals voeding, wonen en gezondheid van werknemers door automatisering in gevaar komen. De vraag is of er vandaag de dag nog genoeg beleidsinstrumenten zijn om werknemers tegemoet te komen.

Stuk voor stuk als stukgoed

Toen er rond 1900 in de Rotterdamse haven nieuwe arbeidsbesparende en productieverhogende technologieën werden doorgevoerd, leidde dit tot stakingen van havenarbeiders. Zo resulteerde de invoering van elektrische kranen rond 1896 in een aanzienlijke productiestijging, maar leidde zij tegelijk tot verlies van arbeidsplaatsen. De ingebruikname in 1907 van elevatoren (graanzuigers) maakte het mogelijk om het als droge bulk in de ruimen gestorte graan met graanzuigers te lossen. Dat ging veel sneller en efficiënter dan met grijpers. En dat ging weer sneller dan balen graan stuk voor stuk (dus als stukgoed) door de havenwerkers op hun schouders te laten lossen. Maar dit ging wel gepaard met verlies aan werkgelegenheid. Een soortgelijke verandering vond plaats bij het vervoer van olie. In plaats van olie te vervoeren in drums die één voor één uit het schip op de kade gezet moesten worden, werd olie als vloeibaar massagoed (natte bulk) direct in de ruimen geladen. Bij aankomst in de loshaven werd de olie uit het schip in grote tanken aan wal gepompt. Beide vormen van toen nieuwe technologie zorgden voor een grote verhoging van de efficiency en productie van terminals, waardoor schepen korter in de havens bleven liggen. Schepen konden zo meer vervoeren en daardoor meer inkomsten genereren. Ook hierbij liep echter de vraag naar arbeid flink terug.

De aandacht is de laatste jaren vooral gericht op het vervoer van stukgoed, zoals kisten, dozen, blikken, vaten en fruit. Het vervoer daarvan in containers met standaardafmetingen begon in de VS in de jaren vijftig van de vorige eeuw. De methode van verpakking van stukgoederen in containers met in feite maar twee maten (de één tweemaal zo lang als de andere), maakte het mogelijk van dat laad- en losproces een continu proces te maken. Dat bood de mogelijkheid het proces vergaand te automatiseren en robotiseren, inclusief het transport en de opslag op de kade. Deze technologische innovatie verspreidde zich daarna over de hele wereld en leidde tot een revolutie in het vervoer en laden en lossen van stukgoed. De efficiency en productiviteit van het vervoer over lange afstanden en de op- en overslag in havens nam dramatisch toe. Dat ging wel ten koste van veel werkgelegenheid, net als destijds de automatisering van het vervoer van graan en olie. En voor zover overbodig geworden werknemers aan de slag konden blijven, kwam

dat vooral door de toegenomen vraag naar goederen. Een tweede factor was de grotere behoefte om halfproducten van de ene uithoek van de wereld naar de andere te vervoeren – om aldaar te worden opgebouwd tot eindproducten, die ook weer vervoerd moesten worden, dikwijls naar de plaatsen waar de halfproducten vandaan kwamen.

Containers

In tegenstelling tot wat sommige economen beweerden, ontstonden door de containerisatie van het vervoer van stukgoed niet voldoende nieuwe banen om het verlies van werkgelegenheid te compenseren. De eerste speciaal voor de overslag van containers opgerichte terminal in Rotterdam, die startte in 1967, kon met een havenwerker net zoveel lading verwerken als negen havenwerkers op de traditionele stukgoedterminals. Inclusief de nieuwe banen die ontstonden, werd de verhouding drie op een. Die nieuwe banen betroffen een ander soort werk waar zwaardere opleidingen voor nodig waren. Deze terminal, die in Rotterdam-Zuid begon als gespecialiseerde containerterminal, is eerder dit jaar gestopt en vervangen door *state-of-the-art* terminals op de Tweede Maasvlakte. De vermindering van het aantal arbeidsplaatsen, de inhoudelijke verandering van de arbeid en de stijging van productiviteit gaan door op de nieuwste containerterminals dankzij de steeds verdergaande automatisering en robotisering. Dat geldt voor het werk op de kade, maar nu veel meer dan voorheen ook bij kantoorfuncties en management – de groep die ooit werd aangeduid als hoofdarbeiders.

De almaar uitbreidende en effectievere containerisatie leidde in de late jaren zeventig en begin jaren tachtig tot de dreiging van duizenden ontslagen in de stukgoedsector. Dat zorgde voor veel onrust en acties. Er was in feite sprake van het verplaatsen van de overslag van traditionele stukgoedterminals naar nieuw opgezette gespecialiseerde overslagbedrijven voor containers. Personeel voor die bedrijven werd vooral buiten de haven geworven. De eigenaren van die containerbedrijven waren dezelfde als de eigenaren van de achterblijvende stukgoedbedrijven, die veelzeggend werden aangeduid als sterfhuizen. De winst van de containerisatie kwam uiteindelijk terecht bij de eigenaren van de productiemiddelen zoals terminals en schepen, en de verliezen gingen in de vorm van werkloosheid naar de werknemers.

Met de vakbonden

Om de problemen van de dreigende ontslagen op te lossen kwamen de werkgevers en vakbonden in de Rotterdamse haven in 1985 na maanden onderhandelen overeen dat gedurende vijf jaar in de hele bedreigde stukgoedsector geen gedwongen ontslagen zouden vallen. Die afspraak leverde voldoende zekerheid op voor de werknemers en hun vakbonden om maatregelen waarmee dat ontslagverbod kon worden gerealiseerd, bespreekbaar en aanvaardbaar te maken. Die maatregelen waren:

- vrijwillig ontslag van havenwerkers ouder dan 57 ½ jaar, met behoud van 80 procent van het salaris tot aan de pensioengerechtigde leeftijd (in de praktijk betekende dat een werkloosheidsuitkering aangevuld door de werkgevers);

- arbeidstijdverkorting, zodat meer havenwerkers nodig waren voor hetzelfde werk en dus konden blijven werken;
- vrijwillige overplaatsing naar andere sectoren in de haven, die verplicht werden stukgoedwerkers aan te nemen, gecombineerd met om-, her- en bijscholing;
- meer havenwerkers in dienst van de havenpool SHB, die personeel leverde aan overslagbedrijven als die te maken kregen met extra veel werk. Een deel van de loonkosten van de SHB werd betaald uit het Algemeen Werkloosheidsfonds.

Het aantal werknemers kon zo met 1500 verminderd worden op een totaal van 4500. Deze overeenkomst, die ook kritiek kreeg, was uniek, ten eerste vanwege de garantie dat gedurende vijf jaar geen gedwongen ontslagen zouden vallen. Ten tweede omdat juist dát uiteindelijk de deur opende voor het betrekken van de werknemers en hun vertegenwoordigers bij verdere technologische ontwikkelingen, zoals de aanleg van een nieuwe containerterminal op de Maasvlakte. De overeenkomst zorgde voor een klimaat in de haven, dat een sociaal aanvaardbare introductie van nieuwe arbeidsbesparende technologieën, zoals automatisering en robotisering, mogelijk maakte. Maar een overeenkomst zoals die in 1985 werd afgesloten, lijkt niet meer mogelijk. Het toen wel beschikbare geld lijkt er nu niet meer te zijn, tenzij de winst die voortvloeit uit de productiviteitsstijging daarvoor gebruikt zou kunnen worden. De havenpool SHB bestaat niet meer en de inmiddels ingevoerde wetgeving verhindert de toepassing van vergelijkbare constructies, dus met werkloosheidsuitkeringen en aanvullingen daarop door werkgevers. Tegelijkertijd zullen de nieuwe technologieën en robotisering nog ingrijpender gevolgen hebben dan we in de vorige eeuw hebben gezien. In de havens, maar ook daarbuiten.

WACHTEN OP ALICE: TECHNOLOGIE IN DE THUISZORG

Monique Kremer

In de documentaire *Alice en ik*, krijgt mevrouw Van Wittmarschen (88) bezoek van een robot. In eerste instantie lijkt dat zielig: is er echt niemand van vlees en bloed die bij de oude mevrouw op bezoek kan komen? Maar na verloop van tijd bouwen ze een tedere band met elkaar op. Alice, gemaakt van plastic en chips, steelt het hart van de mevrouw.

Al meer dan twee decennia zijn de verwachtingen hooggespannen rond allerlei technologische vernieuwingen in de thuiszorg, vooral van beeldschermzorg, leefstijlmonitoring, domotica, sensoren en, in mindere mate, robots. Want zou het niet veel geld en werk schelen als zorg-behoevenden via hun iPad contact kunnen hebben met verpleegkundigen? Of als er signalen afgaan in ‘de zorgcentrale’ wanneer medicijnen niet zijn ingenomen of de koelkastdeur openstaat?

De beloften worden niet ingelost, vertelt José Peeters (2013), senior-onderzoeker bij het NIVEL. “Niet zo lang geleden heerste het doemscenario dat er in de thuiszorg grote arbeidstekorten zouden ontstaan. Nu heerst het doemscenario dat robots al het werk zullen overnemen. Maar het gaat juist helemaal niet snel met technologische innovaties in de thuiszorg, integendeel. Investeringskosten zijn vaak heel kostbaar, en in het versnipperde Nederlandse landschap is de vraag wie die moet doen. Thuiszorgorganisaties zijn al lang blij als ze het hoofd boven water kunnen houden; gemeenten worstelen met hun nieuwe WMO-taken en budgettaire kortingen; en de nationale overheid wil wel stimuleren maar niet financieren. In Nederland leveren investeringen ook niet meteen wat op. In Finland, waar mensen veel verder van elkaar wonen, is al snel winst te boeken als een zieke, alleenstaande man in een afgelegen dorp kan ‘beeldbellen’ met de thuiszorg.”

Jeannette Pols, hoogleraar aan de Universiteit van Amsterdam en betrokken bij een aantal technologieprojecten schetst eenzelfde beeld: “Bedrijven als Philips en Siemens begonnen in de jaren negentig enthousiast te investeren in apparaten voor thuisgebruik maar daar zijn ze in Nederland mee gestopt. Het is te ingewikkeld om van de grond te krijgen. In plaats van direct leveren aan patiënten, moet de industrie ook onderhandelen met zorgorganisaties en professionals. Investeren in technologische ontwikkelingen in ziekenhuizen is echt wat anders dan in de thuiszorg, waar het veel moeilijker is om projecten op te schalen. In Nederland komt langdurige financiering niet van de grond omdat de zorg als markt georganiseerd wordt, en geen van de betrokken partijen kan zeggen: zo gaan we het doen. In Engeland regisseert de National Health Service de introductie van telezorg met ferme hand, maar daardoor ontstaan ook missers.”

De wereld van de techniek en die van de zorg kunnen behoorlijk schuren. “Techneuten verzinnen prachtige dingen waar mensen helemaal geen behoefte aan hebben. Ze maken het alleen omdat het kan. Wat helpt is om beter te kijken wat mensen nodig hebben.”

De meeste technologische vernieuwingen zijn bovendien helemaal niet arbeids- of kostenbesparend gebleken – zover is het nog lang niet. Vaak kost het juist extra tijd en menskracht. “Nieuwe technieken worden als pilot ingezet en komen dan bovenop de reguliere zorg”, vertelt Peeters. Ze ziet wel dat de zorg voor de patiënt erdoor verandert: de regie ligt veel meer bij de patiënt, de thuiszorg wordt coachend, kijkt mee. Sommige verpleegkundigen lopen voorop bij technologische vernieuwing, maar er zijn ook ontslagen omdat mensen geen ICT-vaardigheden wilden leren, vertelt Peeters. “In de opleiding is er nog helemaal geen plaats voor technologie”. Maar het aanleren van ICT is echt niet het belangrijkste. “Doordat het zorgproces verandert door nieuwe technologie, zijn er andere houdingen en vaardigheden nodig. Er zal meer behoefte zijn aan mensen die kunnen coachen en die alles overzien.”

Nieuwe technieken zorgen ook voor nieuwe ethische vraagstukken. Technische systemen haperen nog wel eens. En wie is er aansprakelijk als door uitgevallen sensoren een dementerende mevrouw na een val niet meteen weer op haar benen wordt gezet? Huisgenoten kunnen door nieuwe technologie meer verantwoordelijkheid krijgen. Ook zetten nieuwe technieken die contacten, leefstijlen en bewegingen opslaan het privacydebat op scherp. Als iemand contact zoekt met de thuiszorg is dat in zekere zin nog een eigen keuze, maar met sensoren in huis worden als vanzelf alle data naar de centrale gestuurd. En als straks (?) *face-to-face* contact standaard wordt omgezet in *screen-to screen* contact, mogen patiënten – en verpleegkundigen – die dat niet willen dan nog wel kiezen voor de ‘klassieke’ zorg? (Peeters et al. 2013)

Toch omarmen nu veel patiënten technologie in de thuiszorg – als die tenminste aansluit bij hun noden en wensen. Peeters: “Patiënten vinden het vaak heel leuk om mee te doen met projecten, vooral als het met de iPad of computer gepaard gaat. Dan kunnen ze niet alleen communiceren met de zorgcentrale maar ook met hun kleinkinderen.” In de Achterhoek bijvoorbeeld ‘beeldbel-len’ 1000 mensen met hun iPad met de thuiszorgorganisatie – tot tevredenheid van patiënten en verpleging. Pols: “Ziekte is iets sociaals, mensen willen graag communiceren om persoonlijk advies en steun te krijgen. Daarom blijken de nieuwe technieken vaak niet arbeidsbesparend uit te pakken. Dan zetten mensen bijvoorbeeld heel lang de koelkast open om toch even gebeld te worden door de thuiszorg. Ik zie daarom voor de toekomst vooral heil in internet-netwerken van patiënten, maar ook in sociale robots, zoals het robotzeehondje Paro dat ingezet wordt bij dementerende ouderen. Of in Alice.” Maar dat zal nog wel even op zich laten wachten.

LITERATUUR

Peeters, J., T. Wieggers, J. de Bie en R. Friele (2013) *Technologie in de zorg thuis. Een wereld te winnen!* CCTR en NIVEL. Utrecht: NIVEL.

Pols, J. (2012) *Care at a distance. On the closeness of technology*, Amsterdam: Amsterdam University Press.

6 HOE AUTOMATISERING HET KARAKTER VAN WERK VERANDERT

*Edward Skidelsky*¹

6.1 INLEIDING

In 1891 maakte Oscar Wilde een wonderlijk uitstapje naar de politieke economie. Het resultaat was zijn essay *Individualisme en socialisme* (The Soul of Man under Socialism), beslist een van de merkwaardigste bijdragen aan het genre die ooit zijn gepubliceerd. Hierin schetst hij een aantal opmerkelijke toekomstbeelden, waaronder een voorstelling van machines als een nieuwe klasse van slaven:

“Machinery must work for us in coal mines, and do all sanitary services, and be the stoker of steamers, and clean the streets, and run messages on wet days, and do anything that is tedious or distressing. (...) The fact is, that civilisation requires slaves. The Greeks were quite right there. Unless there are slaves to do the ugly, horrible, uninteresting work, culture and contemplation become almost impossible. Human slavery is wrong, insecure, and demoralising. On mechanical slavery, on the slavery of the machine, the future of the world depends” (Wilde 1891).²

Dat had hij voor een groot deel goed voorzien. In de landbouw en de industrie heeft de mechanisering reeds geleid tot het verdwijnen van veel (niet alle) ‘ugly, horrible, uninteresting work’. In de dienstensector, van oudsher het domein van de mens, doet zich inmiddels hetzelfde voor. Secretaresses, receptionistes, caissières en bankbedienden beginnen allemaal uit de tijd te raken. Binnenkort zullen er ongetwijfeld andere beroepen volgen. In de ontwikkelde wereld kun je tegenwoordig dagenlang aangenaam doorbrengen zonder dat je contact met iemand hoeft te hebben.

De meeste economen hebben geen moeite met deze ontwikkeling. De bewering dat machines ‘onze banen inpikken’ doen zij af als een naïeve vergissing. In een concurrerende markt, zo stellen zij, zou de koopkracht die de automatisering heeft opgeleverd, voldoende moeten zijn om overbodig geworden arbeidskrachten weer aan het werk te helpen in nieuwe (en waarschijnlijk interessantere) activiteiten. Deze opvatting leek lange tijd steek te houden. In de jaren vijftig en zestig van de vorige eeuw bleef de werkgelegenheid hoog ondanks dat de productiviteit groeide. De laatste tijd zijn er echter twee ontwikkelingen die het optimisme temperen.

De eerste is het verschijnsel ‘baanloze groei’. In Amerika is de productiviteit tussen 2000 en 2009 jaarlijks gemiddeld met 2,5 procent toegenomen, met name dankzij de computerrevolutie. Dat is de snelste stijging sinds de jaren zestig. In diezelfde periode kwamen er echter geen nieuwe banen bij. De werkgelegenheid daalde zelfs met 1,1 procent, ondanks een bevolkingstoename van 30 miljoen (Brynjolfsson en

McAfee 2011).³ In andere ontwikkelde landen zijn vergelijkbare trends gesignaleerd. De conclusie is dan ook onontkoombaar: machines pikken onze banen in. En dat is ook niet verrassend als je bedenkt dat recente productiviteitsverbeteringen vooral ten goede zijn gekomen aan de allerrijksten, die ze hebben omgezet in investeringen. Twintig jaar groei hebben weinig meer opgeleverd dan een speculatieve zeepbel.

