

NAAR EEN INCLUSIEVE ROBOTSAMENLEVING

ROBOTISERING, AUTOMATISERING
EN WERKGELEGENHEID

Hendrik Van Brussel
Joris De Schutter (e.a.)



Koninklijke Vlaamse Academie van België
voor Wetenschappen en Kunsten, 2016
Standpunten 46

Naar een inclusieve robotsamenleving
Robotisering, automatisering en werkgelegenheid



KVAB Press

Uitgaven
van
de Koninklijke
Vlaamse Academie
van België
voor
Wetenschappen
en Kunsten

Standpunten nr. 46



Hertogsstraat 1
1000 Brussel
Tel. 02 550 23 23
www.kvab.be
info@kvab.be



Naar een inclusieve robotsamenleving
Robotisering, automatisering en werkgelegenheid

Hendrik Van Brussel
Joris De Schutter
Herman Bruyninckx
Hugo De Man
Ludo Gelders
Hubert Van Belle
Bram Vanderborght
Joos Vandewalle
Robert Gobin
Willy Van Overschée

Gedeeltelijke reproductie is toegelaten mits uitdrukkelijke bronvermelding.

Partial reproduction is permitted provided the source is mentioned.

Aanbevolen citeerwijze: Hendrik Van Brussel, Joris De Schutter (e.a.), *Naar een inclusieve robotsamenleving. Robotisering, automatisering en werkgelegenheid*, KVAB Standpunt 46, 2016.

© Copyright 2016 KVAB
D/2016/0455/08
ISBN 978 90 6569 168 2

Foto en ontwerp cover: Anne-Mie Van Kerckhoven

Naar een inclusieve robotsamenleving

Robotisering, automatisering en werkgelegenheid

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	2
Korte samenvatting	3
Executive summary	4
1 Inleiding	6
2 Automatisering en robotica: de begrippen	7
a. Automatisering doorheen vier industriële revoluties.	7
b. Innovatie	11
c. Productiviteit	12
d. Natuurlijke versus kunstmatige intelligentie	12
e. Mens-machine/robotcommunicatie	16
f. Manipulatieve taken versus informatieverwerkingstaken	17
3. Innovatie, productiviteit en werkgelegenheid	19
4. Verschuivingen in de tewerkstelling: baanpolarisatie	24
5. Zijn de robots in aantocht?	29
6. Robots bieden nieuwe opportuniteiten	33
7. Naar een welvarende, inclusieve en duurzame maatschappij.	35
8. Onderwijs en innovatie.	38
Conclusies en aanbevelingen	40
Samenstelling van de Werkgroep.	44
Referenties	45

Voorwoord

Reeks Standpunten

De reeks Standpunten van de Academie is een bijdrage tot een wetenschappelijk onderbouwd debat over actuele maatschappelijke en artistieke thema's. De auteurs, leden en werkgroepen van de Academie schrijven in eigen naam, onafhankelijk en met volledige intellectuele vrijheid. De goedkeuring voor publicatie door een of meerdere Klassen van de Academie waarborgt de kwaliteit van de publicatie. Dit Standpunt werd goedgekeurd voor publicatie door de Klasse van de Technische Wetenschappen op 24 november 2016.

Dit Standpunt: *'Naar een inclusieve robotsamenleving. Robotisering, automatisering en werkgelegenheid'*

De invloed van automatisering en robotisering op de samenleving en op de werkgelegenheid in het bijzonder is het voorwerp van talloze studies, voorspellingen en persartikels. Er heerst een gevoel van schrik. Gevreesd wordt dat automatisering drastisch zal ingrijpen in de structuur van de samenleving, waardoor vooral de werkloosheid significant zal/kan toenemen. Oorzaken die meestal worden vermeld zijn de inkrimping van het volume aan beschikbaar werk en de verschuiving van de werkinhoud naar andere, minder vertrouwde maar noodzakelijke vaardigheden.

De onrust wordt nog versterkt doordat onze samenleving tegelijk met globalisering geconfronteerd wordt. Globalisering genereert een aantal neveneffecten, zoals de delocalisering van bedrijven, sociale dumping enz. Het aspect 'globalisering' valt echter buiten de grenzen van deze studie.

Om een en ander in perspectief te plaatsen heeft een werkgroep van de Klasse Technische Wetenschappen (KTW) van de KVAB een Standpunt samengesteld dat de visie van de KVAB over de hierboven vermelde problematiek weergeeft. Doel is een breed publiek zo objectief mogelijk te informeren en voor de verschillende betrokken partijen – overheid, onderzoek, onderwijs, industrie – een reeks conclusies en aanbevelingen te formuleren om aan de problematiek het hoofd te kunnen bieden en maximaal te kunnen inspelen op de opportuniteiten die zich dankzij de nieuwe technologieën voordoen.

Samenvatting

In dit Standpunt heeft de werkgroep gepoogd om vanuit een ingenieursvisie enkele mogelijke invloeden van de robotica en de automatisering op de werkgelegenheid en de samenleving te schetsen. Uitgaande van een korte omschrijving van de gehanteerde begrippen werden de soms alarmerende trends uit verschillende toonaangevende rapporten geduid en waar nodig gerelativeerd. We wijzen niet alleen op potentiële gevaren en negatieve effecten, maar ook op het enorme potentieel van robots en andere vormen van automatisering in ons streven naar een inclusieve maatschappij.