Door de mechanisering zijn er niet alleen banen verdwenen, maar zijn sommige banen ook verschaald. Dat geldt met name in de dienstverlening. Callcenter-medewerkers, winkelpersoneel, receptionistes, en zelfs artsen en leerkrachten zitten dankzij de computertechnologie in een steeds strakker keurslijf van toezicht en controle. Dit verschijnsel wordt wel ‘digitaal taylorisme’ genoemd, naar de grondlegger van het wetenschappelijk management, F.W. Taylor.⁴ Procedures worden gestandaardiseerd. Er is steeds minder ruimte voor eigen beoordeling en vertrouwen. Overal is sprake van het ‘uitrollen’ van ‘best practices’. Het effect op alle betrokkenen is demotiverend. Werknemers hoeven steeds minder te kunnen en hun onderhandelingspositie wordt uitgehold – een factor die meespeelt in de toenemende inkomensongelijkheid. Patiënten, leerlingen en klanten krijgen het gevoel dat ze het lijdend voorwerp zijn in een onpersoonlijk proces, waar niemand verantwoordelijk voor is en dat niemand iets kan schelen.

Dit alles lijkt in de verste verte niet op Oscar Wilde’s beeld van slaafse machines die de niet-werkende mens verzorgen. Wat is er fout gegaan? Deels is het een probleem van economische organisatie. Als er echt minder werk komt, zou het misschien verstandig zijn om mensen van een inkomen te voorzien dat losstaat van arbeid, oftewel een basisinkomen. Maar dat is niet gebeurd. We zijn vast blijven zitten aan een aangepaste versie van de oude Sovjet-doctrine ‘wie niet werkt, zal ook niet eten’. De vrije tijd die iedereen had moeten krijgen, wordt daardoor een straf voor een kleine groep in de nare vorm van werkloosheid.

Maar zelfs als we het organisatorische probleem zouden kunnen oplossen, zou Wilde’s visioen van mechanische slavernij nog steeds geen werkelijkheid worden. Het punt is namelijk dat machines geen slaven zijn, zelfs niet een beetje. Ze zijn immers – om intrinsieke en niet alleen om technische redenen – niet in staat om menselijke dienstverlening te kopiëren. Ze kunnen het wel, maar ze doen het slecht. (Wie wel eens heeft geprobeerd om NHS Direct te bellen of sushi te eten van een lopende band, weet wat ik bedoel.) Hoe komt dat? Waarom zijn machines, die in de industrie zulke wonderen hebben verricht, van twijfelachtig nut als het om dienstverlening gaat? Die vraag wil ik hier beantwoorden.

6.2 POESIS EN PRAXIS

Waaruit bestaat nu precies het verschil tussen goederen en diensten? Dit onderscheid gaat ten minste terug tot Adam Smith en is ook terug te vinden in de nationale rekeningen van de meeste landen. In de *mainstream* economische theorie speelt het doorgaans echter geen grote rol. Daarin gelden goederen en diensten allebei als handelswaar waarop de algemene wetten van vraag en aanbod van toepassing zijn. De onderlinge verschillen zijn puur cosmetisch.

Er moet echter een belangrijk onderscheid worden gemaakt, dat niet helemaal overeenkomt met het gangbare onderscheid tussen goederen en diensten. Het gaat om het onderscheid tussen twee vormen van menselijk handelen, die wij kunnen aanduiden met de benamingen die Aristoteles hiervoor gebruikte: *poesis* en *praxis*.⁵ *Poesis* wordt meestal geïllustreerd met voorbeelden zoals het maken van een vaas, een schoen of een ander voorwerp, maar is niet beperkt tot dat soort zaken. Het schoonmaken van een huis of het creëren van politieke onrust in Irak geldt ook als *poesis*, hoewel het doel geen stoffelijk voorwerp is maar een toestand. In algemene zin is er sprake van *poesis* als een handeling een middel is om een buiten de handeling gelegen doel te bereiken. Dat betekent dat zo'n handeling – in theorie of zelfs in de praktijk – kan worden vervangen door een andere handeling. Als je een huis zou kunnen schoonmaken door een magische formule uit te spreken, zouden we dat waarschijnlijk doen. Het gaat erom dat het huis schoon wordt.

Terwijl *poesis* een extern doel heeft, is het doel van *praxis* gewoon goede *praxis* als zodanig. De uitvoerende kunsten en spellen zijn de duidelijkste voorbeelden. Een schaker moet hoe dan ook het doel hebben om goed te schaken, anders kun je het geen spelen noemen. Koken voor vrienden, advies verlenen en een cadeautje geven zijn ook vormen van *praxis*, want zij zijn in eerste instantie gericht op succes bij de desbetreffende activiteit. *Praxis* is een uitdrukking van bepaalde vaardigheden en disposities van een handelende persoon. Zoals Dante het zo mooi verwoordt: het is de onthulling van diens eigen beeld.⁶ Daarom kan *praxis* niet worden gedelegeerd. Je kunt het geven van een cadeautje niet uitbesteden aan iemand anders, en als je het wel doet, is het cadeautje geen persoonlijke blijk van genegenheid meer, maar eerder een soort steekpenning. En dan is er sprake van *poesis*, niet van *praxis*.

Dit laat zien waarom in principe *poesis* wel kan worden geautomatiseerd en *praxis* niet. Bij *poesis* zijn alle middelen mogelijk om een gegeven doel te bereiken. Zodra het doel is bereikt, verdwijnt het middel uit beeld. Een schoon huis is een schoon huis, of het nu schoongemaakt is met een bezem, een stofzuiger of een robot. Je zou je niet bedrogen voelen als je wist dat het op de ene manier en niet op de andere was gedaan. Maar als de handeling zelf het doel is, gaat er bij mechanise-

ring iets verloren. Een etentje bij vrienden, hoe lekker het ook is, heeft een andere gevoelswaarde als je weet dat het kant-en-klaar is gekocht. Het eten blijft hetzelfde, maar het gebaar is toch anders.

Het onderscheid tussen poesis en praxis vormt de interessante kern van het onderscheid tussen productie en dienstverlening. Het verklaart waarom de meeste producten kunnen worden gemechaniseerd zonder dat er iets verloren gaat, maar de meeste diensten niet. Als de kosten en de kwaliteit hetzelfde zijn, kan het niemand iets schelen of een ladekast door een robot of met de hand is gemaakt. Maar stel dat wordt ontdekt dat een beroemde opname van pianist Horowitz in werkelijkheid na zijn dood met een computer is gemaakt. Dan zou er toch iets ontbreken, ook al was de misleiding perfect. Waardering voor pianomuziek berust, aldus filosoof Denis Dutton, op “een onuitgesproken aanname: dat het de tien vingers van één persoon zijn die het geluid produceren, zonder hulp. De opwinding die een virtuoze pianist veroorzaakt met een schitterende waterval aan tonen, hangt daar intrinsiek mee samen” (Dutton 2009: 187).

Anders dan de meeste popmuziek is een klassieke cd eigenlijk een opname van menselijk handelen. Het is een product van praxis, niet poesis, hoewel het in de nationale rekeningen wordt geclassificeerd onder ‘goederen’ en niet onder ‘diensten’. Ook de diensten van leerkrachten, artsen en verpleegkundigen vallen onder het kopje praxis. Hier is echter sprake van enige ambiguïteit, die een aanknopingspunt biedt voor mechaniseerders. Omdat onderwijs is gericht op een bepaald kennisniveau, kan het worden opgevat als ‘gewoon een middel’ waarmee deze toestand op allerlei verschillende manieren kan worden bereikt. Maar dat is een vergissing. Een chirurg kan iemand misschien meer rekenkundig inzicht geven door iets met zijn hersenen te doen, maar je kunt niet zeggen dat hij die persoon heeft leren rekenen. Onderwijs is er niet alleen op gericht om een bepaalde toestand tot stand te brengen, maar ook om die op een bepaalde manier tot stand te brengen. Het gaat in feite om rationele instructie, door middel van uitleg, voorbeelden, beschrijvingen en verhalen. Gemechaniseerd onderwijs, met alle multiplechoice-toetsen en MOOC's (*Massive Open Online Courses*) die daarbij horen, is eigenlijk tweederangs, hoewel het in bepaalde situaties misschien onvermijdelijk is. Op dezelfde manier is het werk van artsen en verpleegkundigen niet zomaar een middel naar het doel gezondheid, maar een vorm van zorg. Hun werk kan tot op zekere hoogte worden gemechaniseerd, maar alleen ten koste van de kwaliteit.

Overigens zijn niet alle diensten praxis. Schoonmaken is, zoals gezegd, een vorm van poesis, net zoals veel routinematig administratief werk. Veel van dit soort diensten zijn reeds gemechaniseerd, zonder dat er veel verloren is gegaan. Andere worden niet gemechaniseerd om puur technische redenen. Het is bijvoorbeeld las-

tig om een robot te maken die in de hoeken of onder het bed kan vegen. Maar vroeg of laat zal hij er komen, en dan zullen de overbodig geworden schoonmakers de enigen zijn die het betreuen.

6.3 DE UITHOLLING VAN PRAXIS

Hiervoor is gesteld dat bepaalde diensten intrinsiek ongeschikt zijn voor mechanisering, maar dat betekent niet dat mechanisering ervan onmogelijk is. Het eerste is een normatieve bewering, het tweede een feitelijke. Er zijn geen principiële technologische of economische redenen waarom onderwijs, geneeskunde of kunst niet kunnen worden gemechaniseerd. Integendeel, de verleiding om het wél te doen is groot. Het vervangen van arbeid door kapitaal is tenslotte de essentie van het kapitalisme.

De veronderstelling dat diensten zich niet lenen voor mechanisering, vormt de basis voor een beroemd economisch principe, bekend als de ‘wet van Baumol’ of de ‘kostenziekte van Baumol’ (naar de bedenker ervan, W.J. Baumol). De wet had oorspronkelijk betrekking op de uitvoerende kunsten, maar geldt voor alle diensten waarbij het ‘menselijke aspect’ essentieel is. Het idee is heel simpel. Economische sectoren waar technologische voordelen niet zo goed kunnen worden benut, zullen gaandeweg steeds meer in het nadeel zijn ten opzichte van sectoren die dat wel kunnen. Bij live-optredens, zegt Baumol, “vormen de inspanningen van de artiesten zelf het eindproduct dat het publiek koopt. (...) Terwijl de vereiste hoeveelheid arbeid voor het maken van een fabrieksproduct sinds het begin van de industriële revolutie voortdurend is gedaald, kost het spelen van *The Tragedy of Richard II* nog ongeveer evenveel minuten als in de tijd van Shakespeare. Het menselijk vernuft heeft manieren gevonden om een auto met steeds minder arbeid te kunnen produceren, maar het is nog niemand gelukt om de benodigde menselijke inspanning voor het uitvoeren van een kwartet van Schubert van drie kwartier te reduceren tot veel minder dan een totaal van drie manuren” (Baumol en Bowen 1966: 164).

De conclusie van Baumol is somber. Vanwege deze stagnerende productiviteit kunnen theaters en muziekgezelschappen hun prijzen alleen laag houden door hun artiesten zo min mogelijk te betalen. Dat zal misschien enige tijd worden geaccepteerd, dankzij de ‘psychische baten’ van het beroep, maar niet eindelijk. Uiteindelijk zullen de besten de kunstwereld inruilen voor een beter betaalde baan. De enige oplossing is dat de overheid de kunsten – en de sociale dienstverlening meer in het algemeen – subsidieert op een niveau dat in verhouding staat tot de stijgende kosten. Gelukkig kan de overheid zich dat veroorloven; dezelfde productiviteitsstijging die de ‘kostenziekte’ veroorzaakt, levert immers ook de belasting-

inkomsten op die nodig zijn om die te bestrijden. Of de belastingbetaler ooit bereid zal zijn deze oplossing te accepteren, is uiteraard een ander verhaal (Baumol en Oates 1997).

Baumol beschouwde de kostenziekte als een hardnekkig terugkerende aandoening die kenmerkend was voor de dienstensector, en zag dan ook geen andere oplossing dan gestaag stijgende overheids subsidies. Als ouderwetse humanist kon hij niet voorzien dat de tayloristische methoden uit het bedrijfsleven, waarbij gestandaardiseerde massaproductie vooropstaat, zouden worden losgelaten op de muzieksector, de gezondheidszorg en het onderwijs. Maar dat is wel gebeurd. Bestaande vormen van dienstverlening zijn gemechaniseerd en daarnaast is de voorkeur verschoven van minder naar meer gemechaniseerde vormen. Beide ontwikkelingen tenderen naar een uitholling van praxis en een vervanging door poesis.

De mechanisering van een dienst verloopt meestal stapsgewijs. Eerst worden procedures gestandaardiseerd, vaak met behulp van computers ('digitaal taylorisme'), met de onuitgesproken bedoeling om geschoold werk te vervangen door ongeschoold werk. Dit vormt de opmaat naar de volgende stap om arbeid helemaal te elimineren. Een goed voorbeeld is het bankwezen. Vroeger verstrekten bankmanagers op eigen gezag leningen en kredieten, uitgaande van hun lokale kennis en professionele inschattingsvermogen. Later mochten ze alleen nog de beslissingen van een centraal computersysteem doorgeven. Maar dat kon slechts een tussenfase zijn, want iemand die als enige taak heeft om de beslissing van een machine te communiceren, is in principe te vervangen door een machine. Inmiddels is de functie van bankmanager zo goed als verdwenen, en de communicatie met de bank verloopt nu via virtuele assistenten en invulschermen op internet of via een callcenter in India.

De detailhandel heeft een vergelijkbaar traject gevolgd. Vroeger bepaalden winkeliers zelf wat ze inkochten en voor welke prijs ze het wilden verkopen. Sommige middenstanders doen dat nog steeds, maar ze zijn ver in de minderheid. In supermarkten zijn deze taken al lang geleden bij het centrale management komen te liggen, waardoor in de winkel vrijwel alleen nog het saaie kassawerk overbleef. Toen deze stap eenmaal was gezet, volgde vanzelf de volgende. Waarom zou je klanten niet vragen om hun boodschappen zelf af te rekenen? Veel mensen zijn waarschijnlijk blij met deze laatste ontwikkeling. Je kunt tenslotte beter met een echte machine te maken hebben dan met een mens die tot de status van machine is gereduceerd.

Deze voorbeelden brengen ons op een aantal punten die in meer algemene zin van belang zijn. Zowel in de banksector als in de detailhandel is door de mechanisering niet alleen de totale hoeveelheid werk verminderd, maar hetgeen ervan over is, is ook nog eens verlegd naar de klant. We moeten zelf naar de website van onze

bank gaan en zelf onze boodschappen scannen bij de betaalpaal. Eenzelfde trend doet zich voor bij andere diensten en producten. We moeten zelf onze tickets online boeken, onze meubels in elkaar zetten, ons huis schilderen en allerlei andere dingen doen die vroeger door vakmensen werden gedaan. We hoeven niet terug te verlangen naar de armoede die dit soort diensten betaalbaar maakte. Maar het is wel frappant dat het leven van een doorsnee Indiër veel rijker aan persoonlijke diensten is dan dat van zijn Britse tegenhanger, zij het dat hij in materieel opzicht misschien armer is.

De impopulariteit van gemechaniseerde dienstverlening blijkt uit het feit dat mensen die het zich kunnen veroorloven, er heel wat geld voor over hebben om eraan te ontkomen. De meeste banken bieden hun vermogende klanten de 'extra' service van een 'persoonlijke accountmanager' – dezelfde bankmedewerker die vroeger voor iedereen beschikbaar was. En hoewel er nog altijd zelfstandige winkeltjes bestaan, vinden de meeste mensen die te duur. We zien dus een dubbele markt ontstaan, met persoonlijke dienstverlening voor de rijken en gemechaniseerde dienstverlening voor alle anderen. De opkomst van termen als 'boetiek', 'huismeester' en 'maatwerk' voor allerlei hoogwaardige diensten is een veelzeggend teken van deze ontwikkeling.

De afgelopen decennia zijn niet alleen bestaande vormen van dienstverlening gemechaniseerd, maar is ook de voorkeur verschoven van minder naar meer gemechaniseerde vormen. Baumol had natuurlijk gelijk wat betreft Schubert en Shakespeare, maar hij voorzag niet dat klassieke muziek en toneel als geheel genomen in populariteit zouden dalen ten opzichte van andere, gemakkelijker te mechaniseren vormen van cultuur. Een moderne popsong wordt in wezen gemaakt met een computer. Misschien wordt er nog een zanger bijgehaald voor de 'vocals', maar het overgrote deel is het werk van technici. Hun niveau is hoog, maar niet zo hoog als dat van klassieke musici. En je hebt er lang niet zo veel van nodig. Zelfs live-optredens zijn nu vaak grotendeels vooraf opgenomen, waarbij zangers en musici alleen af en toe een versierinkje toevoegen – als ze überhaupt zingen of spelen. De arbeidskosten voor dit soort muziek zijn laag (zelfs als je de salarissen van grote sterren in aanmerking neemt), waardoor de prijzen dat ook zijn. Dat is een van de redenen voor de massale populariteit.

Ook de snelle opmars van reality-televisie kan worden opgevat als een reactie op de kostenziekte van Baumol. Hier is de truc om betaalde acteurs te vervangen door onbetaalde gewone mensen die uit ijdelheid meewerken aan hun eigen uitbuiting. Ook hier geldt dat dit soort programma's goedkoop te maken zijn – een doorslaggevende factor in deze tijd van felle concurrentie en slinkende budgetten.

Zelfs de wetenschap krijgt ongemerkt te maken met de imperatieven van de mechanisering. Literatuurcriticus Franco Moretti (2013) heeft een techniek geïntroduceerd die hij ‘distant reading’ noemt. Deze komt er kort gezegd op neer dat je een computer duizenden of miljoenen gedigitaliseerde teksten laat doorzoeken om correlaties, trends en dergelijke vast te stellen. Geen enkel boek wordt dan gelezen zoals het was bedoeld, dus van begin tot einde. In de handen van een marxistische non-conformist als Moretti levert deze techniek opzienbarende resultaten op, maar de onderliggende tendens is om literair onderzoek te transformeren van een menselijke discipline die subtiliteit, kennis en kunde vereist, naar een feitelijk industriële activiteit, die zich leent voor schaalvergroting. Financiers en bestuurders van universiteiten, die een opvallend enthousiasme hebben getoond voor de aanpak van Moretti, zou deze ontwikkeling dan ook moeten aanspreken.

“Lass uns menschlich sein!” zei Ludwig Wittgenstein. De gedachte is eenvoudig, maar niet banaal. Menselijk, zo is de implicatie, zijn we niet puur dankzij het feit dat we tot de soort Homo Sapiens behoren. Het is iets waar we moeite voor moeten doen, iets wat we kwijt kunnen raken. Tegenwoordig is de strijd om het ‘menschelijk zijn’ grotendeels een strijd tegen de mechanisering van de dienstverlening, of meer specifiek van praxis. Hopelijk komen we als overwinnaars uit de strijd.

LITERATUUR

- Arendt, H. (1958) *The Human Condition*, Chicago: University of Chicago Press.
- Aristoteles, *Ethica Nicomachea*, vertaald door Ch. Hupperts en B. Poortman, Budel: Damon, 2005.
- Baumol, W.J. en W.G. Bowen (1966) *Performing arts: The economic dilemma*, Twentieth Century Fund.
- Baumol, W.J. en W.E. Oates (1997) 'The cost disease of the personal services and the quality of life', blz. 82-92 in R. Towse (red.), *Baumol's cost disease: The arts and other victims*, Cheltenham: Edward Elgar.
- Brynjolfsson, E. en A. McAfee (2011) *Race against the machine*, Lexington, Mass.: Digital Frontier Press.
- Dutton, D. (2009) *The art instinct: Beauty, pleasure, and human evolution*, Oxford: Oxford University Press.
- Head, S. (2003) *The new ruthless economy: Work and power in the digital age*, Oxford: Oxford University Press.
- Moretti, F. (2013) *Distant reading*, Londen: Verso.
- Wilde, O. (1891) *The soul of man and prison writings*, Oxford: Oxford University Press, 1990.

NOTEN

- 1 Vertaald met toestemming van de auteur en van NESTA in: Westlake, S. (2014) *Our work there is done: Visions of a robot economy*, Londen: NESTA. Met dank aan Balance Vertalingen Maastricht voor de vertaling.
- 2 In de vertaling van P.C. Boutens (1913): “Machines moeten voor ons werken in de kolenmijnen, en den geheelen sanitairen dienst verrichten, en stokers zijn op stoombooten, en de straten reinigen, en boodschappen doen op regendagen en alle werk bedrijven, dat vervelend en naargeestig is. Het feit is dat beschaving slaven noodig maakt. De Grieken hadden op dit punt een juist inzicht. Als er geen slaven voorhanden zijn om het terugstootende, afschuwwekkende, oninteressante werk te doen, wordt cultuur en levensbespiegeling zoo goed als onmogelijk. Slavernij van menschen is verkeerd, gevaarlijk en veronzedelijkend. Van de mechanische slavernij, de slavernij der machines, hangt de toekomst der wereld af.”
- 3 Het cijfer voor productiviteitsgroei heeft betrekking op het niet-agrarische bedrijfsleven.
- 4 Voor een krachtige aanklacht tegen het digitaal Taylorisme, zie Head 2003.
- 5 Zie Aristoteles, 1140b5: “Want terwijl maken (poesis) een buiten zichzelf gelegen doel heeft, heeft handelen (praxis) dat niet; want goed handelen is op zichzelf het doel.”
- 6 “For in every action what is primarily intended by the doer, whether he acts from natural necessity or out of free will, is the disclosure of his own image.” Geciteerd in Arendt 1958: 175.

HOE ROBOTS BETER KUNNEN WERKEN – EN WIJ OOK

Anna Salomons

Jan Hein Donner, een Nederlandse ex-schaakgrootmeester, werd eens gevraagd welke strategie hij zou volgen als hij tegen een computer zou moeten spelen. Donners antwoord luidde: “Ik zou een hamer meenemen.” Het debat over de effecten van de digitale revolutie op onze arbeidsmarkten heeft vaak deze ondertoon van ‘mens versus machine’. Krantenkoppen als ‘Why workers are losing the war against machines’ (*The Atlantic* 2011), ‘The robots are coming and will terminate your jobs’ (*Financial Times* 2014) en ‘Help, de robots komen’ (*Trouw* 2014) zijn de afgelopen jaren gemeengoed geworden. De indruk wordt gewekt dat computers en robots met ons zullen concurreren in alle menselijke taken, en dat we de race hopeloos aan het verliezen zijn. De robot is immers de ideale werknemer: hij heeft geen arbeidsrechten of vaste contracten nodig, er bestaat geen robotvakbond, en robots hoeven geen inspraak in werkprocessen. Moeten wij meer op robots gaan lijken? En verliezen we echt de strijd doordat wij arbeidsrechten en vakbonden hebben?

Om deze vraag te beantwoorden moeten we beseffen dat nieuwe technologieën niet in een vacuüm worden ingevoerd. Een bedrijf dat een computer of robot op een werkplek installeert ziet geen automatische productiviteitsstijgingen: daarvoor moet ook de manier van werken worden aangepast. Zo kan de taakverdeling tussen (teams van) werkenden veranderen, moet wellicht de fysieke indeling van het werkterrein worden aangepast, of is het met nieuwe technologie mogelijk nieuwe goederen of diensten aan te bieden die eerst moeten worden verzonden. Dit soort veranderingen in het productieproces vereist aanpassingsvermogen en het nemen van risico, want het vinden van de beste nieuwe werkwijze en het ontwikkelen van verbeterde of nieuwe diensten gebeurt niet vanzelf.

Er is een omvangrijke wetenschappelijke literatuur over hoe nieuwe technologie tot de noodzakelijke aanpassingen op de werkvloer leidt (Bartel et al. 2009; Bresnahan et al. 2002; Brynjolfsson en Hitt 2000; Caroli en Van Reenen 2001; Ichniowski et al. 1997). Hieruit blijkt dat de menselijke factor wel degelijk van groot belang is. Betrokkenheid van werknemers (*employee involvement*) en de manier waarop het menselijk werk in een bedrijf is georganiseerd zijn allesbepalend voor de mate waarin nieuwe technologie productiviteitsverbeteringen teweegbrengt. Zo bestaan er zogeheten *high-performance work practices*, die noodzakelijk zijn als je wilt dat nieuwe technologie daadwerkelijk leidt tot meer productiviteit. Dat zijn: training (van zowel elementaire als toegepaste vaardigheden), werken in teams, meer autonomie, variabele beloningen, baanrotatie en baanzekerheid. De introductie van nieuwe technologie brengt veranderingen met zich mee die aanpassingsvermogen van werkenden vereisen (die kan worden vergroot door bijvoorbeeld training en baanrotatie). Om die veranderingen te bedenken en er draagvlak

voor te creëren is decentralisatie van beslissingsprocessen nodig (zoals bewerkstelligd door meer autonomie, teamwerk en variabele beloningen). Ook werkzekerheid is belangrijk: het bedenken en toepassen van veranderingen vereist dat werkenden risico willen nemen en betrokken zijn bij het bedrijf, en dat is minder waarschijnlijk bij een overvloed aan tijdelijke contracten.

Hierbij kan juist een belangrijke rol voor arbeidsmarktinstituties worden gevonden die dit soort *high-performance work practices* bevorderen, waaronder medezeggenschap voor werknemers en regulering van arbeidscontracten (Acharya et al. 2010; Kleinknecht 2014). Een vaak bestudeerd voorbeeld van dergelijke instituties zijn vakbonden (Cooke 1994; Black en Lynch 2001; Machin en Wood 2005). De aanwezigheid van vakbonden vergroot in het algemeen de productiviteitsstijging door technologische verandering en verbetert tegelijkertijd de uitkomsten voor werkenden. Ten eerste omdat vakbonden de baanzekerheid verhogen (Freeman en Medoff 1984). Dit verlaagt de kosten van het introduceren van nieuwe technologie en vergemakkelijkt de bijbehorende veranderingen in de werkorganisatie. Werknemers zijn immers meer bereid te participeren in deze processen omdat de vakbond hun baan beschermt. Ten tweede kan het voor werkgevers efficiënter zijn om met de vakbond in plaats van met individuele werknemers afspraken te maken over veranderingen in de organisatie van werk. Verder vergroten vakbonden de inspraak en onderhandelingsmacht van werknemers. Dat ervoor kan zorgen dat productiviteitsverhogende ideeën die op de werkvloer ontstaan ook werkelijk bij managers terecht komen, en dat een groter deel van de winsten van deze productiviteitsverbeteringen aan werknemers ten goede komt. Deze onderzoeksresultaten wijzen dus uit dat vakbonden de *high-performance work practices* bevorderen die noodzakelijk zijn voor productiviteitsstijgingen.

Ten slotte is ook de ontwikkeling van nieuwe technologie mensenwerk. Hier zouden kansen kunnen liggen door technologie te ontwerpen op een manier die de menselijke competenties versterkt en verbreedt (Oosterlaken 2012). Hoewel de ontwikkeling van nieuwe technologie van nature een gedecentraliseerd fenomeen is, is het niet ondenkbaar dat de aanwezige instituties van invloed zouden kunnen zijn op het ontwerpproces. In een arbeidsmarkt waarin werknemers onderhandelingsmacht, werkzekerheid en trainingsmogelijkheden hebben, zodat ze een stimulans hebben om te investeren in het werken met nieuwe technologie, is het wellicht winstgevender om technologie te ontwikkelen die de capaciteiten van werkenden maximaal benut. Hier zou het voorstel van Richard Freeman (zie hoofdstuk 7 in deze verkenning) om werkenden (deel)eigendom te geven van de technologie waarmee ze samenwerken ook aan kunnen bijdragen.

Samenvattend betekent de digitale revolutie dus niet dat onze bestaande arbeidsorganisaties en instituties zoals cao's overbodig worden. Integendeel, als werknemers als robots worden behandeld, belemmert dit de productiviteitswinsten van de introductie van *echte* robots. Bovendien is het waarschijnlijk dat steeds meer werkenden in de toekomst met nieuwe technologie zullen werken. Er is bijvoorbeeld een tendens naar robots die samenwerken met mensen (co-robots) in plaats van geïsoleerd in een kooi op de werkvloer te staan (zie hoofdstuk 4 in deze verkenning).

Hierdoor kunnen de complementariteiten met mensen toenemen, wat de organisatie van werk en de instituties die daarvoor van belang zijn nog essentiëler maakt. En bij het schaakspel winnen inmiddels mensen die met computers samenwerken; alleen mensen of alleen computers verliezen het van deze koppels. Juist daarom moeten we blijven nadenken over hoe technologie onze arbeidsmarkt beïnvloedt, en hoe we onszelf, onze instituties en onze machines kunnen ontwikkelen zodat mensenwerk menselijk blijft.

LITERATUUR

- Acharya, V., R. Baghai en K. Subramanian (2010) 'Labour laws and innovation', *Journal of Law and Economics* 56, 4: 997-1037.
- Bartel, A., C. Ichniowski, K. Shaw en R. Correa (2009) 'International differences, information technologies, and HR practices', in: R. Freeman en K. Shaw (red.), *International differences in the business practices and productivity of firms*, Chicago: University of Chicago Press.
- Black, S. en L. Lynch (2001) 'How to compete: The impact of workplace practices and information technology on productivity', *Review of Economics and Statistics* 83, 3: 434-45.
- Bresnahan, T., E. Brynjolfsson en L. Hitt (2002) 'Information technology, work organization, and the demand for skill labor: Firm-level evidence', *Quarterly Journal of Economics* 117, 4: 23-48.
- Brynjolfsson, E. en L. Hitt (2000) 'Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance', *Journal of Economic Perspectives* 14, 4: 23-48.
- Caroli, E. en J. van Reenen (2001) 'Skill-biased organizational change? Evidence from a panel of British and French establishments', *Quarterly Journal of Economics* 116, 4: 1449-1492.
- Cooke, W. (1994) 'Employee participation programs, group-based incentives, and company performance: A union-nonunion comparison', *Industrial and Labor Relations Review* 47, 4: 594-609.
- Freeman, R. en J. Medoff (1984) *What do unions do?*, New York: Basic Books.
- Ichniowski, C., K. Shaw en G. Prennushi (1997) 'The effects of human resource management practices on productivity', *American Economic Review* 87, 3: 291-313.
- Kleinknecht, A., F. van Schaik en H. Zhou (2014) 'Is flexible labour good for innovation? Evidence from firm-level data', *Cambridge Journal of Economics* 38, 5: 1207-1219.
- Litwin, A. (2011) 'Technological change at work: The impact of employee involvement on the effectiveness of health information technology', *Industrial and Labor Relations Review* 64, 5: 863-888.
- Machin, S. en S. Wood (2005) 'Human resource management as a substitute for trade unions in British workplaces', *Industrial and Labor Relations Review* 58, 2: 201-218.
- Oosterlaken, I. (2012) 'The capability approach, technology and design: Taking stock and looking ahead', in: I. Oosterlaken en J. van den Hoven (red.) *Philosophy of Engineering and Technology* 5: 3-26.

7 WIE DE ROBOTS BEZIT, BEZIT DE MACHT

Richard Freeman¹

7.1 INLEIDING

Wat verklaart de hoge werkloosheid, de trage groei van de reële lonen en de steeds verder toenemende ongelijkheid in veel ontwikkelde landen? Sommige analisten en auteurs denken dat het werkloosheidsprobleem grotendeels wordt veroorzaakt door de opkomst van robots en andere machines met kunstmatige intelligentie. Anderen zien *skill-biased technological change* – waarbij vooral lagergeschoold routinewerk wordt overgenomen door machines – als belangrijkste oorzaak voor de stagnerende reële lonen en de toenemende ongelijkheid. De achtergrond hiervan wordt gevormd door ontwikkelingen op het gebied van kunstmatige intelligentie, waardoor machines nu al veel beter in staat zijn om menselijke intelligentie te vervangen dan men een paar jaar geleden voor mogelijk had gehouden. Voorbeelden zijn de Google-auto, schaakcomputer Deep Blue die schaakwereldkampioen Kasparov versloeg, of supercomputer Watson die de allerbeste Jeopardy-speler bleek. En wat te denken van zoekmachine Google, die over ieder onderwerp meer weet dan wie ook?

ROBOT VERVANGT MENSELIJKE ARBEID

In dit hoofdstuk wordt de term ‘robots’ heel breed gebruikt voor allerlei machines die een goede vervanging vormen voor werk dat door mensen wordt gedaan. Deze variëren van computers met kunstmatige-intelligentieprogramma’s die geen enkele gelijkenis vertonen met de mens, tot robotstofzuigers, Google-auto’s en zelfs sociale robots die eruitzien en handelen als mensen. Voor de analyse is het niet relevant of een robot/machine wel of geen menselijk uiterlijk heeft, zolang hij maar menselijke taken kan verrichten. De toenemende rekenkracht van computers en de ontwikkeling van kunstmatige-intelligentieprogramma’s en chips die informatie kunnen beoordelen en beslissingen kunnen nemen, hebben er in korte tijd voor gezorgd dat machines nu ingewikkelde taken kunnen uitvoeren die een jaar of tien geleden nog onmogelijk leken. Omdat ik ervan uitga dat de ontwikkeling van steeds slimmere technologieën zal doorgaan, is het van belang na te gaan wie de eigendom van deze technologieën bezit. Want wie de robots bezit, heeft straks de macht.

Brynjolfsson en McAfee (2012) wijzen erop dat de digitalisering van werkzaamheden zo snel is gegaan dat de arbeidsmarkt hierdoor op een nooit eerder vertoonde manier wordt ontregeld. Anders dan in het verleden, toen mechanisering en automatisering vooral invloed hadden op lagergeschoold, routinematig productie- en kantoorwerk, werkt de huidige informatietechnologie ook door op de

hoogste opleidingsniveaus. Machines kunnen nu zowel spierkracht alsook kennis vervangen. Frey en Osborne (2013) berekenden dat ongeveer 47 procent van de totale werkgelegenheid in de VS dreigt te worden gecomputeriseerd en dat ook specialisten zoals accountants en auditors tot de meest bedreigde beroepsgroepen behoren. In de medische zorgverlening zijn vergelijkbare ontwikkelingen gaande: zo heeft Japan geïnvesteerd in robots met sociale vaardigheden om als verpleegkundige of verpleeghulp voor ouderen te fungeren.