Enkele samenvattende beschouwingen:

- De paniek over 'de komst van de robots' verdient enige nuancering wat betreft de mogelijke invloed op de werkgelegenheid en de mogelijkheden en beperkingen van de nieuwe technologieën.
- Omdat robots nog lang niet de intelligentie van de mens benaderen, zullen een hele reeks taken en banen nog lange tijd mensenwerk blijven. Kurzweils singulariteitspunt [27] is nog heel ver verwijderd. Moravec's paradox, dat 'taken die triviaal zijn voor de mens, moeilijk zijn voor robots, en omgekeerd', zal nog lang geldig blijven.
- Innovatie in elk van haar vormen dient gestimuleerd te worden, niet alleen om de productiviteit te verhogen, maar vooral om nieuwe producten en processen te ontwikkelen die de werkgelegenheid aanzwengelen en die het industriële weefsel in innovatieve technologieën verstevigen of vestigen waar het nog niet aanwezig is.
- Mede als gevolg van de productiviteitsverhoging door innovatie neemt de werkgelegenheid toe. Er vindt wel een baanpolarisatie plaats. De vraag naar middelbaar geschoolde werknemers neemt af, terwijl die naar hoog- en laaggeschoold personeel stijgt. Her- en bijscholingsmethodes dienen kritisch bekeken te worden. Overscholing bemoeilijkt de problematiek.
- Om de innovatiegeest te bevorderen moet het onderwijs op alle niveaus gericht zijn op creativiteit en een geïntegreerde visie van de werkelijkheid. De STEM¹ -initiatieven zijn hiertoe een van de middelen.
- De introductie van robots biedt ongeziene opportuniteiten in ons streven naar een meer inclusieve samenleving. Vooral de initiatieven in de medische en de zorgsector verdienen ondersteuning. Deze nieuwe toepassingen kunnen de kweekvijver zijn voor een nieuw industrieel weefsel met hoogtechnologische spin-offs en nieuwe werkgelegenheid in innovatieve sectoren.

¹ STEM: Science, Technology, Engineering, Mathematics.

Executive summary

The fear that automation and robotisation will drastically influence the structure of our society, by which unemployment will/may significantly increase, is widespread in the many available studies, predictions and popular press articles. The shrinkage of the total available work volume and a shift in the distribution between high-, medium- and low-skill jobs, are indicated as the main consequences. The unrest is amplified by the ongoing trend towards globalisation of the society and its economy, characterised by offshoring of companies, social dumping, and the like. Globalisation aspects are not taken into account here.

To put the described trends into perspective, the Class of Technical Sciences (KTW) of the Royal Flemish Academy of Belgium for Science and the Arts (KVAB) has established a working party. This working party has produced a document, number 46 in the series *KVAB Standpunten*, where the vision of KVAB on the problems mentioned above has been articulated. The aim of this exercise is to inform the general public as objectively as possible, by giving insight in the debate that is raging worldwide, thereby trying to debunk some myths, and to formulate a series of recommendations to the different stakeholders of the 'triple helix' (research, education, industry) to face the stated problems, and to respond adequately to the opportunities that emerge from the new technologies.

It has been concluded that:

- The panic messages in the popular media about 'the invasion of the robots' and its impact on employment and on the potential and limitations of the emerging technologies, such as artificial intelligence, are often exaggerated and deserve some reservation.
- Because robots are by far not yet approaching human intelligence, many tasks and jobs will remain reserved for people for a long time to go. Kurzweil's *Singularity point* is still far away and Moravec's paradox stating that "tasks that are trivial for men are difficult for robots and vice versa" will remain valid for a long time. Indeed, manipulation tasks are (much) more difficult to automate than pure information processing tasks.
- Innovation can be a powerful engine of employment, in different ways: (i) by causing productivity growth through automation, (ii) by creating new markets with new innovative products, (iii) via new business models. The interaction mechanisms between innovation, productivity and employment are complex and the effects are difficult to quantify and sometimes contradictory.
- Innovation, under each of its forms, should be stimulated by all parties of the triple helix (government, research and education, industry), not only to increase productivity, but primarily to stimulate development of new products and processes, in order to increase employment and to enhance or establish the high-tech *industrial commons* that are the cradle of succesful innovation.

- The distribution of employment over the different job contents undergoes drastic changes. This results in job polarisation by which the demand for medium level jobs decreases, while high-level and low-level jobs face an increasing demand. Job polarisation is a consequence of the fact that manual and cognitive routine jobs are easy to automate, contrary to complex manual jobs which are much more difficult to robotise. Moreover, tasks that require general intelligence (processing of new information, solving unstructured problems) are still very difficult, if not impossible, to automate.
- Presently, the introduction of robots in industry poses no real threat to employment yet. Its influence is still marginal. Robots still have too many shortcomings to repel humans in a substantial way from the production process. We have to prepare ourselves however, as research is progressing, for a more massive inroad of robots into the production process, by designing our factories for the unexpected [6].
- Next to being a potential threat for employment, robots also provide unseen opportunities in our striving towards a more inclusive society. Medical and service robots do not only contribute to human welfare but they have the potential to create a new industrial commons in Flanders, able to stimulate innovation and employment in a new high-tech discipline.
- Creativity and systems thinking should be the foundations of our future education system at all levels. The STEM²-approach, systems theory, mecha- tronics, design, ... are important subject areas to be taught to substantiate this vision.

² STEM: Science, Technology, Engineering, Mathematics.

1. Inleiding

Zijn de paniekberichten in de media over de negatieve impact van robotica en digitalisering terecht? In 2013 werd de wereld opgeschrikt door de studie van Frey en Osborne [15], die voorspelt dat 47% van alle hedendaagse jobs in de Verenigde Staten door automatisering en robotisering het risico loopt te verdwijnen. Dit rapport houdt echter geen rekening met het feit dat veel dergelijke jobs bestaan uit taken die moeilijk of niet automatiseerbaar zijn omdat ze een creatieve interactie vragen. Een recentere studie van Bonin uit 2015 [18] die hiermee wel rekening houdt laat zien dat in de VS slechts 9% en in Duitsland slechts 12% van de jobs gevaar lopen.

Dit Standpunt verwijst enkele keren naar het in 2013 verschenen Standpunt nummer 17 van KVAB: *De Maakindustrie. Motor van welvaart in Vlaanderen* [14]. Dat hamert vooral op het belang van technologische innovatie voor het behoud en de ontwikkeling van de werkgelegenheid in de maakindustrie. De daar geformuleerde conclusies en aanbevelingen blijven ook hier relevant.