Robots of andere op internet aangesloten machines met digitale intelligentie zullen in de nabije toekomst vele beroepsbeoefenaren kunnen aftroeven in hun werk. Zo zijn er recent nieuwsberichten verschenen over een IBM-programma om nieuwe gerechten te 'creëren' (chefkoks pas op); er is strijd tussen anesthesiologen en computerprogramma's/robots die hun werk veel goedkoper doen; en er komt binnenkort een volgende versie van Watson ('tweemaal zo krachtig als de vorige') op basis van computers die via de IBM *Cloud* zijn gekoppeld (Hardy 2013). En je hoeft niet paranoïde te zijn om paranoïde te worden van de mogelijke technologieën die de supergeheime computers van de National Security Agency (NSA) op hun digitale tekentafel hebben liggen.

De opkomst van robots op de arbeidsmarkt om ons heen, rond 2015. Koppen van nieuwsartikelen over robots en werk

'Burger Robot Poised to Disrupt Fast Food Industry', Jason Dorrier, *SingularityHub*, 10-8-2014

'The Uncanniest Valley: What Happens When Robots Know Us Better than We Know Ourselves', Steven Kotler, *Forbes*, 20-7-2014

'Robot Doctors, Online Lawyers and Automated Architects: The Future of the Professions?', Tom Meltzer, *The Guardian*, 15-6-2014

'Our Robot Nightmares' *New York Times, Op-Talk*, 29-6-2014

'GoCart Robot Delivers Food in Elderly and Health Care Facilities', Colin Lewis, *RobotEconomics*, 1-9-2014

'Robots Will Replace Fast-Food Workers', James O'Toole, *CNN Money*, 4-9-2014

'Chinese Test Self-Printing Robots', Bryant Jordan, *Fox News*, 4 maart 2014.

'DR Congo Recruits Robots as Traffic Police', *Aljazeera*, 20-3-2014

'Robots Are Taking Mid-Level Jobs, Changing the Economy', Sharon Gaudin, *ComputerWorld*, 31-10-2011

'Organic Synthesis: The Robo-Chemist', Mark Peplow, *Nature* 6-8-2014

'How Robots Will Replace Doctors', Ezra Klein, *The Washington Post*, 1-10-2011

'Nine Jobs that Humans May Lose to Robots', Judith Aquino, *NBC News.com*, 2012

'One in Three Jobs Will Be Taken by Software or Robots by 2025', *Slashdot*, 6-10-2014

‘Phew, the Robots Are Only Going to Take 45 Percent of All the Jobs’, Tim Worstall, *Forbes*, 18-9-2013

‘Robot Doctors, Online Lawyers and Automated Architects: The Future of the Professions?’, Tom Meltzer, *The Guardian*, 15-6-2014

‘As Robots Grow Smarter, American Workers Struggle to Keep Up’, Claire Miller, *NYT*, 15 dec. 2014

‘Lowe’s trials robot sales assistants’, David Szondy, 4 november 2014 www.gzmag.com

‘HERB: A robot that can unload a dishwasher ...’, Eric Niiler, *Washington Post*, 15 september 2014

‘‘Boris’ the robot can load up dishwasher’, Michael Eyre, *BBC News*, 14 sept. 2014

‘If A Computer Can Diagnose Cancer, Will Doctors Become Obsolete?’, Andrew Flowers, *Intelligent Machines*, 22 aug. 2014

‘Robots able to pick peppers, test soil, and prune plants aim to replace farm workers’, Jason Dorrier, *Singularity Hub*, 11-8-2014

Hoewel er alom bezorgdheid bestaat over de voortschrijdende computerisering wordt de opvatting dat robots banen vernietigen en de arbeidsmarkt op zijn kop zetten, toch vaak beschouwd als een misplaatste vorm van technocratisch denken, sciencefiction of neo-luddistische onzin (luddisme verwijst naar de sociale beweging in het Engeland van begin negentiende eeuw, die zich verzette tegen industriële en technologische vooruitgang). De vrees dat machines voor massawerkloosheid zouden zorgen is in het verleden ontstaan in tijden van hoge werkloosheid en is ongegrond gebleken toen er weer volledige werkgelegenheid werd bereikt. Tijdens de Grote Depressie schreef de Amerikaanse president Roosevelt de werkloosheid toe aan het feit dat de vs geen werk hadden voor de arbeidskrachten die beschikbaar waren gekomen door de efficiëntieslag in de Amerikaanse industrie (Hardy 2013), terwijl tegelijkertijd technocraten de werkloosheid wilden oplossen door de marktwerking te vervangen door planning door ingenieurs. Omdat men aan het begin van de jaren zestig van de vorige eeuw vreesde dat er door de automatisering iedere week duizenden banen verloren gingen, lieten de regeringen van Kennedy en Johnson onderzoek doen naar het verband tussen productiviteitsgroei en werkgelegenheid. In de jaren negentig voorspelde Jeremy Rifkin dat technologie zou leiden tot ‘het einde van het werk’ – vlak voordat de *dot.com-boom* de vraag naar arbeidskrachten zozeer deed toenemen dat het aantal werkenden binnen de totale beroepsgeschikte bevolking in de vs tot ongekende hoogte steeg (Rifkin 1995).

7.2 WAT GEBEURT ER MET ONZE WERKGELEGENHEID EN VRIJE TIJD?

De geijkte reactie van vele economen op de angst voor automatisering en robots is dat 'de markt alles oplost'. Als nieuwe technologieën een zekere mate van werkloosheid tot gevolg hebben, zal de overheid met een ruim fiscaal en monetair beleid kunnen zorgen voor voldoende vraag om de werkgelegenheid te herstellen. Mochten mensen verzadigd raken met consumptiegoederen en diensten, dan hebben economen ook een geruststellend antwoord: mensen zullen gewoon minder gaan werken en meer vrije tijd krijgen, zoals Keynes in 1930 reeds voorspelde (Pecchi en Piga 2008).

Hoe brengen we in deze ideale staat onze vrije tijd door? Misschien zoals we nu ook al steeds meer doen: met computerspelletjes spelen en video's kijken. Als je in een digitale oorlog of sportwedstrijd door je computer zodanig wordt ingemaakt dat je toch maar geen gamer meer wilt worden, of als de soaps op tv gaan vervelen, kun je het soort activiteiten uitproberen die Keynes vermoedelijk voor ogen had: tennissen of crickets, thee drinken in de tuin, of genieten van kunst of klassieke muziek.

Volgens economen worden handelsstromen meer bepaald door comparatieve voordelen dan door absolute voordelen. Dus zelfs als robots en andere machines bij alle werkzaamheden de mens de baas zouden zijn, garandeert het comparatieve voordeel dat we toch werk zullen vinden in die activiteiten waar het relatieve voordeel van machines het kleinst is. Als je het comparatieve voordeel begrijpt maar nog steeds bang bent dat robots je werkloos zullen maken, zullen innovatie-fetisjisten je uitmaken voor neo-luddistische paniekzaaier.

7.3 WAT GEBEURT ER MET LONEN EN INKOMENS?

De werkgelegenheidseffecten zijn slechts één kant van het arbeidsmarktverhaal. Ook wat er met de lonen gebeurt, is van belang voor ons welzijn. Als robots de leukste en best betaalde banen inpikken en de laagbetaalde baantjes overblijven voor de mens, daalt de levensstandaard van mensen die afhankelijk zijn van arbeidsinkomen. In zo'n scenario lijkt de luddistische angst realistischer dan de verzekering dat comparatief voordeel in een goed functionerende economie garandeert dat er werk is voor iedereen.

Maar ook hierop heeft de economie een antwoord. Herbert Simon toonde in 1965 met zijn analyse van technologische verandering aan dat in een goed functionerende markteconomie de factor arbeid profijt heeft van zowel arbeidsbesparende als kapitaalbesparende technologieën zolang de arbeidsaanbodcurve minder elastisch is dan de kapitaalmarktcurve (Simon 1965). In een economie met volledige

werkgelegenheid betekent technologische vooruitgang immers dat de beloning voor de productiefactor met een inelastisch aanbod stijgt ten opzichte van de productiefactor met een elastisch aanbod. Door kapitaal als elastisch en arbeid als inelastisch te beschouwen, keerde Simon feitelijk Malthus om.

Toen Simon zijn model uitwerkte, strookten de historische feiten met zijn verhaal. Het reële rendement op kapitaal was lange tijd min of meer constant geweest, zelfs toen de kapitaal/arbeid-verhouding enorm steeg, vanwege het oneindig elastische aanbod van kapitaal. De reële lonen vertoonden echter een opwaartse trend. In de huidige economie is zowel de voorraad kenniskapitaal als de voorraad fysiek kapitaal enorm toegenomen ten opzichte van het arbeidsvolume. Met de toenemende welvaart is de wereldbevolking gegroeid maar zijn de geboortecijfers sterk gedaald. Dit suggereert dat de bevolkingsgroei ver achter zal blijven bij de groei van kennis en kapitaal.

Waarom is Simon met zijn voorspelling dat de wereld steeds beter zou worden voor de factor arbeid, dan kennelijk toch de mist ingegaan? Een van de redenen is dat hij arbeid als iets homogeen zag en voorbijging aan de verschillende gevolgen van robots/mechanisering voor uiteenlopende groepen werkenden. Een andere reden is dat hij in zijn model geen rekening hield met de verdeling van de eigendom van robots en aanverwante machines, die bepalend is voor de impact van robots/mechanisering op de huidige economie. Waarom zou je je zorgen maken over de verdeling tussen inkomen uit kapitaal en inkomen uit arbeid als dat een van grote constanten in de macro-economie is?

7.4 HETEROGENE ARBEID BIJ SKILL-BIASED TECHNOLOGICAL CHANGE

Arbeidseconomen beschouwen de factor arbeid als een heterogene grootheid. Hun onderzoek richt zich onder meer op loonverschillen tussen hogeropgeleide en lageropgeleide arbeidskrachten. Sommige onderzoekers houden zich bezig met de taken en specifieke vaardigheden die nodig zijn voor verschillende beroepen. De verschillen in opleidingsniveau zijn de afgelopen veertig jaar toegenomen, dit ondanks een enorme verschuiving in de arbeidsmarkt naar beter opgeleide en geschoolde arbeidskrachten. Veel onderzoekers zoeken een verklaring voor deze discrepantie in de *skill-biased technological change*: technologische vernieuwingen hebben ervoor gezorgd dat de vraag naar geschoolde arbeidskrachten naar verhouding sneller is toegenomen dan het aanbod daarvan. Omdat we geen onafhankelijke maatstaven hebben voor de *bias* van technologische verandering, is het moeilijk te 'bewijzen' dat de technologie inderdaad doet wat zij volgens de modellen doet. In vrijwel alle onderzoeken is technologische verandering een niet-gemeten factor die achter de schermen meespeelt.

Het *skill-bias*verhaal kan een deel van de feiten verklaren, maar het is niet volledig (Mishel et al. 2013). Naast technologie hebben ook andere factoren bijgedragen aan de toegenomen loonverschillen en ongelijkheid, zoals internationale handel, immigratie vanuit dichtbevolkte lage-inkomenslanden naar de ontwikkelde landen, en de verzwakking van de vakbonden in de hele ontwikkelde wereld. Omdat alle ontwikkelde landen gebruikmaken van dezelfde technologieën en het aanbod van hoogopgeleide en geschoolde arbeidskrachten overal is toegenomen, geeft de *skill-bias*hypothese bovendien weinig inzicht in de verschillen in de mate van ongelijkheid tussen landen. Zo is de ongelijkheid in de VS veel groter dan in andere ontwikkelde landen en blijft de ongelijkheid in Scandinavië relatief beperkt. In dit verband moeten ook arbeidsmarktinstituties zoals vakbonden en sociale voorzieningen in aanmerking worden genomen om de verschillen te verklaren.

Kortom, de *skill-biased technology*-hypothese geeft slechts een deel van de werkelijkheid weer en biedt lang geen volledige verklaring voor de toenemende opleidingsverschillen en de toenemende ongelijkheid, laat staan voor de veranderingen in werkgelegenheid en werkloosheid in de loop van de tijd of voor de verschillen tussen landen. Bovendien, nu robots ook hoogopgeleide professionals steeds beter kunnen vervangen, zal de *bias* van arbeidsbesparende technologie veranderen. Het is misschien veelzeggend dat de krantenkoppen over mensvervangende robots niet echt onderscheid maken tussen opleidingsniveaus. Wanneer een machine een taak goedkoper kan uitvoeren dan een mens, zal die taak uiteindelijk bij de machine komen te liggen, tenzij de werknemer een loonsverlaging accepteert. De ‘ijzeren wet’ van het effect van robots op de lonen luidt dat de toegenomen vervangbaarheid van menselijke vaardigheden zorgt voor een neerwaartse druk op de lonen van mensen die concurrerende werkzaamheden verrichten. Die druk zal vermoedelijk verder toenemen naarmate robots steeds meer kunnen en steeds goedkoper worden.

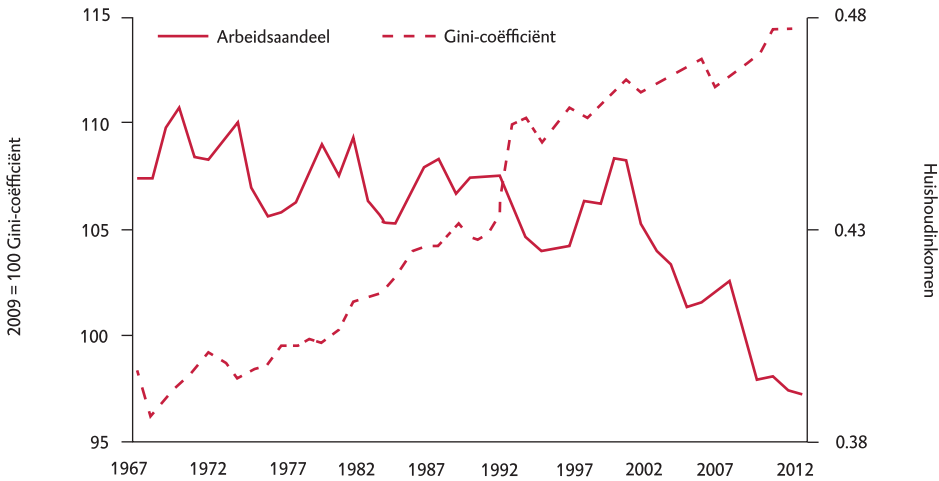
7.5 HET INKOMENSAANDEEL VAN ROBOTS/KAPITAAL

Als men robots interpreteert als de kapitaalgoederen en -structuren van de moderne technologie, is de inkomensverdeling de afgelopen twintig jaar in vrijwel alle ontwikkelde landen verschoven van arbeid naar robots/kapitaal. Tussen 1990 en 2009 daalde het aandeel van lonen, salarissen en andere vergoedingen in het nationaal inkomen in 26 van de 30 OESO-landen (waaronder de VS, Duitsland, Japan, het Verenigd Koninkrijk en Frankrijk) (OESO 2012). Aangezien het aandeel van arbeid in het nationaal inkomen afneemt wanneer de arbeidsproductiviteit sneller groeit dan de reële lonen, wordt de vraag over het teruglopende aandeel van arbeid vaak gesteld in termen van het onvermogen van de reële lonen om de productiviteitsstijging bij te houden, terwijl ze deze decennialang netjes hadden gevolgd. Hoe dan ook, de mate waarin de verschuiving in het nationaal inkomen

van arbeid naar kapitaal zich voordoet, hangt af van de wijze waarop de lonen, de prijzen, het BBP en de werkgelegenheid in een land worden gemeten, het percentage zzp'ers in de beroepsbevolking (van wie de input van arbeid en kapitaal lastig te meten is) en de omvang van de publieke sector (waarvan de productiviteit lastig te meten is). In de VS daalde de arbeidsinkomensquote volgens de schattingen van het Bureau of Labor Statistics sterker dan volgens het Department of Commerce; de OESO-schatting week ook weer af van beide. In ontwikkelingslanden, waar veel mensen werkzaam zijn in de informele sector, zijn de meetproblemen groter dan in de ontwikkelde landen, maar voor zover wij kunnen nagaan is het arbeidsaandeel in het nationaal inkomen in de meeste van deze landen afgenomen. In China is dit in de periode van snelle groei zelfs enorm gedaald.