Meerdere studies analyseren de invloed van automatisering en robotisering op de maatschappij en de werkgelegenheid [5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 18]. Van sommige resultaten maken we ook hier gebruik. Meer in het bijzonder verwijzen we naar de recente rapporten van de Hoge Raad voor Werkgelegenheid [8], die naast eigen aanbevelingen ook cijfermateriaal bevatten.

In dit Standpunt proberen we aan de hand van technisch verantwoorde argumenten, minder met cijfers en voorspellingen, de negatieve berichten van Frey en Osborne [15] en anderen te relativeren. We wijzen niet alleen op potentiële gevaren en negatieve effecten, maar ook op het enorme potentieel van robots en andere vormen van automatisering in ons streven naar een inclusieve maatschappij.

2. Automatisering en robotica: de begrippen

Om goed te kunnen focussen definiëren we eerst de sleutelbegrippen van deze studie en plaatsen ze in hun historische context: automatisering en robotica, innovatie, productiviteit, natuurlijke versus kunstmatige intelligentie, mens-machinecommunicatie, manipulatie taken versus informatieverwerkingstaken.

a. Automatisering en robotica doorheen vier industriële revoluties

In de zeventiende en achttiende eeuw voltrokken zich de verschuivingen (ontstaan van grote fabrieken (voor zijde, porselein, tapijten), het graven van kanalen en het aanleggen van wegen) die aan de basis lagen van de **Eerste Industriële Revolutie (EIR)**, die vooral gekenmerkt werd door de mechanisering van de productieprocessen en het transport. De welvarendheid van de toenmalige industriëlen hing rechtstreeks af van de technologische vooruitgang. Er ontstond een vruchtbare voedingsbodem voor de exponenten van deze revolutie: de stoommachines van Newcomen en Watt, het Jacquardweefgetouw, het stoomschip van Fulton, Stephenson's passagierstrein, enz.

De Tweede Industriële Revolutie (TIR), de elektrificatie en de automatisering van de productieprocessen, greep plaats op het einde van de 19de eeuw, minder in Europa dan in de VS. De automatiseringsgolf werd eerst ingeleid door de opdeling van het productieproces in elementaire stappen. Het taylorisme stond de aparte automatisering van elk van die stappen voor.³ Dit leidde tot de montagelijnen en de transfertstraten, soms ook 'Detroitautomatisering' genoemd. Automatisering veroorzaakte vooral de ontkoppeling van mens en productieproces. Terwijl de mechanisering de mens vrijmaakte van spierarbeid, ontnam de automatiseringsgolf hem ook beslissingsbevoegdheid op de werkvloer, wat werknemers in belangrijke mate vervreemde van het productieproces.

Momenteel beleven wij de nadagen van de **Derde Industriële Revolutie (DIR)**, de informatisering van de industriële omgeving, en de maatschappij in al haar geledingen. Informatie is de voornaamste productiefactor geworden. Postmodern geformuleerd is een hedendaags productiebedrijf een plaats waar informatie omgezet wordt in gestructureerde materie (producten), door de gecontroleerde toevoer van grondstoffen en energie. Dit heeft grote consequenties: door de opkomst van de kunstmatige intelligentie (KI) zijn onze machines en productiesystemen 'slim' en zelfs (pseudo-)intelligent geworden, toch op het gebied van het automatisch nemen van beslissingen op basis van grote hoeveelheden data. Op het gebied van het begrijpen van die data en de

³ Volgens de moderne inzichten van de mechatronica moeten alle stappen tegelijk geoptimaliseerd worden om tot een optimaal systeemontwerp te komen.

gevolgen van de gemaakte beslissingen is dat nog helemaal niet het geval. Deze evolutie gaf een geheel nieuwe dimensie aan het begrip 'automatisering'. De stormachtige ontwikkeling van de informatie- en communicatietechnologie (ICT) heeft ook de andere sectoren van de technologische maatschappij (administratie, dienstensector, gezondheidszorg, bankwezen, distributie, horeca) verregaand geautomatiseerd, met nog onoverzienbare maatschappelijke consequenties.

De industriële automatisering, dat is de automatisering van de maak- en procesindustrie, wordt in dit Standpunt '**harde automatisering**' genoemd, in tegenstelling tot de '**zachte automatisering**' die, aangedreven door de ICT-evolutie, om zich heen grijpt in de andere sectoren van onze technologische maatschappij. De term 'harde automatisering' slaat op de automatisering van de industriële infrastructuur en uitrusting (hardware): fabrieken, machines, robots, transportsystemen, enz. Zachte automatisering slaat op de automatisering van bedrijfsprocessen en diensten, via software. Voorbeelden zijn: machinebesturingen, boekhouding, reservatiesystemen, aankoop, medische administratie, bankieren. Het spreekt voor zich dat ook harde automatisering gebruik maakt van veel zachte automatiseringsmiddelen (software), zoals programmeersystemen voor robots en computergestuurde machines.

Robotica is de tak van de mechatronica die zich bezighoudt met de theoretische kennis over en de bouw en praktische toepassingen van robots. Onder robots worden in dit Standpunt programmeerbare machines verstaan die interageren met hun omgeving (voorwerpen en/of mensen). Hiertoe beschikken ze over zintuigen (sensoren) om die omgeving waar te nemen, een rekeneenheid om beslissingen te nemen en motoren (actuatoren) om bewegingen te genereren en met de omgeving te interageren. Het zijn technologische realisaties van de cyclus 'waarnemen, denken, handelen' bij de mens. Voorbeelden zijn: industriële robotarmen, robotmaaiers en -stofzuigers, intelligente rolstoelen, autonome voertuigen, drones, kruisraketten, exoskeletten, autonome vorkheftrucks en maaidorsers, Dit zijn schoolvoorbeelden van een flexibele harde automatisering. (Zoekrobots (zoals Google of Yahoo) en andere software-agenten (bots) worden hier niet expliciet beschouwd. Zij worden aangezien als producten van zachte automatisering.)

Mechatronica is het geïntegreerde ontwerpparadigma waarin de mechanische, regeltechnische en informaticacomponenten van het (robot)systeem simultaan geoptimaliseerd worden en waar harde en zachte automatisering harmonisch samensmelten tot 'intelligente' producten.

De toenemende interacties tussen de digitale en de materiële wereld vormen de basis voor de **Vierde Industriële Revolutie (VIR)**, die volop aan de gang is. Centraal daarin is de toenemende onderlinge verbinding, via digitale netwerken, van de dingen (producten, productiemiddelen) in de fysische wereld. Die wordt

aangeduid met termen als *The Internet of Things (IoT)*, *Industry 4.0* en multi-agentsystemen (MAS). Technologieën die de VIR in de hand werken zijn, naast het Internet, *big data*, *cloud computing*, sensornetwerken en artificiële neurale netwerken (ANN).

The Internet of Things (IoT)

Het 'Internet van de dingen' is een een genetwerkt systeem waarin alle voorwerpen, ook alledaagse, actief gemaakt worden (dat wil zeggen: voorzien van rekencapaciteit en een communicatie-interface) zodat ze over het Internet met elkaar en met mensen kunnen communiceren. Vanuit industrieel standpunt spreekt men eerder van *Internet of Things, Services and People (IoTSP)*. Een reeds wijdverspreide techniek is de passieve identificatie van voorwerpen voorzien van een barcode of transponder (RFID). *IoT* wil tweewegcommunicatie mogelijk maken via actieve communicatie-interfaces. De potentiële toepassingen zijn legio: uitwisseling van medische data, verkeersdata, productiedata, distributiedata, enz. De ultieme droom is 'alle dingen van de wereld met elkaar verbinden'.

Industrie 4.0

Deze term werd in Duitsland gelanceerd en staat voor de toepassing van IoT op het productiegebeuren in de maakindustrie. Door de elementen van een productiesysteem actief te maken en ze onderling te verbinden ontstaat een uiterst flexibel productiesysteem. Een dergelijk door data gestuurd (productie-) systeem beantwoordt aan de nieuwe term *cyber-physical system (CPS)*. De *physical systems (PS)* uit de EIR worden gecombineerd met de *cyber systems (CS)* uit de DIR tot de *cyber-physical systems* van de VIR. Deze integratie houdt een verdere uitbreiding in van het begrip mechatronica.

Multi-agent/Holonische productiesystemen (HMS)

Systemen waarin de systeemelementen actieve, samenwerkende entiteiten zijn worden soms aangeduid met de term 'multi-agentsystemen' (MAS) of 'holonische systemen'. In een holonisch productiesysteem laat het te fabriceren product zich vervaardigen door de door het product uitgekozen productiemachines. Het product en de productiemachines, en hun onderdelen, zijn actieve entiteiten die met mekaar interageren om tot het eindproduct te komen, met de juiste kwaliteit en binnen de gevraagde levertijd. Het besturingsalgoritme is gedecentraliseerd en werkt door communicatie tussen de verschillende agenten. Dit kan biologisch geïnspireerd zijn zoals het er bijvoorbeeld aan toegaat in mierenkolonies.

Dit gedistribueerd besturingsmodel is universeel en kan toegepast worden in productieomgevingen, verkeerssystemen, logistiek en distributie, mobiele robots, elektriciteitsdistributie via *smart grids*, domotica, enz [6]. Hierdoor kun je in het

ontwerp van het productiesysteem rekening te houden met het onvoorziene. Vandaar de titel van het boek *Design for the unexpected* [6].

Big data

Big data staat voor de nieuwe discipline die is ontstaan voor het verwerven, opslaan en verwerken (zoeken, patronen herkennen, sorteren ...) van massale hoeveelheden data. Hoe meer data ter beschikking staan, hoe gefundeerder de genomen beslissingen kunnen zijn, op voorwaarde dat uit de beschikbare massa de meest relevante informatie geëxtraheerd kan worden.

Domeinen waar *big data analytics* diensten bewijst zijn: bio-informatica, monitoring en prognose van de conditie van technische installaties, medische diagnose, automatisch vertalen, zoekrobots, verkeer, handel en verkoop, bankwezen, veiligheid, persoonlijke geneeskunde, marketing en e-handel.

Cloud computing

Cloud computing staat voor een systeem van computerhardware en -software, dat zich op een voor de gebruiker onbekende plaats (*the cloud*) bevindt, en dat hij, via het internet, kan 'ontlenen' voor zijn toepassingen, wanneer hij die nodig heeft.

Sensornetwerken

Massale dataverwerking en -opslag vergen de beschikbaarheid van op relevante plaatsen opgestelde sensoren die in een *IoT* opgenomen kunnen worden. Sensornetwerken zijn onmisbaar voor het verwerven van massale hoeveelheden informatie. Een belangrijk probleem dat de verspreiding van massale sensornetwerken vertraagt is de nood aan lokale energievoorziening van de sensoren (bv. door lokaal energie op te wekken dankzij *energy harvesting*).

Artificiële neurale netwerken (ANN)

Een ANN is een rekenschema dat bestaat uit een (groot) aantal met elkaar verbonden rekenknooppunten waarin de inkomende gewogen signalen opgeteld worden. Een ANN simuleert biologische neurale netwerken: de knooppunten heten daar 'neuronen' en de verbindingen 'axonen' of gewichten. Met ANN's kan het verband tussen ingangen en uitgangen van complexe, niet-lineaire systemen op niet-parametrische wijze gemodelleerd worden. Bij gesuperviseerde training leert het neurale netwerk uit voorbeelden het verband tussen ingang en uitgang door de gewichten herhaaldelijk aan te passen. Een goed getraind neurale netwerk kan na de trainingsfase ook in beperkte mate veralgemenen. Met andere woorden, het kan ook ongeziene voorbeelden behandelen, zolang die voldoende aansluiten bij de trainingsdata. ANN's zijn echter onbetrouwbaar als zij ver buiten de trainingsdata

moeten extrapoleren. *Deep learning* maakt gebruik van gelaagde ANN's, wat de vermeende indruk van 'echte' intelligentie geeft aan de systemen die door *deep learning* aangestuurd worden, zoals AlphaGo [2].

b. Innovatie

Joseph Schumpeter zag in technologische innovatie de enige bron van economische groei. Het mechanisme waarbij succesvolle innovatie tijdelijk marktoverwicht en extra winsten creëert, ten nadele van de bedrijven die met bestaande technieken of producten werken, noemde hij 'creatieve vernietiging' (*creative destruction*).