Een op de arbeidsmarkt gebaseerde analyse van ongelijkheid concentreert zich uiteraard op inkomsten uit arbeid. Maar aangezien de beloning van managers en sommige andere medewerkers vaak wordt gekoppeld aan inkomsten uit kapitaal, kunnen veranderingen in de inkomsten uit kapitaal aanzienlijk bijdragen aan ongelijkheid in de inkomsten uit arbeid. Omdat inkomsten uit kapitaal ongelijker zijn verdeeld dan inkomsten uit arbeid, betekent het toegenomen aandeel van kapitaal in het nationaal product dat de inkomensongelijkheid in alle landen toeneemt. Wanneer CEO's en topmanagers worden betaald in de vorm van aandelenopties, voorwaardelijk toegekende aandelen en bonussen die samenhangen met winst van het bedrijf, dan wordt dit inkomen in de statistieken toch geteld als inkomsten uit arbeid, ook al is het afhankelijk van rendement op kapitaal. Hoewel de wijze van beloning dus niet het hele verhaal vertelt (CEO-gedomineerde directies kunnen de salarissen verhogen als ze bestuurders niet in aandelen mogen betalen), is het veelzeggend dat de machtigste mensen in bedrijven liever als eigenaars dan als werknemers worden betaald.

Figuur 7.1 Hoe het in de vs is gegaan: arbeidsaandeel omlaag, ongelijkheid omhoog



Wat betekent de toename in inkomensongelijkheid nu? Decennia geleden, toen mensen en ondernemingen genoeg belasting betaalden en de vakbonden sterk genoeg waren om de loonverschillen binnen de perken te houden, was er nog wel iets te zeggen voor de opvatting dat er meer ongelijkheid nodig was als prikkel voor innovatie en economische groei. De kans om rijk te worden vormt voor de meeste mensen een stimulans om harder te werken. Door de inkomensspreiding te beperken en uiterst winstgevende innovatieve bedrijven te belasten, verminder je de prikkel voor ondernemerschap – een van de goede kanten van het kapitalisme.

Maar vandaag de dag, na een jaar of dertig van inkomensherverdeling van de middenklasse naar de hoogste inkomens, heeft dit argument weinig zeggingskracht meer. Organisaties die eerder aandrongen op veranderingen in de arbeidsmarkt en een belastingbeleid dat de ongelijkheid vergrootte, zoals de OESO, vrezen nu dat “meer ongelijkheid in de verdeling van inkomsten (...) de sociale samenhang in gevaar zou kunnen brengen” (OESO 2012). Anderen maken zich zorgen over het welzijn van gezinnen met een laag inkomen wanneer de reële lonen en inkomens dalen. Als de trend naar meer ongelijkheid doorzet, verandert de samenleving in een soort feodale maatschappij, waarin enkele miljardairs met hun families de economie en de overheid beheersen, net zoals de Europese adel dat in de middeleeuwen deed. De oprichters van de Verenigde Staten waren van mening dat bij een dergelijke enorme ongelijkheid de democratie niet kon overleven.

7.6 WIE DE ROBOTS BEZIT, BEZIT DE MACHT

Mijn stelling is eenvoudig: ongeacht of de technologische vooruitgang arbeidsbesparend, kapitaalbesparend, *skill-biased* is of niet, en ongeacht hoe snel robots of andere machines de menselijke kennis en kunde evenaren of overtreffen, het effect van de nieuwe technologieën op het welzijn van mensen in de hele wereld wordt bepaald door de vraag wie de eigenaar is van de nieuwe technologieën.

Een gedachte-experiment laat zien waarom de eigendomsvraag zo belangrijk is. Stel je voor dat we robots/machines creëren die onze werkzaamheden zo goed kunnen nabootsen dat ze ons geheel zouden kunnen vervangen en dat ze zouden verdienen wat wij nu verdienen. Zouden we dan beter of slechter af zijn? Als we zelf eigenaar zouden zijn van onze plaatsvervangers, zouden we onze huidige inkomsten hebben, plus de vrijgekomen tijd die we naar believen kunnen besteden. We zouden ook een andere productieve activiteit kunnen zoeken, eventueel tegen een lager loon. Dus zouden we beter af zijn. Echter, als anderen de robots zouden bezitten, zouden wij werkloos zijn en op zoek moeten naar ander werk tegen minder betaling. De eigenaars van de robots zouden de beloning opstrijken van de machines waaraan we onze baan zijn kwijtgeraakt. De inkomensverdeling zou daarmee verschuiven van ons naar de kapitaalbezitters. Zij zouden beter af zijn, wij slechter.

7.7 MENSVERVANGENDE ROBOTS VERGEZOCHT?

In de academische wereld zijn mensvervangende robots al actief. Ze verschuilen zich achter de naam *Massive Open Online Courses* (MOOC's). Deze bieden studenten wereldwijd de mogelijkheid om (door video-experts gemaakte) colleges te downloaden en daarover in chatrooms te discussiëren. Voor het volgen van MOOC's kennen veel universiteiten en hogescholen net zo veel studiepunten toe als voor het volgen van gewone colleges. MOOC's kunnen video's zijn van beroemde hoogleraren van toonaangevende universiteiten, van gewone docenten van een willekeurige universiteit of hogeschool, of van ieder ander die een cursus kan produceren om studenten bepaalde kennis en vaardigheden bij te brengen. Omdat de marginale kosten voor het verspreiden van video's feitelijk nihil zijn, is dit veel goedkoper dan het inhuren van fulltime-medewerkers om semester na semester dezelfde stof te onderwijzen.

Mensen die nu aan een universiteit werken en daar onderwijs geven, voelen zich ongemakkelijk. Elk semester leggen ze complexe zaken uit met behulp van een schoolbord en krijtjes. Plotseling kondigt de universiteit aan dat ze 'de ultieme MOOC-video' over de thematiek heeft gevonden en dat het bestaande onderwijzend personeel kan opstappen. In de hele wereld kijken studenten immers veel liever naar de MOOC-video dan naar een professor in een collegezaal.

Misschien kan de ontslagen professor aan de slag als tijdelijke offline-medewerker die groepen begeleidt en examens beoordeelt tegen een lager salaris. Misschien vervloekt hij de MOOC-video en stapt hij uit de universitaire wereld. Maar als hij de eigendomsrechten op het gebruik van de nieuwe technologie in zijn cursus had bezeten, of als hij aandelen had gehad in het bedrijf dat de video heeft gemaakt, had hij rechtstreeks van de MOOC-technologie kunnen profiteren. Met andere woorden, wie de eigendomsrechten op de video's/robots bezit, beheerst het hoger onderwijs.

7.8 OPLOSSING?

Is er een oplossing voor het probleem dat robots en aanverwante technologieën steeds beter in staat zijn om allerlei taken over te nemen van werknemers, waardoor de economische positie van arbeid verslechtert ten opzichte van kapitaal?

Eén mogelijkheid is dat vakbonden via cao-onderhandelingen proberen de lonen te verhogen en werknemers een groter aandeel in de productiviteitswinst te geven. Dat is de manier waarop werknemers altijd hogere lonen hebben weten te bedingen als het goed ging in hun bedrijfstak. Maar in de hele ontwikkelde wereld hebben de vakbonden aan invloed ingeboet, in sommige landen (zoals de VS) zelfs zozeer dat ze nauwelijks nog een rol spelen in de private sector.

Een andere mogelijkheid is dat de overheid de inkomsten via het belasting- en uitgavenbeleid herverdeelt naar de mensen met lagere inkomens. Dat is de manier waarop de inkomensverdeling in verzorgingsstaten altijd in evenwicht is gehouden. Maar in de ontwikkelde wereld zijn er tegenwoordig maar beperkte mogelijkheden vanwege bezuinigingen en vergrijzing. Enkele EU-landen met financiële problemen zijn door bezuinigingsprogramma's die zijn opgelegd door de 'troika' (het Internationaal Monetair Fonds, de Europese Commissie en de Europese Centrale Bank) gedwongen tot maatregelen die de vakbonden verzwakken en de lonen en uitkeringen voor gewone werknemers verlagen. Natuurlijk, maatschappelijke en politieke krachten kunnen in korte tijd sterk veranderen. Grote veranderingen komen bijna altijd schoksgewijs. Maar vakbondsacties en overheidsmaatregelen om de inkomensverdeling meer naar arbeid te verleggen liggen niet voor de hand in een wereld waarin robots steeds beter in staat zijn om menselijke werknemers te vervangen.

Er ligt eigenlijk maar één oplossing voor het probleem van de computerisering van werk in het verschiet. Die is dat werknemers gezamenlijk een substantieel aandeel krijgen in het bezit van de robotmachines die met hen gaan concurreren om hun banen en die de rol van kapitaal in de productie versterken. Werkenden moeten een deel van hun inkomen uit kapitaalbezit zien te halen in plaats van uit werk. Indien zij daarin niet slagen, zal de inkomensverdeling vermoedelijk steeds sche-

ver worden en zal er geleidelijk een nieuw soort economisch feodalisme ontstaan. Om een dergelijke polarisatie in de economie te voorkomen, moet het bezit van kapitaal dus breder worden gespreid.

Dat kan op meerdere manieren. Men kan denken aan werknemersbelangen in particuliere pensioenfondsen of andere collectieve spaarproducten die beleggen in aandelen op de beurs of rechtstreeks belang nemen in andere bedrijven. Een andere vorm is die waarbij werknemers zelf aandelen kopen of geld in beleggingsfondsen steken. Maar de vorm die wellicht de grootste economische voordelen oplevert in het kader van de robotisering en het teruglopende aandeel van inkomen uit arbeid, is mede-eigendom. Werknemers krijgen dan een eigendomsbelang in hun bedrijf, bijvoorbeeld door het bezit van aandelen die worden beheerd door een trust, door aandelenopties te ontvangen als onderdeel van hun beloning, door een deel van hun beloning te krijgen in de vorm van winstdeling of andere vormen van groepsprestatiebeloning, of door voordelig aandelen te kunnen kopen via een aandelenkoopregeling voor werknemers. Uit onderzoek van Blasi, Freeman en Kruse blijkt dat bedrijven met een beloningsbeleid dat werknemers een belang geeft in het kapitaal van hun bedrijf, gemiddeld beter presteren dan andere. Een eigendomsbelang leidt ertoe dat werknemers harder en slimmer gaan werken (Blasi et al. 2013). In de hele wereld zijn voorbeelden bekend van bedrijven die op een dergelijke manier werken: John Lewis in het VK, Google en de meeste andere high-techbedrijven in de VS, Mondragon in Spanje.

7.9 CONCLUSIE: BELEID VOOR HET ROBOTTIJDPERK

Hiervoor is gebleken dat het aandeel van kapitaal in het nationaal inkomen is toegenomen en dat er sprake is van een groeiende ongelijkheid. Daarnaast schrijden kunstmatige intelligentie en robotisering in rap tempo voort. Door de combinatie van deze processen dreigt de samenleving zich te ontwikkelen in de richting van een eenentwintigste-eeuws economisch feodalisme, waarin de kapitaalbezitters de macht over economie en maatschappij hebben. Het probleem hierbij is niet dat werknemers hun baan kwijtraken aan machines. Zolang het relatieve voordeel van machines varieert, zal er werk zijn voor mensen. Het probleem is dat de baten van de technologische vooruitgang voor het overgrote deel terecht zullen komen bij de eigenaars van de machines. Of dergelijke ongelijkheid zal leiden tot sociale onrust, zoals de OESO en veel andere organisaties ook nu al vrezen, of dat mensen de nieuwe feodale orde zullen accepteren – daar is nog geen uitspraak over te doen. Maar enorme ongelijkheid is geen wenselijke uitkomst van een technologische ontwikkeling die in principe gunstig zou kunnen uitpakken voor iedereen.

De beste oplossing voor dit probleem is dat werknemers een flink aandeel krijgen in het kapitaal van hun bedrijf. Wat kunnen burgers dan doen om mede-eigendom meer algemeen ingevoerd te krijgen? De VS voerden in 1974 de fiscaal vriendelijke

Employee Stock Ownership Plans in, die hebben bijgedragen tot de opkomst van een grote werknemersparticipatiesector waar thans dertien miljoen mensen werken. De EU heeft zich in de diverse Pepper-rapporten uitgesproken voor dergelijke regelingen en heeft deze organisatievormen ook gestimuleerd, maar zacht uitgedrukt met matig succes (Lowitzsch 2009). Frankrijk stelde in de jaren zestig onder De Gaulle winstdeling verplicht. In het Verenigd Koninkrijk hebben zowel Tory- als Labour-regeringen aandelenregelingen voor werknemers gestimuleerd. Veel landen maken dergelijke regelingen fiscaal aantrekkelijk. In de VS hebben zoveel bedrijven hun werknemers enige vorm van eigendomsbelang gegeven (inclusief vormen zonder speciale belastingvoordelen) dat om en nabij de helft van alle Amerikaanse werknemers tegenwoordig een deel van zijn beloning krijgt uit winstdeling, opties of aandelenbezit. In ons sterk gepolariseerde partijstelsel vinden mensen met zeer uiteenlopende ideologische en economische opvattingen het spreiden van eigendom een aantrekkelijk idee. Politieke partijen zouden bereid moeten zijn om bij overheidsopdrachten een voorkeursbehandeling te geven aan bedrijven die aan een bepaalde financiële basisnorm voor mede-eigendom voldoen.

Gezien de verschillen in historische achtergrond en economische structuur van de ontwikkelde kapitalistische landen is er geen sprake van één traject om het kapitalisme te hervormen door het vergroten van de mede-eigendom. Idealiter zal ieder land die manier kiezen die het best bij zijn economie past om te zorgen dat het leeuwendeel van de werknemers een inkomstenstroom krijgt uit de technologieën die de arbeidswereld veranderen. Als we er niet in slagen het bezit van kapitaal breder te spreiden dan momenteel het geval is, zullen velen van ons straks als slaaf voor de bezitters werken.

Wie de robots bezit, heeft de macht! We kunnen ze dus maar beter zelf bezitten.

LITERATUUR

- Atkinson, R. (2013) 'Robots taking all our jobs? Ridiculous', *InformationWeek*, 26 september, www.informationweek.com/global-cio/interviews/robots-taking-all-our-jobs-ridiculous/240161845.
- Bix, A.S. (2000) *Inventing ourselves out of jobs? America's debate over technological unemployment, 1929-1981 (Studies in Industry and Society)*, Baltimore/Londen: Johns Hopkins University Press.
- Blasi, J.R., R.B. Freeman en D.L. Kruse (2013) *The citizen's share: Putting ownership back in democracy*, New Haven, CT: Yale University Press.
- Brynjolfsson, E. en D. McAfee (2012) *Race against the machine: How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*, Lexington, MA: Digital Frontier Press.
- Cravens, H. en P.C. Mancall (2009) *Great depression: People and perspectives*, Santa Barbara, CA: Greenwood Publishing Group.
- Frey, C.B. en M.A. Osborne (2013) *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation*, Oxford: Oxford Martin School.
- Hardy, Q. (2013) 'IBM to announce more powerful Watson via the Internet.' *The New York Times*, www.nytimes.com/2013/11/14/technology/ibm-to-announce-more-powerful-watson-via-the-internet.html?_r=0&pagewanted=print.
- Lowitzsch, J., I. Hashi en R. Woodward (2009) *The PEPPER IV Report: Benchmarking of employee participation in profits and enterprise results in the member and candidate countries of the European Union*, Berlijn: Inter-University Centre at the Institute for Eastern European Studies, Free University of Berlin, www.efesonline.org/LIBRARY/2009/PEPPER%20IV%20Web%20Oct-09.pdf.
- Mishel, L., J. Schmitt en H. Shierholz (2013) *Robots: Assessing the job polarization explanation of growing wage inequality*, Working paper no. 295, Economic Policy Institute, www.epi.org/publication/wp295-assessing-job-polarization-explanation-wage-inequality.
- Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (2012) *OECD Employment Outlook 2012*, Parijs: OESO.
- Pecchi, L. en G. Piga (red.) (2008) *Revisiting Keynes: Economic possibilities for our grandchildren*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Pomfret, J.D. (1963) 'Automation called major cause in loss of 40,000 jobs a week,' *The New York Times*, 4 oktober.
- Rifkin, J. (1995) *The end of work: The decline of the global labor force and the dawn of the post-market era*, Kirkwood, NY: Putnam Publishing Group.
- Rockoff, J.D. (2013) 'Robots vs. Anesthesiologists.' *The Wall Street Journal*, 9 oktober, <http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424052702303983904579093252573814132>.
- Simon, H.A. (1965) *The shape of animation (for men and management)*, New York: Harper and Row.

- Snyder, M. (2013) 'Robots and computers could take half our jobs within the next 20 years', *The Economic Collapse*, 30 september, <http://theeconomiccollapseblog.com/archives/oxford-professors-nearly-half-our-jobs-could-be-automated-within-the-next-20-years>.
- Talbot, D. (2011) 'Tectonic shifts in employment', *MIT Technology Review*, 20 december, www.technologyreview.com/review/426436/tectonic-shifts-in-employment.
- Tankersley, J. (2013) 'Have the robots come for the middle class?', *The Washington Post*, 13 juli, www.washingtonpost.com/business/economy/have-the-robots-come-for-the-middle-class/2013/07/12/bac3b3c8-eaef-11e2-a301-ea5a8116d211_story.html.

NOOT

- 1 De auteur bedankt een anonieme referent en de redactie van IZA World of Labor voor hun nuttige commentaar op eerdere versies. IZA World of Labor onderschrijft de *IZA Guiding Principles of Research Integrity*. De auteur verklaart zich aan deze principes te hebben gehouden. Dit artikel is met toestemming van de auteur vertaald. Met dank aan Balance Vertalingen Maastricht voor de vertaling.