Innovatie is niet zozeer het vinden van nieuwe theorieën of concepten maar in de eerste plaats het combineren van bestaande ideeën en dingen in originele producten of diensten die de markt aanspreken. Innovatie wordt soms '*the gentle art of smart stealing*' genoemd. Of zoals IBM de innovatieproblematiek kernachtig verwoordde: "*The Enterprise of the Future aims beyond articulated needs and wants, creating first-of-a-kind products, services and experiences that were never asked for, but are precisely what customers desire.*"

Innovatie kan vele gedaanten aannemen. De meest voorkomende vorm is *incrementele innovatie*, waarbij bestaande producten, processen en technologieën gebruikt worden om producten gradueel te verbeteren, zodat de klant tevreden blijft. Daar tegenover staat radicale of *disruptieve innovatie*, die totaal nieuwe producten of processen doet ontstaan die een ommekeer kunnen teweeg brengen in de industrie of in de samenleving. Voorbeelden zijn respectievelijk 3D-printing en het Internet. Naargelang van het te bereiken doel kan *productinnovatie*, *procesinnovatie* of *diensteninnovatie* aangewezen zijn. *Businessmodelinnovatie* kan leiden tot disruptieve vormen van zakendoen.

Open innovatie wordt als concept steeds populairder. Het bestaat volgens Chesbrough [22] uit twee onderdelen: (i) het gebruik maken van externe kennis en deze kennis combineren met interne gesloten innovatie (*outside-in*), en (ii) het efficiënter gebruik maken van interne innovatie door deze interne kennis met andere partijen te delen (*inside-out*). De logica achter open innovatie is duidelijk: het is steeds moeilijker om de nodige kennis en technologieën in eigen huis beschikbaar te hebben. Samenwerking met andere spelers dient zich dus dwingend aan, waarbij men er uiteraard over moet waken om de eigen strategische kennis geheim te houden. "Hoe meer ogen meekijken, hoe krachtiger de combinaties die gevonden kunnen worden" [1]. Dit is ook het principe van het opkomende *crowdsourcing*, waarbij men "de menigte als wijsheid" gebruikt om innovatie-ideeën te toetsen.

c. Productiviteit

Totale productiviteit is de economische output per eenheid input van ingezette productiemiddelen (kapitaal, werkkrachten, infrastructuur, en recent ICT).

Arbeidsproductiviteit, gedefinieerd als de output (goederen en diensten) per werkuur of per werknemer, is een relevante maat voor economische groei, competitiviteit en welvaart binnen een economie.

Historisch is technologische vooruitgang steeds een krachtig middel tot productiviteitsgroei geweest. Voorbeelden zijn de stoommachine (EIR), elektrificatie (TER), ICT en robotica (DIR), kunstmatige intelligentie (VIR).

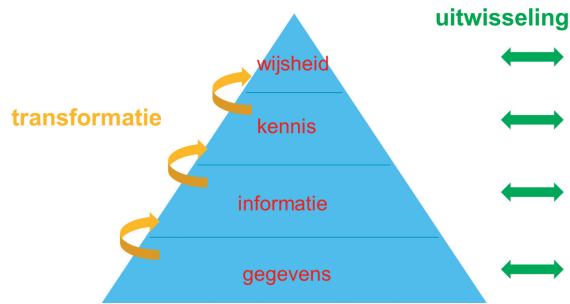
Multi-factorproductiviteit (MFP) (ook *total-factor productivity* (TFP) genoemd) is het totaal aan gebruikte hoeveelheden kapitaal, arbeid, grondstoffen en energie die nodig zijn om een eenheid output te produceren.

De *werkzaamheidsgraad* (werkgelegenheidsgraad, tewerkstellingsgraad) (WG) is het aantal personen met een betrekking (werkenden). Dat wordt uitgedrukt in procent van de bevolking tussen 15 en 64 jaar.

d. Natuurlijke versus kunstmatige intelligentie

De toekomstige impact van robots en andere vormen van automatisering zal in hoge mate afhangen van de graad van intelligentie die deze artefacten kunnen meekrijgen en van de wijze waarop zij met mensen kunnen communiceren. Met het oog op een goed begrip van de conclusies van dit Standpunt confronteren wij in dit hoofdstuk natuurlijke met kunstmatige intelligentie.

Techno-utopist Ray Kurzweil lijkt de mogelijkheden van computers als vervangers van de mens te overschatten als hij beweert dat de Singulariteit nabij is, het ogenblik waarop de computer intelligenter wordt dan de mens. Volgens hem zal dat rond 2045 het geval zijn [27]. Een grote onbekende in deze voorspellingen is de precieze definitie van het begrip 'intelligentie'. Kurzweil reduceert intelligentie tot de capaciteit van digitale informatieverwerking, of: hoe meer rekenkracht hoe intelligenter, en hij heeft het niet over de vaardigheden om, al dan niet fysisch, met de wereld te interageren. Grote vragen, zoals hoe menselijke intelligentie en leerprocessen tot stand komen, wachten nog op een antwoord. Hierna schetsen we kort de problematiek.



Figuur 1. – De informatieverwerkingsdriehoek

Van data tot wijsheid

Informatie en kennis kunnen schematisch voorgesteld worden met behulp van vier lagen. Het vergt telkens een verwerking (transformatie) om ze om te zetten naar een hoger niveau.

- het laagste niveau is dat van pure gegevens, **data** met nog weinig of geen betekenis;
- het tweede niveau is dat van de **informatie**. Hier hebben de gegevens betekenis gekregen;
- het derde niveau is dat van de **kennis** die geëxtraheerd wordt uit de informatie. Dankzij kennis kunnen wij bestaande procedures toepassen op nieuwe informatie of veralgemenen naar nieuwe situaties;
- het hoogste niveau is dat van de **wijsheid**. Het vergt wijsheid om de juiste kennis in te zetten om specifieke problemen op te lossen en om te oordelen over de gepastheid van deze acties, rekening houdend met allerlei randvoorwaarden (technisch, economisch, moreel, enz.). De kracht van digitalisering en IoT is dat informatie en kennis uitgewisseld en gedeeld kunnen worden op elk van deze niveaus.

Vier fundamentele vragen

Waarom is AlphaGo, de computer die recent de wereldkampioen in het Chinese Go-spel tot vijfmaal toe versloeg, niet algemeen intelligent? Waarom is Kurzweil te optimistisch? Volgens J.-C. Baillie [3] is het voor het bereiken door een machine/robot van 'algemene intelligentie', zoals bij de mens, essentieel dat die robot zich bewust is van zichzelf en zijn plaats in de wereld om zich heen. Hij moet 'in zichzelf' een betekenis toekennen aan alles wat hij ontmoet, zegt of doet. In KI-jargon heet dat het aardingsprobleem ('*grounding problem*') en het is verre van opgelost. Een machine aangestuurd door KI begrijpt niet wat er gaande is en heeft een zeer eng expertisedomein.

De oplossing van het aardingsprobleem vereist antwoorden op een aantal fundamentele vragen, zoals: (i) hoe geef je structuur aan de informatie die de robot krijgt uit de wereld?, (ii) hoe verbind je die structuur met de wereld, m.a.w. hoe creëer je 'betekenis' voor de robot?, (iii) hoe synchroniseer je die betekenis met andere agenten, m.a.w. hoe creëer je zinvolle communicatie?, (iv) waarom doet de robot iets, eerder dan niets; wat zet hem in beweging? De volgende paragrafen lichten deze fundamentele vragen verder toe.

Structuur en verbinding met de wereld

Deep learning en *unsupervised learning* zijn veelgebruikte nieuwe technieken voor de structurering van data. De kracht van AlphaGo is er voor een groot stuk aan te danken, en uiteraard ook aan de toenemende rekenkracht van de computer. Maar hierdoor wordt een robot nog niet 'algemeen intelligent'. *Deep learning* staat voor een aantal leeralgoritmen die aan de hand van gelaagde (vandaar 'deep') artificiële neurale netwerken aan patroonherkenning en -classificatie doen. Strikt genomen is de transformatie van data naar informatie het voornaamste effect van *deep learning*. Met andere woorden: het automatisch kunnen klasseren van veel data in een beperkte verzameling van mogelijke klassen is nuttig en moet machinaal gebeuren, aangezien de hoeveelheid gegevens (data) vaak zeer groot is (*big data*). Dit is een waardevolle stap waardoor specialisten beslissingen kunnen nemen of acties ondernemen. Maar KI brengt nog helemaal geen oplossing voor het probleem hoe je die informatie zonder menselijke tussenkomst omzet in kennis (dat wil zeggen: hoe je in een gegeven context betekenis geeft aan informatie), laat staan om met kennis van zaken beslissingen te nemen.

De verbinding met de wereld is alleen mogelijk via een lichaam met zintuigen (sensoren) en spieren (motoren). Vandaar de bewering dat algemene intelligentie niet mogelijk is zonder lichaam. Dit is het bekende *embodiment*-probleem. Is een brein zonder lichaam mogelijk of zinvol? Hoe een kind door steeds complexere interacties met de omgeving tot een zinvol wereldbeeld leert te komen, begrijpen we nog slechts deels. Vooral hoe het kind tot abstracte concepten komt op basis van 'geaarde' sensomotorische interacties blijft een open vraag. De klassieke theorie van Noam Chomsky over hoe een kind een taal leert, wordt momenteel sterk ter discussie gesteld [30].

Nog geen wijze robots

De derde vraag heeft te maken met de fundamentele kwestie van de oorsprong van cultuur bij de mens. Cultuur kan niet geprogrammeerd worden maar is het resultaat van een leerproces. *Ontwikkelingsrobotica*, een nieuwe onderzoeksdiscipline, vertrekt van het kind als model en is nauw verbonden met hoe zo'n kind een taal leert. Het creëert betekenis door interactie met de wereld en maakt hiervan gebruik in zijn communicatie met de wereld. Uit de vele pogingen die het doet kiest het de beste betekenissen en hun syntactische vertaling.

De robot blijft zwak in emotionele, sociale en maatschappelijke vaardigheden. Die zijn echter voor veel taken en functies van groot belang. Vandaar dat de opvoeding en training in deze vaardigheden, zowel thuis als op school, even belangrijk zijn als de technische domeinkennis bij het vinden en het uitoefenen van een taak. Als wijsheid (de top van de driehoek in figuur 1) de kunst is om in alle levensomstandigheden juist te oordelen en te handelen, is een robot niet wijs. De huidige robots kunnen hoogstens opstijgen tot het kennisvak van de informatieverwerkingsdriehoek.

De vierde vraag is die van intrinsieke *motivatie*. Menselijk gedrag is veel meer dan pure overlevingsdrang. De wiskundige modellering van nieuwgierigheid heeft reeds geleid tot indrukwekkende resultaten met robots. Ook *deep learning* gaf een boost aan de oplossing van dit probleem, zoals AlphaGo bewijst. Maar (zelf-) bewustzijn blijft voorlopig nog een exclusief menselijke eigenschap.