DE ROBOT VAN SLAAF TOT BAAS? ENIGE ARBEIDSRECHTELIJKE VRAGEN BIJ ROBOTISERING

Jan Popma

Doemscenario's doen het altijd goed. Elders in deze verkenning zijn er meerdere langsgelopen, zoals de 'race against the machine' (Brynjolfsson en McAfee 2011), de stelling dat de helft van de banen 'at risk' is (Frey en Osborne 2013), en zelfs een 'jobless future' (Ford 2015). Maar mij is het nog niet doem genoeg. Want 50 procent werkloosheid of juist nieuwe overvloed, het zal wel. Werk is echter meer dan brood op de plank. Voor brood, daar kunnen overheidsregelingen wel voor zorgen; denk aan een basisinkomen, herverdeling van werk of een andere vorm van her-distributie van de overvloed. De echt existentiële vraag is echter: hoe verhouden de mensen die nog wél aan het werk blijven zich in de toekomst tot de robot op de werkplek? Meer in het bijzonder: wat betekent het als de robot niet langer slaaf is, maar de baas?

Dat superintelligente robots te zijner tijd de baas worden, valt namelijk te voorzien. Het idee dat robots ooit slimmer zullen zijn dan mensen is immers niet langer sciencefiction, maar een scenario dat door serieuze wetenschappers als realistisch en zelfs onvermijdelijk wordt gezien (Bostrom 2014). Daarmee is nog niet gezegd dat robots de wereld zullen overnemen. Het lijkt mij echter niet onaannemelijk dat zij op de werkplek leidinggevende posities zullen bekleden. Feitelijk gebeurt dat nu al: op diverse terreinen nemen computersystemen beslissingen waar geen mens aan te pas komt en waar de menselijke werknemer zich maar aan heeft aan te passen. Anno 2010 verricht één op de vijf Europese werknemers werkzaamheden waarbij sprake is van een *machine-dictated workplace* (Parent-Thirion et al. 2012: 71). Het is overigens niet helemaal duidelijk wat de onderzoekers precies onder *machine-dictated* verstaan. Gedacht kan worden aan de lopende band, maar ook aan workflow-systemen die bepalen in welke volgorde werknemers bepaalde taken moeten verrichten, en in welk tempo.

In de meeste gevallen gaat het daarbij nog om anonieme, gezichtsloze systemen, die onder betrekkelijk gecontroleerde condities voorgeprogrammeerde beslissingen nemen. Op termijn zullen superintelligente computers echter ook autonoom beslissingen kunnen nemen, zeker als zij zelflerend zijn en responsief kunnen omgaan met snel veranderende omstandigheden. Waar robots nu worden ontwikkeld voor 'collaborative' of dienstverlenende taken, waarbij zij al een zekere mate van responsiviteit vertonen, zullen zij in de toekomst ook geschikt zijn voor leidinggevende taken. Experimenten van onderzoekers aan de Universiteit van Manitoba laten zien dat een aanzienlijk deel van de proefpersonen gewoon gehoorzaamt aan opdrachten die door een robot worden verstrekt (Young en Cormier 2014; Geiskkovitch 2015).

Dat werkgevers in de nabije toekomst humanoïde robots zullen aanschaffen die als leidinggevende optreden, is dan ook denkbaar. Daarmee is de robot niet langer een ‘slaaf’ (de term ‘robot’ komt van het Tsjechische woord voor ‘dwangarbeid’; Čapek 1920), maar de ‘baas’. Nog los van de psychologische effecten van een dergelijke omkering in de dialectische meester-slaafverhouding, roept zij ook een aantal juridische vragen op.

De eerste is of werknemers moeten gehoorzamen aan een robot. Werknemers dienen te voldoen aan “redelijke bevelen of opdrachten (...) door of *namens de werkgever* verstrekt” (cursief JP), en een hardnekkige weigering aan die opdrachten te voldoen kan grond voor ontslag zijn (art. 7:669 lid 1 sub d-e BW). Interessant is dan de vraag of een robot *namens de werkgever* bevelen of opdrachten kan geven en, zo ja, of de werknemer die vervolgens moet uitvoeren. Uit de genoemde studies van Young en Cormier (2014) en Geiskkovitch (2015) blijkt namelijk een aanzienlijk deel van de werknemers te gehoorzamen, maar een groter deel van de proefpersonen te weigeren. Mag de robot een hardnekkig weigerende werknemer op staande voet ontslaan (art. 6:677 jo. 7:678 lid 2 sub j BW)? Als robots een rol spelen bij sollicitaties, zoals ze inmiddels doen, waarom dan niet ook bij ontslag? Dan kunnen ze mooi robotklonen in dienst nemen, die ten minste wél zonder mankeren doen waar de opperrobot om vraagt.

Een tweede vraag die kan gaan spelen, zeker bij superintelligente systemen, is of een robot zelfs de algehele leiding over de onderneming op zich kan nemen (wellicht zelfs als *World Coordinator*, zoals Asimov (1950) lijkt te suggereren). De leiding van een onderneming kan momenteel alleen in handen liggen van een natuurlijk persoon of een rechtspersoon (die dan ook nog door een natuurlijke persoon moet zijn vertegenwoordigd). Een robot is geen van beide, dus er zal een specifieke rechtsvorm ontwikkeld moeten worden – althans, als we het wenselijk achten dat de robot het voor het zeggen krijgt binnen de onderneming. In dat geval doemen er echter juridische problemen op. Robots zijn immers niet onfeilbaar. Kan de robot bij onbehoorlijke taakvervulling worden aangesproken op grond van art. 2:9 BW of, indien een op hol geslagen robot de onderneming naar het faillissement leidt, op grond van art. 2:248 BW? De robot is immuun (en in ieder geval ongevoelig) voor civielrechtelijke of strafrechtelijke sancties. Dus waarom zou een zelflerende robot aan de top het belang van de onderneming dienen? Waarom niet zijn, voor mensen allicht ondoorgrondelijke, eigenbelang (Bostrom 2014)?

Een derde vraag is, meer in het algemeen, waar de aansprakelijkheid ligt als een zelflerende robot, op basis van zijn leerervaringen en niet langer louter op grond van voorgeprogrammeerde beslisalgoritmen, autonoom beslissingen neemt die tot ernstige schade leiden? De ondernemer is in dat geval aansprakelijk, zoveel lijkt duidelijk. Maar op grond waarvan eigenlijk? Of een robot een ‘roerende zaak’ is die een ‘bijzonder gevaar’ oplevert, is mij niet geheel duidelijk. Evenmin of de zelflerende robot gezien kan worden als ‘ondergeschikte’ (art. 6:170 BW), ‘niet-ondergeschikte’ (art. 6:171 BW) of ‘vertegenwoordiger’ (art. 6:172 BW)? In de *Principles of European Tort Law* is sprake van aansprakelijkheid voor ‘auxiliaries’ (art. 6:102 PETL) – een toepasselijke term voor robots wat mij betreft. Onder de PETL wordt echter toch met name gedacht aan

hulppersonen – mensen dus. Door onduidelijkheid over de juridische status van de robot kan de gelaedeerde tussen wal en schip verzeild raken. Dient de robot dus wellicht als zelfstandig rechts-subject gezien te worden? Er zijn al stemmen die de vraag stellen of robots rechtspersoonlijkheid zouden moeten krijgen (Van den Hoven van Genderen 2014; Van der Pluijm 2013).

Doemscenario's doen het altijd goed, en hierboven heb ik er nog een schepje bovenop willen doen. Ten onrechte, wellicht. Want zijn werknemers niet gewoon beter af met een intelligente robot dan een menselijke psychopaat als baas (Mathieu 2014)? Zouden superintelligente robots niet tot evenwichtiger besluiten komen dan door testosteron aangevuurde alfa-mannetjes of, in minder vleeiende bewoordingen, *corporate psychopaths*? Zouden robots zitting moeten kunnen nemen in de Raad van Commissarissen, een voorrecht dat op grond van art. 2:57 BW nu nog aan natuurlijke personen is voorbehouden – mensen van vlees en bloed, met alle beperkingen die hen eigen zijn? Worden veel schades niet juist veroorzaakt door menselijk falen en maken intelligente robots niet gewoon minder fouten dan mensen die beslissen onder *bounded rationality*? Reden genoeg om juist te pleiten voor de robot als baas.

Psychologisch gezien lijkt het mij echter onwenselijk dat mensen ondergeschikt worden aan machines. Het is wellicht zelfs in strijd met de menselijke waardigheid (art. 1 Handvest van de Grondrechten van de Europese Unie) als werknemers aan machines moeten gehoorzamen (al doet het feit dat één op de vijf werknemers werkt volgens een *machine-dictated workspace* vermoeden dat dit momenteel niet zeer problematisch gevonden wordt). Maar wellicht kunnen werknemers aan artikel 1 wel het recht ontleenen de robot te negeren. Wat we echter niet kunnen negeren, is dat intelligente robots hun opmars op de werkvloer zullen voortzetten, en dat dit indringende vragen stelt aan het arbeidsrecht.

LITERATUUR

- Asimov, I. (1950) *I, robot*, Astounding Science Fiction.
- Bostrom, N. (2014) *Superintelligence: Paths, dangers, strategies*, Oxford: Oxford University Press.
- Brynjolfsson, E. en A. McAfee (2011) *Race against the machine: How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*, z.p.: Digital Frontier Press.
- Čapek, K. (1920) *R.U.R. (Rossumovi univerzální roboti / Rossum's Universele Robot)*.
- Ford, M. (2015) *Rise of the robots: Technology and the threat of a jobless future*, New York: Basis Books.
- Frey, C.B en M.A. Osborne (2013) *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?*, Oxford: Oxford Martin School.
- Geiskkovitch, D. et al. (2015) 'Autonomy, embodiment and obedience to robots', in *Proceedings 10th ACM /IEEE conference on Human-Robot Interaction*, 235-236.
- Hoven van Genderen, R. van den en E. van Duin (2014) '... en verdient eigen rechten', in: *NRC Handelsblad* 20 december.

Mathieu, C. (2014) 'A dark side of leadership: Corporate psychopathy and its influence on employee well-being and job satisfaction', *Personality and Individual Differences* 59: 83-88.

Parent-Thirion, A. et al. (2012) *Fifth European working conditions survey: Overview report*, Luxembourg, Publications Office of the European Union.

Pluijm, H. van der (2013) *Rechten en plichten voor robots*, PC Active.

Young, J. en D. Cormier (2014) 'Can robots be managers, too?' *Harvard Business Review* 2 april.

8 ANDERS DAN ZIJ. ONDERWIJS VOOR EEN ROBOTSAMENLEVING

Casper Thomas

8.1 INLEIDING

Onlangs zocht ik contact met mijn zorgverzekeraar. Het ging om een kleinigheid, namelijk een formulier in het Engels dat bevestigde dat ik gedekt was voor medische behandeling in het buitenland. Op de website van de verzekeraar werden meerdere mogelijkheden aangeboden om die aanvraag te doen. Ik kon een brief sturen, bijvoorbeeld. Binnen twee weken zou ik dan antwoord krijgen. Ik kon de verzekeraar telefonisch bereiken, een handeling waar wachttijd en belkosten aan verbonden waren. Verreweg de snelste optie was de webchat. Die beloofde ‘direct antwoord’. Met een muisklik opende zich een venster waarin ‘Sylvia’ mij welkom heette en vroeg wat ze voor mij kon doen. Binnen een paar minuten was het benodigde formulier opgevraagd en per e-mail verzonden. Sylvia antwoordde op al mijn vragen in korte, heldere zinnen. Ik was een tevreden klant.

Wel vroeg ik me af: bestaat Sylvia echt? Zat er ergens op een kantoor in Nederland een vrouw met die naam, samen met andere vrouwen (ik heb nog nooit een man getroffen bij deze helpdesk) te chatten met klanten? Ik besloot het te vragen. Op scherm verscheen de volgende dialoog.

Sylvia: Heeft u nog verdere vragen?
 Ik: Eh, ja. Nog een vraag: bent u een mens of een robot?
 Sylvia: Nee hoor, ik ben van vlees en bloed.

Was dit waar? Misschien vroegen meer klanten zich af of ze met mensen of met machines te maken zouden hebben wanneer ze contact onderhielden met hun zorgverzekeraar. Het antwoord ‘ik ben van vlees en bloed’ zou prima voorgeprogrammeerd kunnen zijn. Een dergelijke formulering wekt het vertrouwen dat er inderdaad iemand aan de andere kant van het scherm zit. Ik bleef onzeker achter. Wat ik meemaakte, kortom, was mijn eigen kleine versie van de Turing Test. Dat experiment, beschreven door computerwetenschapper Alan Turing in 1950, draait om de vraag of een proefpersoon met vragen kan achterhalen of hij met een mens of een computer communiceert. De computer slaagt voor de Turing Test op het moment dat kunstmatige intelligentie niet van menselijke intelligentie te onderscheiden valt.

Mijn ontmoeting met Sylvia was een ontmoeting met de nabije toekomst. Auteurs als Brynjolfsson en McAfee (2012) en Armstrong (2014) drukken ons met de neus op de feiten: computers worden steeds sneller en slimmer, en het punt

waarop ze menselijke vaardigheden op alle fronten voorbijstreven komt steeds dichterbij. Daarmee wordt de wereld van het werk volledig op zijn kop gezet. Taken waar nu nog mensenhanden of een mensenbrein voor nodig zijn, kunnen in toenemende mate door machines worden gedaan. En niemand is veilig. “Ooit betekende ‘routinewerk’ aan de lopende band staan. De realiteit van vandaag is anders. Terwijl laagopgeleid werk ongetwijfeld zal blijven worden gemaakt, zullen veel universitair geschoolden merken dat hun baan óók binnen bereik komt nu software, automatisering en voorspellende algoritmen in rap tempo kundiger worden”, schrijft auteur en Silicon Valley-ondernemer Ford (2015).

Het wordt de *robotohypothese* genoemd: het op grote schaal vervangen van menselijke arbeid door machines. Deze ontwikkeling heeft weer ingrijpende gevolgen voor wat er aan een arbeidzaam leven vooraf gaat: onderwijs. Een toekomst waarin de machine doet wat de mens ooit deed betekent dat we anders moeten nadenken over hoe we mensen opleiden. Het is zinloos om te investeren in vaardigheden die niet zo goed kunnen worden uitgevoerd door machines die nooit ziek of moe worden. De robotrevolutie zet de vraag op scherp: wat moeten mensen, jong en oud, leren om in de toekomst niet overbodig te worden? Hoe ziet een robot-proof curriculum eruit? En maakt de mens eigenlijk wel kans in de race tegen de machine?

Het gaat hier niet om sciencefiction. In 2014 vroeg het Amerikaanse Pew Research Centre aan bijna 2000 technologie-experts of technologie in het jaar 2025 meer banen zou vernietigen dan zij zou creëren. De helft antwoordde ja, de andere helft nee (Smith en Anderson 2014). Volgens de Boston Consulting Group kan in 2025 een kwart van het huidige werk door robots worden gedaan (BCG 2015). Verschillende bedrijven maken al gebruik van computerprogramma's om klantvragen te beantwoorden. De Zweedse meubelgigant Ikea heeft 'Anna' in dienst, een virtuele helpdeskmedewerker. Bij online-warenhuis bol.com word je geholpen door 'Billie' ('onze virtuele assistent. Hij is geen echt persoon maar kan overal mee helpen'). 'Customer Service Representative' staat op plaats 315 op een lijst met 702 soorten arbeid, gerangschikt naar de kans dat ze komende twintig jaar door technologie vervangen zullen worden. Dit type werk scoort 0,55, waarbij een score van 1 staat voor 'wordt zeker vervangen door robots'.

De lijst met bedreigde beroepen werd opgesteld door Frey en Osborne (2013). In samenwerking met dit duo maakte de BBC onlangs een webapplicatie waarmee mensen kunnen checken hoe groot de kans is dat hun werk door een machine kan worden overgenomen binnen nu en twintig jaar. De zoekmachine bevestigt de voorspelling van Martin Ford: ook geschoold werk komt in aanmerking voor automatisering. IT-ingenieur scoort 57,7 procent in de BBC-index; een technische baan in de farmaceutische sector 91,7 procent; en bijna alle vormen van administratief

werk komen uit boven 90 procent (fijn voor de Engelsen: pub-eigenaar staat helemaal onderaan, met 0,4%). Van de banen in het Verenigd Koninkrijk kan 35 procent binnen twintig jaar volledig worden geautomatiseerd.

8.2 EEN DIPLOMA IS NIET LANGER DE OPLOSSING

Technologische vooruitgang heeft in het verleden altijd banen vernietigd en tegelijk nieuwe gecreëerd. Het standaardantwoord op die creatieve vernietiging, die volgens sommigen economen inherent is aan het kapitalisme, is altijd geweest: zorg dat je goed opgeleid bent. Omdat laaggeschoolde arbeid als eerste door machines wordt overgenomen, hebben overheden in ontwikkelde landen de afgelopen decennia ingezet op een zo hoog mogelijk opgeleide bevolking. “Het economisch verhaal van de twintigste eeuw is voornamelijk een verhaal van mensen die cognitieve vaardigheden opdoen via onderwijs, waarmee economieën wereldwijd uitdijden en de levensstandaard van miljarden verbeterde”, schrijft Colvin (2015). Voor studerende is het al ‘klimmen naar hoger gebied terwijl het water stijgt’: hoe meer laagopgeleid werk door machines wordt vervangen, hoe meer regeringen hun best doen om hun bevolking daartegen te beschermen door ze de onderwijs-ladder op te sturen.