Triviaal = moeilijk

De paradox van Moravec illustreert sprekend het verschil tussen wat mens en robot kunnen: "Wat mensen makkelijk en zelfs triviaal vinden is moeilijk voor robots, en andersom." Een kind kan zijn veters knopen – wat voor een robot nog aartsmoeilijk is – terwijl de computers Deep Blue en AlphaGo schaakmeester Kasparov en de Go-wereldkampioen al verslagen hebben. De handigheid, flexibiliteit en inzichten van loodgieters, schrijnwerkers, bankwerkers en landbouwers zijn vaak heel moeilijk te automatiseren, terwijl de routinematige witteboordtaken van de dienstensector wel vlot automatiseerbaar zijn. Het blijft verbazend dat wandelen, een bal gooien en opvangen, naald-en-schaarwerk en het plooiën van wasgoed zo moeilijk zijn voor robots. Een mogelijke verklaring is dat achter die handelingen vele eeuwen van evolutie zitten, die het design van de mens en zijn leervermogen verbeterd en geoptimaliseerd hebben, terwijl de wiskunde en logica en de daarop gebaseerde kunstmatige intelligentie veel recenter zijn.

Er is meer nodig...

Indrukwekkende resultaten werden reeds verkregen door de toepassing van *big data analytics* en *deep learning*. Artsen worden bijvoorbeeld bij het stellen van een diagnose bijgestaan door diagnostische informatie uit grote databanken van aandoeningen (o.a. eierstokkankers, epilepsie, ...) waarin de vastgestelde symptomen geassocieerd worden met de gestelde diagnoses. In een concreet geval toetst de arts zijn bevindingen aan gelijkaardige gevallen in de databank. Maar de uiteindelijke beslissing wordt nog steeds door de arts genomen. Alleen de arts is in staat rekening te houden met contextinformatie, de computer niet.

Ondanks de indrukwekkende resultaten bestaat er een ruime consensus dat er meer nodig is dan *deep learning* om machines algemeen intelligent te maken, in

de zin van machines die leren leven in de wereld, op natuurlijke wijze interageren met mensen en de complexiteit van onze emoties en onze cultuur begrijpen. Het oplossen van unieke cognitieve problemen, wat intuïtie, lateraal denken en creativiteit vergt, is nog niet voor de computer weggelegd, en dan hebben we het nog niet over het uitdrukken van emoties, affectiviteit, liefde.

De klassieke Turingtest⁴ is aan herziening toe. In het verleden dacht men dat een machine de intelligentietest met succes doorstond als zij kon communiceren als een mens. Nu is duidelijk geworden dat men de lat hoger moet leggen en machines niet autonoom beslissingen mag laten nemen als ze niet kunnen uitleggen waarom ze die voorstellen en hoe goed het verwachte resultaat van die beslissing zal zijn. Zelfs de klassieke Turingstest hebben weinig of geen machines succesvol doorstaan.

Als men op deze wijze naar de zogenaamde AI-revoluties kijkt, dan wordt het door Kurzweil geschetste plaatje plots heel wat minder bedreigend en krijgt men ook een realistischer beeld van de mogelijkheid of wenselijkheid om bepaalde menselijke activiteiten en vaardigheden aan robots toe te vertrouwen. Uit de confrontatie van kunstmatige intelligentie met de natuurlijke intelligentie van hierboven mag blijken dat een hele resem taken en talrijke arbeidsplaatsen nog voor lange tijd aan mensen voorbehouden zullen blijven.

e. Mens- machine/robotcommunicatie

De voorbije vijftig jaar was het kenmerkend voor de robotica dat mens en robot in gescheiden werelden opereerden. De robotarmen, bijvoorbeeld in een autoassemblage lijn, volgen voorgeprogrammeerde bewegingen, zonder dat ze zich kunnen aanpassen aan obstakels en mensen. Dat maakt robots heel gevaarlijk, waardoor ze opgesteld staan in kooien of buiten het bereik van mensen.

Robots verschijnen nu in toenemende mate in niet-industriële omgevingen en zelfs in het dagelijks leven van de mens, waardoor het wenselijk wordt dat ze veilig in contact kunnen treden met hun menselijke gezelschap. Nieuwe technologieën (intrinsiek veilige software, sensoren, zachte bekleding) maken het mogelijk dat ze op een veilige manier met mensen interageren. Zelfs de veiligheidsnormen laten tegenwoordig dergelijke interacties toe, zij het schoorvoetend.

Om robots in de dagelijkse omgeving sociaal aanvaardbaar te maken is het wenselijk dat de wederzijdse communicatie op een natuurlijke wijze gebeurt. Dit kan verbaal zijn (door stemcontrole), maar ook niet-verbaal (door gebaren, of (pseudo-)

⁴ De Turingtest bestaat erin een entiteit in een belerende kamer via een chatsessie te ondervragen. Als de ondervrager uit antwoorden de indruk heeft dat er zich een mens in die kamer bevindt, dan kent men aan de entiteit menselijke intelligentie toe.

emoties bij sociale robots), door het voordoen van de taak (met een joystick of door de robot bij de hand te nemen), of door hersengolven via een breincontrole-interface (BCI). Omdat onze omgeving geoptimaliseerd is voor mensen, is een machine die in diezelfde omgeving moet werken vaak het best af met niet alleen dezelfde functionaliteiten, maar ook met een gelijkaardige lichaamsbouw. Daarom is er toenemende interesse voor androïde robots. Zo zijn er vier- of zes-benige robots die ingezet kunnen worden op een geaccidenteerd terrein, twee-armige robots voor het manipuleren van werktuigen in montagebewerkingen (zie kader), en natuurlijk de speelgoed- en gezelschapsrobots die op de dierenwereld geïnspireerd zijn (zie kader).

f. Manipulatietaken versus informatieverwerkingstaken

Waarom zijn manipulatievaardigheden moeilijker te automatiseren dan zuivere informatieprocessen?