Bijna een eeuw lang is het goed gegaan, zo beschrijven de economen Goldin en Katz (2010). Technologische vooruitgang en onderwijs vormden een duo dat het beste in elkaar naar boven haalde. Technologische doorbraken zoals de uitvinding van elektriciteit en van de computer vroegen om werknemers die de kennis en de vaardigheden hadden om hiermee om te gaan. Door zichzelf te scholen bleven die werknemers inzetbaar, ook al maakte diezelfde vooruitgang sommige banen overbodig. *Skill-biased technological change* heet het in de literatuur: de manier waarop onze economie zich ontwikkelt, pakt uit in het voordeel van mensen met adequate vaardigheden. Je kunt het ook *education-biased technological change* noemen: in de moderne economie loont het om naar school te gaan.

Nog steeds wordt educatie gezien als middel waarmee mensen voorop kunnen blijven lopen in de wedloop tegen de machines. In het verleden werd “de race tussen technologie en onderwijs gewonnen door onderwijs”, schrijft het Rathenau Instituut. “Ook nu worden scholing en investeringen in het onderwijs genoemd als belangrijke beleidsopties om ervoor te zorgen dat mensen de juiste vaardigheden hebben voor het werk van de toekomst” (Van Est en Kool 2015). Maar onder verschillende experts die zich in de robottoekomst hebben verdiept, groeit de twijfel over de vraag of onderwijs nog wel een probaat middel is om mensen te wapenen tegen voortschrijdende technologie die arbeid als bron van inkomsten bedreigt.

Het huwelijk tussen technologische vooruitgang en onderwijs begint barsten te vertonen, concluderen Goldin en Katz (2010). Hoogopgeleid werk, traditioneel duur voor werkgevers, kan volgens hen in toenemende mate goedkoop worden uitgevoerd door werknemers in ontwikkelingslanden, maar vooral door machines. Die ontwikkeling is al een tijdje aan de gang maar de gevolgen beginnen nu merkbaar te worden. “In de eerste helft van de twintigste eeuw liep onderwijs vooruit op technologie, maar later in de eeuw liep technologie vooruit op de meerwaarde van onderwijs”, schrijven de auteurs. En inmiddels is het omslagpunt bereikt: “Een diploma maakt je niet langer onmisbaar”, zo vatten zij het huidige tijdperk samen.

Hoewel de analyse van Goldin en Katz (2010) betrekking heeft op de Verenigde Staten is zij mede van toepassing op andere ontwikkelde economieën: overal neemt de meerwaarde van (hoger) onderwijs af. De Duitse econoom Marin (2014) zette de relatieve meeropbrengsten van het volgen van tertiair onderwijs uiteen voor verschillende landen, waaronder Duitsland, Frankrijk, het VK, Spanje en Italië. Uit haar grafieken bleek dat de *skills premium* (het verschil in verdiensten tussen geschoold en minder geschoold werk) de afgelopen twintig jaar in de meeste gevallen is afgenomen. De meest steekhoudende verklaring volgens Marin is dat ‘fysiek kapitaal menselijk kapitaal vervangt’, waarbij fysiek kapitaal ‘technologie’ betekent. “Intelligente machines zijn bezig het werk van geschoolde mensen zoals advocaten, dokters, professors en journalisten over te nemen”, schrijft zij. En dat heeft alles te maken met de fase van de robotrevolutie die inmiddels is aangebroken, waarin hoog- en laagopgeleid, routiniseerbaar en niet-routiniseerbaar werk voor automatisering in aanmerking komen. Dat is een kenmerk van de huidige robotrevolutie: die vreet zich door de hele opleidingspiramide heen.

8.3 EEN NIEUWE INDUSTRIËLE REVOLUTIE

Na de industriële revoluties van de voorbije eeuwen staan we nu aan de vooravond van een nieuw technologisch tijdperk, zo schetsen Brynjolfsson en McAfee (2014): “Computers en andere digitale apparatuur doen met mentale kracht – het vermogen onze hersenen te gebruiken om onze omgeving te begrijpen en te veranderen – wat de stoommachine met spierkracht deed.” In de twintigste eeuw werd vooral routinematig werk waar weinig denkkracht voor nodig was vervangen door machines. In de eenentwintigste eeuw komt echter veel meer werk in de gevaarzone terecht, concluderen ook Frey en Osborne (2013). Het werk van helpdeskmedewerker Sylvia, klantvragen beantwoorden voor een zorgverzekeraar, is de perfecte illustratie. Die baan vraagt denkwerk, maar niet al te veel creativiteit en vernuft. Juridische teksten analyseren en medische gegevens lezen, zijn vormen van arbeid met een groot risico om binnen een paar decennia volledig weggeautomatiseerd te worden (Frey en Osborne 2013). Anders gezegd: Sylvia kan besluiten

om zich via de avondschool op te werken tot professional die verzekeringsclaims kan beoordelen, maar ook dat biedt hooguit tijdelijk soelaas. Dat type werk heeft 98 procent kans om binnen twintig jaar door een machine te worden vervangen.

“Technologie was een instrument dat door werkenden gebruikt werd om productiever en daarmee meer waardevol te worden. Dat spelletje is voorbij”, zegt Ford (2014), in een interview dat ik met hem had over Skype. Vandaag de dag zien we dat machines beter en beter worden in precies dat kenmerk dat mensen van machines onderscheidt: hun vermogen om te analyseren en te denken. Machines gaan het beter doen dan mensen, ook in intellectuele zin.

Ford ziet al de eerste voortekenen van een toekomst waarin hoogopgeleid zijn geen garantie meer is voor het vinden van goedbetaald werk. De New Yorkse financiële sector, traditioneel pleisterplaats van de *best and brightest* studenten, had in 2013 de helft minder mensen in dienst dan een decennium daarvoor, “terwijl de omvang van de transacties en de winsten enorm toenam”, aldus Ford. Een derde van de Amerikanen met een diploma in een van de ‘STEM’-vakken (Science, Technology, Engineering, Maths) heeft werk waar een technische opleiding niet voor nodig is. De bedrijven die drijvende kracht achter de digitale revolutie vormen, start-ups en grote tech-bedrijven, hebben als kenmerk dat ze grote winsten maken met relatief weinig personeel. YouTube werd opgericht in 2005 door drie mensen en werd twee jaar later gekocht door Google voor 1,65 miljard dollar. WhatsApp had 55 mensen in dienst toen Facebook het in 2014 kocht voor 19 miljard dollar. Veel verdienen, weinig banen, dat is het verhaal van de digitale economie. Vergeet de wedloop tussen technologie en onderwijs, is de boodschap van Ford. Of je nu conciërge met een bezem bent, of wiskundige met een PhD in de hand, de robots komen eraan en vreten alle banen op. Laagopgeleiden zijn als eersten aan de beurt zijn, maar op den duur wacht de *jobless future* iedereen.

Daarmee moeten we de mogelijkheid accepteren dat technologische verandering veel minder *skill-biased* is, wordt geconcludeerd in Westlake (red.) (2014), een bundel over hoe het Verenigd Koninkrijk zich moet voorbereiden op een geautomatiseerde toekomst. In een gesprek dat ik met Westlake voerde ter voorbereiding van de onderhavige verkenning, haalt hij de beleidslogan van oud-premier Tony Blair aan: ‘education, education, education’. “Dat waren de jaren negentig”, zegt Westlake. “Zowel in Europa als in de Verenigde Staten werd onderwijs gezien als middel om ervoor te zorgen dat arbeid winstgevend zou blijven. Mensen kregen meer vaardigheden en konden daarmee aanspraak maken op een hoger loon. In een robottoekomst gaat dat niet meer op. Er blijft behoefte aan mensen met vaardigheden, maar de meeste winsten zullen terechtkomen bij de eigenaars van de robots. Onderwijs is simpelweg niet zo meer nuttig als het ooit was.”

De woorden van Ford (2014) en Westlake (2014) wijzen op een terugkeer naar de negentiende eeuw, met een scherpe tegenstelling tussen arbeid en kapitaal. Het robotkapitalisme lijkt sterk op het industriële kapitalisme dat Marx uit zijn slaap hield: een economisch systeem waarin grote delen van de bevolking enkel hun arbeid hebben om te verkopen. In zekere zin is de toekomst zelfs grimmiger. Als de robotothypothese uitpakt zoals Ford voorziet, dan is er niet eens vraag meer naar een werkende klasse. Chat-hulp Sylvia kan skills vergaren wat ze wil, maar ze vecht tegen de bierkaai. Haar enige oplossing is het visioen dat sommige techno-optimisten op de robottoekomst plakken: een samenleving waarin machines het werk doen en mensen hun dagen kunnen slijten met dingen die leuker zijn dan achter een scherm zitten en e-mails beantwoorden. Volgens Brynjolfsson en McAfee (2014) zijn consumenten de grote winnaars van het tweede machinetijdperk: “Lagere prijzen en meer vrije tijd worden mogelijk tekenen van vooruitgang, zelfs als die resulteren in een kleiner bbp”, schrijven zij.

Hoe dan ook gaat hiermee de traditionele wedloop tussen onderwijs en technologie een heel andere kant op. Na anderhalve eeuw waarin diploma's het geheime trucje waren waarmee de mens voor bleef op de machine, is het volgens sommigen tijd om op te geven. “Onderwijs is simpelweg geen antwoord meer, geen duurzame oplossing”, zegt Ford (2014). “Als persoonlijk advies zou ik nog steeds zeggen: probeer zoveel onderwijs te krijgen als je kunt. Voor een individu is er niets beters denkbaar dan onderwijs, maar een oplossing voor de maatschappij als geheel is het in steeds mindere mate.” Als voornaamste antwoord op dit probleem stelt Ford een basisinkomen voor, een ‘burger-dividend’ dat iedereen krijgt uit de winst die machines voor ons zullen maken.

Ford hanteert een langetermijnperspectief. Dertig tot vijftig jaar is het tijdspad dat hoort bij zijn visie van een banenloze toekomst. Ook Brynjolfsson en McAfee (2014) werpen hun blik ver vooruit. “Het is tijd om de discussie te starten over welke maatschappij we willen bouwen rondom een *labour-light* economie”, schrijft het duo. “Hoe kan de overvloed in zo'n economie worden verdeeld? Hoe zien een bevredigend leven en een gezonde gemeenschap eruit als die niet meer draaien om werk zoals we dat kennen uit het industriële tijdperk? Hoe moeten we het onderwijs, het sociale vangnet, het belastingstelsel opnieuw bedenken?”

Het is zeker zinvol na te denken over wat het betekent te leven in een wereld waarin menselijke arbeid in toenemende mate dankzij machines overbodig wordt, of te speculeren over hoe we de vruchten van een bloeiende roboteconomie kunnen verdelen. Maar de weg daarnaar toe is lang en omgeven met onzekerheden. “Wij zijn elke dag bezig robots te ontwikkelen, ook robots die zich in menselijke situaties staande moeten kunnen houden en moeten kunnen interacteren met mensen. Dan zie je hoe moeilijk het is,” vertelt Vanessa Evers me. Zij is hoogleraar

sociale robotica aan de Universiteit Twente, en doet onderzoek naar mens-robot-interactie. “Als ik hoor dat straks al het werk van een huisarts door een robot gedaan kan worden, denk ik: het is al oneindig ingewikkeld om een robot een dag in de lucht te houden zonder constante monitoring en ondersteuning van mensen.”

Evers ziet een toekomst waarin vooral de taakverdeling tussen mens en machine verandert. “Computers kunnen een aantal taken overnemen, en in andere dingen zijn mensen beter. Het heersende beeld is: straks komt die robot eraan, bijvoorbeeld in de gezondheidszorg. Die rolt de ziekenhuiskamer binnen en de verpleger zie je niet meer. Waarschijnlijker is dat we taken gaan delegeren: de robot om de vloer te dweilen, het bed te verschonen en standaardmetingen te verrichten, voedsel te halen en te brengen. De verpleger is ervoor om de hele mens te zien en werkelijk in te schatten hoe het met een patiënt gaat.”

We moeten kritisch zijn op de extreme voorspellingen over de robottoekomst, zegt Mark Keese (OESO). “Het type vaardigheden waar behoefte aan is, verandert. Het is daarom belangrijker dat kinderen digitaal geletterd zijn. Maar de noodzaak voor het compleet overhoop halen van het onderwijs zie ik niet. Er blijft behoefte aan een continuüm aan vaardigheden, zowel nieuwe als bestaande. Wat dat betreft is deze fase van technologische verandering niet anders dan voorgaande.” Wat wel anders is, aldus Keese, is de reikwijdte en het tempo van de huidige automatisering en robotisering. Daarom moet we er volgens hem bovenop zitten. “Er is behoefte aan een veel beter informatiesysteem dat bijhoudt welke vaardigheden landen nu en in de toekomst nodig hebben. Dat informatiesysteem dient toegankelijk te zijn voor alle partijen die investeren in onderwijs en training.”

Voordat de banenloze toekomst een feit is, zullen er eerst nog generaties jongeren naar school gaan en vervolgopleidingen kiezen. Miljoenen volwassenen zullen zich omscholen om van carrière te wisselen. Dit gebeurt tegen een achtergrond van verdergaande automatisering, waarin plotselinge veranderingen mogelijk zijn. Daarom staat hierna een van de vragen van Brynjolfsson en McAfee (2014) centraal: hoe moeten we onze kijk op onderwijs aanpassen aan de robotrevolutie?

8.4 DE TOEKOMST IS CREATIEF EN SOCIAAL

Leg die vraag voor aan experts en je krijgt een opvallend antwoord. In tegenstelling tot wat vaak wordt geroepen, is het niet de kunst om de techniek te maken of te beheersen waar in het onderwijs meer aandacht aan moet worden besteed. “Mensen overschatten het belang van technische vaardigheden”, zegt Stian Westlake in ons interview. “In een high-techwereld zijn vaardigheden nodig die niet high-tech zijn. Het succes van de producten van Apple is voor een deel design, maar vooral ook goede marketing. De iPhone is populair omdat Apple erin slaagt mensen ervan

te overtuigen dat ze dit product moeten kopen.” Ook de veelgehoorde kreet dat alle kinderen moeten leren coderen, zet Westlake in perspectief. “Daarvan moeten we het belang niet overschatten. De programmeervaardigheden die je kinderen nu kunt leren zijn zo goed als zeker verouderd tegen de tijd dat ze er baan mee gaan zoeken.”

Westlake (2014) stelt dat de opmars van slimme machines niet meer kennis van die machines vraagt, maar juist van kennis van de mens zelf. “Menselijk werk in een roboteconomie vereist de vaardigheden die een robot moeilijk kan ontwikkelen, zoals creativiteit, empathie en sociale vaardigheden.” Tegelijk worden niet-cognitieve vaardigheden zoals doorzettingsvermogen en veerkracht belangrijker, constateert Westlake. Zijn NESTA-rapport wijst op het onderliggende adagium waarmee het onderwijs robot-proof kan worden gemaakt. Niet: probeer de robots te verslaan op hun terrein (dat was het oude adagium), maar: verleg de strijd naar een terrein waar machines niet kunnen komen, namelijk dat van de menselijke interactie en de sociale vaardigheden.

Westlake krijgt bijval van Frey, samen met Osborne opsteller van de lijst met bedreigde beroepen. “Wij hebben gekeken of er patronen te vinden zijn in de banen die de kleinste kans hebben om te verdwijnen als gevolg van automatisering”, zegt hij aan de telefoon vanuit Oxford. Voor drie soorten werk ziet hij voornamelijk grote obstakels voor robotisering: banen die creativiteit vereisen, banen die draaien om het verzinnen van nieuwe ideeën en producten en banen die gebaseerd zijn op sociale interactie. Volgens Frey is het aanleren van puur technische vaardigheden niet meer van groot belang. “Goed onderwijs betekent dus niet enkel *hard tech-skills* aanleren, maar vooral ook het vermogen om problemen te kunnen oplossen op een creatieve manier en het vermogen om met andere mensen om te gaan, ze te overtuigen, met ze te onderhandelen”, aldus Frey.

Een onderwijsfilosofie die daarbij aansluit komt van Seely Brown (2015), die stelt dat de huidige tijd vraagt om ‘ondernemend leren’. Hij bepleit dat we af moeten stappen van het idee dat onderwijs je een setje vaardigheden en kennis meegeeft waarmee je vervolgens een werkend leven kunt beginnen. “We nemen afscheid van de twintigste-eeuwse opvatting van leren als het oppikken van een vastgesteld pakket, in ruil voor een opvatting uit de eenentwintigste eeuw dat leren betekent: je vaardigheden constant aanpassen en verbeteren” (Seely Brown 2015).

Seely Brown omschrijft ondernemend leren als een combinatie van denken en maken. *Tinkering* is het woord dat hij gebruikt (knutselen in het Nederlands, al klinkt dat wat simpel). Het bijzondere aan *tinkering* is dat het een combinatie van technische vaardigheid en kritisch denken vraagt. Wie iets maakt, software bij-

voorbeeld, moet zichzelf constant afvragen: werkt dit in de context waarin het wordt toegepast? Iets maken gaat niet alleen om functionaliteit, maar ook om de sociale context.

Tinkering sluit aan bij de soort samenleving die de digitale revolutie heeft opgeleverd: een samenleving waarin kennis in overvloed voorhanden is en waarin het niet zozeer de kunst is om iets te weten, maar om verbanden te kunnen leggen. “Onderwijssystemen zijn er vandaag de dag op gericht kennis naar studenten toe te duwen. Maar het internet stelt studenten in staat informatie op iedere moment naar zich toe trekken”, schrijft Seely Brown (2015). Ondernemend leren betekent daarom ook: goed worden in informatie naar je toetrekken en verbindingen te leggen om zo nieuwe problemen op te lossen. Die vaardigheid, op zijn beurt, past weer bij de manier waarop innovatie op dit moment eruitziet: er zijn geen grote nieuwe doorbraken, maar er is vooral sprake van het combineren van bestaande technologieën.

Ook volgens Keese betekent de robotrevolutie dat er steeds meer nadruk moet worden gelegd op het probleemoplossend vermogen in het onderwijs. “Kennis en ervaring mobiliseren om een probleem op te lossen dat men nog niet eerder is tegengekomen, wordt belangrijker. Computers zijn zeer bekwaam in het oplossen van *bestaande* problemen, maar met onbekende vraagstukken is dat een stuk lastiger. De les voor het onderwijs is: minder uit het hoofd leren, minder routineproblemen oplossen, en het probleemoplossend vermogen van kinderen stimuleren.” Evers noemt als het fundamentele verschil tussen mens en robot: het vermogen zich aan een nieuwe situatie aan te passen. “Een robot is heel goed te programmeren voor een specifieke taak in een specifieke omgeving, zoals het monitoren van straling in een kernreactor of stofzuigen. Maar zet die robot in de tuin en hij heeft geen idee wat hij moet doen. Het zich nuttig kunnen maken in een veranderende context is heel lastig voor robots.”

Creativiteit, sociale vaardigheden, ondernemend leren, probleemoplossend vermogen, je aanpassen aan een nieuwe omgeving zijn in feite meta-vaardigheden. Zij hebben niet zozeer inhoud van zichzelf, maar zijn manieren om situaties, vraagstukken en problemen tegemoet te treden. In die lijst met vaardigheden is de robotohypothese terug te zien. De economie van de vorige eeuw draaide vooral om het opdoen van nieuwe technische vaardigheden en specifieke kennis, die vervolgens goed beloond werden in de banenmarkt. Wie iets kon wat iemand anders niet kon, of iets wist wat iemand anders niet wist, was waardevol. In een economie waarin iedereen in principe alles kan weten (omdat het makkelijk op te zoeken is) en robots veel van wat we kunnen doen beter zullen doen, verschuift de invulling van onderwijs vanzelf in de richting van meer abstracte vaardigheden om op die verandering in te spelen. De vraag: ‘wat zijn de vaardigheden die iemand moet leren om mee te draaien in de economie van de eenentwintigste eeuw?’ is daarmee

eigenlijk de verkeerde. Het *inhoudelijke* antwoord op de vraag welke vaardigheden in de toekomst nodig zijn is eigenlijk niet te geven omdat het kenmerk van het robottijdperk juist is dat iets waar nu nog mensen voor nodig zijn, plotseling door een machine kan worden overgenomen.

8.5 HERWAARDERING VOOR DE ALFAWETENSCHAPPEN

In 1972 schreef Hubert Dreyfus het boek *What computers can't do*, waarin hij voorspelde dat een computer nooit beter zou worden in schaken dan de beste menselijke spelers. Toch wist IBM-computer Deep Blue wereldkampioen schaken Gary Kasparov in 1997 te verslaan. Psycholoog Steven Pinker schreef in 2007 dat de wereld om je heen interpreteren en er doorheen bewegen zo onmetelijk complex is, dat robots dat nooit zouden kunnen. “Zie de afwezigheid van vaatwassers die zichzelf uitruimen of stofzuigers die trappen kunnen lopen.” Inmiddels kunnen zelfrijdende vehikels zonder brokken de weg op, heeft een Duitse universiteit een robot ontwikkeld die een vaatwasser kan uitruimen en gaat het traplopen robots steeds beter af.

Beide voorbeelden worden aangehaald in Colvin (2015). De auteur stelt dat veel dingen waarvan we denken ‘dat kan alleen een mens’, blijken toch ineens binnen de mogelijkheden van een machine te vallen: “Uitzoeken wat computers niet kunnen doen is een gevaarlijke manier om de bepalen hoe mensen waardevol kunnen blijven. Een betere strategie is vragen wat de activiteiten zijn waarvan wij mensen, gedreven door ons diepste binnenste of de realiteit van het dagelijks leven, eisen dat ze door andere mensen worden uitgevoerd, zelfs als computers ze ook kunnen doen.” Volgens Colvin is er een waslijst aan taken waarvan we willen dat ze door een mens worden uitgevoerd. Een voorbeeld is het bepalen of een veroordeelde op borgtocht vrijkomt. Er moet in dat geval een ethische beslissing worden genomen. Computers mogen de data aanleveren maar de uiteindelijke verantwoordelijkheid zal altijd bij een mens moeten liggen.

Een ander voorbeeld dat Colvin opvoert komt uit de militaire hoek. De oorlogen in Irak en Afghanistan leerden het Amerikaanse leger dat er één ding is dat militaire technologie, hoe geavanceerd ook, nooit kan doen: sociale interactie aangaan met de bevolking in die landen. Militairen konden hun taak niet uitvoeren met een argwanende of vijandige bevolking. Vertrouwen winnen gebeurde door middel van contact van mens tot mens. Robots kunnen taken uitvoeren, maar sociale vaardigheden kunnen alleen mensen leren, is de overtuiging van Colvin. Hetzelfde geldt voor dokters die met patiënten praten, advocaten die contact hebben met cliënten, of managers die een team aansturen: robots kunnen nog zo handig zijn, begrip en inlevingsvermogen kan alleen van mensen komen. “Empathie is de cruciale skill van de eenentwintigste eeuw”, meent Colvin. Hiermee biedt hij een andere blik op de veronderstelde race tussen mens en robot. In zijn analyse gaat het niet om wat

we de mens kunnen leren, maar om de vraag: wat vinden we dat een menselijke taak blijft, simpelweg omdat onze menselijke natuur dat verlangt, “vanwege redenen die te diep zijn om te benoemen”, zoals hij het schrijft. ‘Technology is not destiny’ heet het in Westlake’s NESTA-rapport.

Evers sluit zich daarbij aan. “Er is een gezegde onder robotici: robots zijn goed in gevaarlijk, vies en saai werk. Maar daarmee ben je er nog niet. De mens maakt fouten, maar machines maken die ook. Als een computer in plaats van een politieagent gezichten moet herkennen op een scherm en er wordt een fout gemaakt, wie is er dan verantwoordelijk? Dat soort vraagstukken maakt het ingewikkeld om technologie zomaar te integreren in de samenleving.”

Visies als die van Colvin en Evers nuanceren de veelgehoorde mening dat we leven in een wereld waarin de computer al onze banen opvreet en de mens tot een overbodig aanhangsel reduceert. Er zijn volgens hen belangrijke kenmerken die de mens tot mens maken, en waar behoefte aan zal blijven. Je ziet hun overtuiging terugkomen in de lijsten met bedreigde beroepen: hoe groter het belang van intermenselijk contact is voor een baan, hoe kleiner de kans dat die wordt verdrongen door automatisering. In de onderste regionen bevinden zich daarom beroepen als psycholoog, manager en sociaal werker. In de bovenste regionen staan boekhouder, bibliothecaris, en belastingmedewerker. Ook de mate waarin creativiteit vereist is voor een specifieke functie telt mee voor de plek op de ranglijst. Architecten en civiel ingenieurs zijn daarom hekkensluiters. Routinematige beroepen zoals financieel administratief medewerker of telefonische verkoper staan in de top tien. Je kunt het zien als een hulpmiddel bij een beroepskeuze, maar belangrijker is dat ze illustreren wat de opmars van robots betekent voor het onderwijs: creativiteit, sociale vaardigheden en het vermogen met onbekende situaties om te gaan worden belangrijker naarmate de machines slimmer worden.

Wat betekent het bovenstaande voor de aankomend student die, starend naar een stapel prospectussen, zich afvraagt welke opleiding goede baangaranties biedt? Lange tijd was het antwoord op die vraag: kies technisch. Meer aandacht voor de STEM-vakken gold als de voornaamste manier waarop zowel individu als samenleving zich konden aanpassen aan een wereld waarin technologie een steeds prominentere rol speelt. Op die manier werden voorspellingen over de toekomst één-op-één op het heden geplakt. Als de toekomst technologie is, dan moet het onderwijs van vandaag dat ook zijn. Het is de meest directe manier van denken: technologie wordt beter, en dus zijn er vooral mensen nodig die gebruik kunnen maken van die technologie.

Inmiddels lijkt dat beeld aan bijstelling toe. Want onderwijs voor de robot-toekomst gaat niet over het aanleren van een specifieke set technische vaardigheden ter voorbereiding op een beroep, daarover zijn de experts het eens. Dat zou

zo maar goed nieuws kunnen zijn voor de disciplines waar doorgaans veel minder economisch nut aan wordt toegeschreven: sociale wetenschappen, geesteswetenschappen, en de kunsten. Westlake heeft het inmiddels liever over STEAM-vakken dan STEM-vakken, waarbij die toegevoegde ‘A’ staat voor ‘arts’. Colvin (2015) meent: “De meest waardevolle mensen worden diegenen die technische kennis kunnen combineren met de vaardigheden en gevoeligheden die je leert in de geesteswetenschappen”. De econoom Kay schrijft: “Het is een vergissing om basaal onderwijs te richten op specifieke beroepsvaardigheden die dankzij een veranderende wereld over een paar jaar overbodig zijn. Het doel moet zijn om leerlingen uit te rusten met de vaardigheid om lonend werk te kunnen genieten en betekenisvolle levens te kunnen leiden in een toekomst die eisen stelt die we niet kunnen voorspellen en waar we niet op kunnen anticiperen (Kay 2015).”

Die onzekere robottoekomst kan dus zomaar een onverwachte wending bevatten. Colvin (2015) stelt: “STEM-educatie blijft belangrijk. Maar studenten in geesteswetenschappen, houd moed. De wereld draait zich niet van jullie af, zoals jullie verteld werd, maar wendt zich juist naar jullie toe.”

INTERVIEWS

Stian Westlake, Executive Director Policy en Research, NESTA, 6 juli 2015

Carl Frey, Co-Director Oxford Martin Programme on Technology and Employment, Oxford Martin School, University of Oxford, 22 juni 2015

Martin Ford, auteur, silicon valley ondernemer, 6 augustus 2015

Vanessa Evers, hoogleraar computerwetenschappen, Human media interaction group, Universiteit Twente, 11 augustus 2015

Mark Keese, hoofd Employment Analysis and Policy Division, OESO, 8 september 2015

LITERATUUR

- Armstrong, S. (2014) *Smarter than us. The rise of machine intelligence*, Machine Intelligence Research Institute.
- Boston Consulting Group (2015) *Takeoff in robotics will power the next productivity surge in manufacturing*, (persbericht) 10 februari.
- Brynjolfsson, E. en A. McAfee (2012) *Race against the machine: How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*, Lexington, Mass.: Digital Frontier Press.
- Brynjolfsson, E. en A. McAfee (2014) *The second machine age: Work, progress and prosperity in a time of brilliant technologies*, New York: w.w. Norton & Co.
- Colvin, G. (2015) *Humans are underrated. What high achievers know that brilliant machines never will*, New York: Penguin Random House.
- Est, R. van, I. van Keulen, L. Kool, A. van Waes en F. Brom (2015) *Werken aan de robotsamenleving: Visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid*, Den Haag: Rathenau Instituut.
- Ford, M. (2015) *Rise of the robots. Technology and the threat of a jobless future*, New York: Basic Books.
- Frey, C. en M. Osborne (2013) *The future of employment. How susceptible are jobs to computerisation?*, Oxford: Oxford Martin School.
- Goldin, C. en L. Katz (2010) *The race between education and technology*, Harvard: Harvard University Press.
- Kay, J. (2015) 'A liberal education is now more useful than job-specific skills', www.johnkay.com/2015/08/26/a-varied-approach-driven-education-is-now-more-useful-than-job-specific-skills.
- Marin, D. (2014) *Globalisation and the Rise of Robots*, VoxEU, www.voxeu.org/article/globalisation-and-rise-robots.
- Seely Brown, J. (2015) 'Cultivating the entrepreneurial learner of the 21st century', www.johnseelybrown.com/el.pdf.
- Smith, A. en J. Anderson (2014) *AI, robotics, and the future of jobs*, Pew Research Centre, www.pewinternet.org/2014/08/06/future-of-jobs/.
- Westlake, S. (red.) (2014) *Our work here is done, Visions of a robot economy*, NESTA.

AUTEURS

Wiljan van den Berge is wetenschappelijk medewerker bij het Centraal Planbureau. Hij doet onderzoek op het gebied van arbeidsmarkt en onderwijs.

Fabian Dekker is arbeidssocioloog en verbonden aan de Erasmus Universiteit Rotterdam. Hij houdt zich bezig met de thema's flexibele arbeid, nieuwe technologie en jeugdwerkloosheid.

Rinie van Est is onderzoekskoördinator en trendcatcher bij het Rathenau Instituut. Hij houdt zich bezig met de politiek van nieuwe technologieën: van synthetische biologie tot robotica.

Richard B. Freeman is professor of economics aan Harvard University en researcher bij het National Bureau of Economic Research (NBER). Hij publiceerde onder andere *What do unions do?* (1984, met J. Medoff) en *Citizen's share* (2014, met J. Blasi en D. Kruse).

André Knottnerus is voorzitter van de WRR en hoogleraar aan de Maastricht University.

Linda Kool is senior-onderzoeker bij het Rathenau Instituut. Ze richt zich op maatschappelijke vraagstukken rond ICT, zoals *big data*, robotica en persuasieve technologie.

Monique Kremer is senior-onderzoeker bij de WRR en hoogleraar actief burgerschap aan de UVA. Zij publiceerde onder andere *Vreemden in de verzorgingsstaat. Hoe arbeidsmigratie en sociale zekerheid te combineren* (2013) en redigeerde samen met anderen *Hoe ongelijk is Nederland?* (2014).

Kees Marges is gepensioneerd nationaal en internationaal vakbondsbestuurder in het vervoer, met name havens. Hij houdt zich onder andere bezig met de gevolgen van nieuwe technologieën.

Jan Popma is onderzoeker arbeid, risico en regulering aan de Universiteit van Amsterdam. Hij interesseert zich met name voor de regulering van onzekere risico's.

Anna Salomons is universitair docent aan Utrecht University School of Economics. Haar onderzoek naar de arbeidsmarktimpact van digitale technologie is gepubliceerd in *American Economic Review*.

Edward Skidelsky is senior lecturer in philosophy aan Exeter University. Hij is auteur, samen met Robert Skidelsky, van *Hoeveel is genoeg? Geld en het verlangen naar een goed leven* (2013).

Casper Thomas is redacteur van *De Groene Amsterdammer*. Daarvoor was hij onderzoeker bij de WRR.

Jon Turney is science writer en editor in Bristol (UK). Hij schreef onder andere *The rough guide to the future* (2010).

Bas ter Weel is onderdirecteur van het CPB en hoogleraar economie aan de Universiteit Maastricht. Zijn onderzoek richt zich onder andere op de invloed van technologie op de arbeidsmarkt en het meten van de bijdrage van kennis en vaardigheden aan arbeidsmarktsucces.

Robert Went is econoom en werkt als senior-onderzoeker bij de WRR. Hij houdt zich al twintig jaar bezig met globalisering en schreef bij de WRR mee aan publicaties over de toekomst van ontwikkelingshulp, de lerende economie, en economische ongelijkheid in Nederland.

Martijn Wisse is hoogleraar bio-robotica en een van de oprichters van het TU Delft Robotics Institute.

De robot de baas

Dagelijks lezen en horen we dat ‘de robots’ eraan komen. En omdat robotica steeds sneller en slimmer wordt, vrezen velen dat er heel veel banen op het spel staan. Is dat waarschijnlijk?

In dit boek gaan technologiedeskundigen, economen en andere wetenschappers in op de vraag wat de betekenis van robotisering en digitalisering zal zijn voor de toekomst van werk. Er verdwijnen banen, er komen nieuwe banen bij en de aard van veel werk verandert. Maar robotisering blijkt meer voeten in de aarde te hebben dan vaak wordt verondersteld.

De overheid, maar bijvoorbeeld ook wetenschappers, werkgevers en werknemers en hun organisaties, kunnen bovendien invloed uitoefenen op de manier waarop technologie wordt ontwikkeld en toegepast. Het is mogelijk de robot de baas te blijven met een ‘inclusieve robotagenda’ die zich richt op het bevorderen van complementariteit tussen mens en machine, met aandacht voor co-creatie, scholing, de kwaliteit van werk en nieuwe verdelingsvraagstukken.