Vooreerst heeft kunstmatige intelligentie (nog lang) niet het niveau bereikt van natuurlijke intelligentie in termen van: (i) generalisatie (nieuwe situaties aanpakken op basis van enkele voorbeelden), (ii) zelfredzaamheid bij onverwachte gebeurtenissen (autonomie), (iii) leren uit ervaring.

Anderzijds overstijgen de intrinsieke mogelijkheden van het menselijk lichaam die van machines, vooral wat bereik en flexibiliteit betreft. Door een intelligente



Twee-armige robots kunnen veilig samenwerken met mensen voor montagetaken.

© Mikael Hedelind, ABB, FP7 EU-project Rosetta

en flexibele combinatie van perceptie, aandrijving, controle, en coördinatie is de mens vlot in staat om een naald te draden, een voorwerp in de hand te manipuleren, een delicate chirurgische handeling uit te voeren, één schroefje uit een bakje met schroeven te nemen (*bin picking* in het jargon), met meerdere personen een groot en/of zwaar voorwerp te manipuleren in een beperkte ruimte (het *piano movers*-probleem), een persoon te ondersteunen bij het rechtstaan of wandelen, een persoon

te masseren, een auto te besturen, een appel te schillen of een ei te pellen, aardbeien te plukken, en dat alles op een veilige manier voor zijn medemens en de omgeving.

Daarenboven, en zeer belangrijk, is de mens zich op elk ogenblik bewust van wie hij is en wat hij aan het doen is. Een robot is dat helemaal niet.

3. Innovatie, productiviteit en werkgelegenheid

Innovatie kan, in een van haar vormen, op verschillende wijzen invloed uitoefenen op de werkgelegenheid: (i) door productiviteitsgroei, (ii) door nieuwe producten, (iii) door nieuwe businessmodellen, en (iv) door een combinatie van de drie. In de bestaande studies wordt vooral de nadruk gelegd op de invloed van productiviteitsgroei op de werkgelegenheid. De invloed van innovatie op de productiviteitsgroei blijft meestal onbesproken. Dat is begrijpelijk omdat het begrip innovatie veel ladingen dekt en moeilijk in getallen te vatten is. Referentie [5] Innovation and Productivity is daar een uitzondering op.

Uit studies van de Europese maakindustrie blijkt er een uitgesproken positieve invloed te zijn van productinnovatie op de totale productiviteit. De positieve impact van procesinnovatie, door automatisering, is (veel) minder uitgesproken [5].

Visie 1: innovatie is groei (met voorwaarden)

De gangbare visie is dat technologische innovatie leidt tot hogere arbeidsproductiviteit [5]. Hierdoor worden de producten goedkoper, wat leidt tot hogere consumptie, waardoor de markt groeit, er meer banen komen, eventueel in andere sectoren, en de welvaart stijgt. Deze visie wordt ondersteund door historische data die aantonen dat macro-economisch gezien er historisch nooit een causaal verband werd aangetoond tussen productiviteitsstijging en de toename van de werkloosheid. Een MGI⁵-rapport [19] toont integendeel aan dat in de VS sedert 1929 productiviteitsgroei steeds gepaard ging met daaropvolgende tewerkstellingsgroei. Wel kan op korte termijn en op bedrijfs- of sectorniveau de productiviteitsgroei (tijdelijk) gepaard gaan met een verlies aan arbeidsplaatsen. Andere factoren, zoals offshoring, kunnen de positieve invloed van productiviteitsverhoging meer dan teniet doen.

Productinnovatie, vaak technologisch geïnspireerd, is veelal een bron van nieuwe markten. Producten worden ontwikkeld, al dan niet voortbouwend op bestaande noden, (i) door incrementele innovatie, zoals het aanbieden van een nieuwe functionaliteit in de automobielnijverheid, of (ii) door creatie van nieuwe (eventueel disruptieve) mogelijkheden die snel gemeengoed worden, zoals de Smartphone en iTunes.

De hoge adoptiesnelheid van deze vernieuwde of nieuwe producten leidt tot een nood aan betere beschikbaarheid. Die wordt verkregen zowel door de groei van de doelmarkt (lagere prijzen), als door de druk op de productiekosten (hogere productiviteit), wat uiteindelijk leidt tot een verhoogde tewerkstelling. Tegelijk noopt de drang tot waardecreatie de achterliggende belanghebbenden (uitvinders, aandeelhouders, investeerders, ...) tot een streven naar winstmaximalisatie. Dat

⁵ MGI: McKinsey Global Institute.

vertaalt zich in marktaandeel, internationalisatie, offshoring en een doorgedreven automatisering. De invloed van deze cyclus op de (lokale) tewerkstelling is complex.

Bij elke productinnovatie zijn veiligheid en betrouwbaarheid essentiële elementen. Zij bepalen de kwaliteit van het product en kunnen het marktpenetratiepotentieel substantieel beïnvloeden. Een spectaculair recent voorbeeld van hoe de (te vroege?) commercialisering van een product kan leiden tot imagoschade aan het bedrijf, is dat van de Samsung Note 7. Een ander markant voorbeeld is de zelfrijdende auto waarbij de enkele recente dodelijke ongevallen massaal zijn aangegrepen om de nieuwe technologie te veroordelen, terwijl er in Europa jaarlijks enkele tienduizenden doden vallen in het 'gewone' verkeer. Deze vergelijking loopt uiteraard mank omdat het autonome optreden van machines en robots ethische vragen oproept over verantwoordelijkheid, eigendoms- en andere rechten. Daarover bestaan nog geen inzichten, laat staan wetgeving.

Ook *procesinnovatie* is op zichzelf dikwijls een krachtige motor voor productiviteitsverhoging, vooral in de dienstensector en de maak- en procesindustrie. De snelle groei van ICT-platforms en het Internet zijn hoekstenen van een globalisering waardoor vele organisaties vlakke netwerkorganisaties worden die verschillende continenten omspannen. Ze leiden tot een vernieuwde waardeketen, met nieuwe diensten op afstand, maar evenzeer tot offshoring van activiteiten.

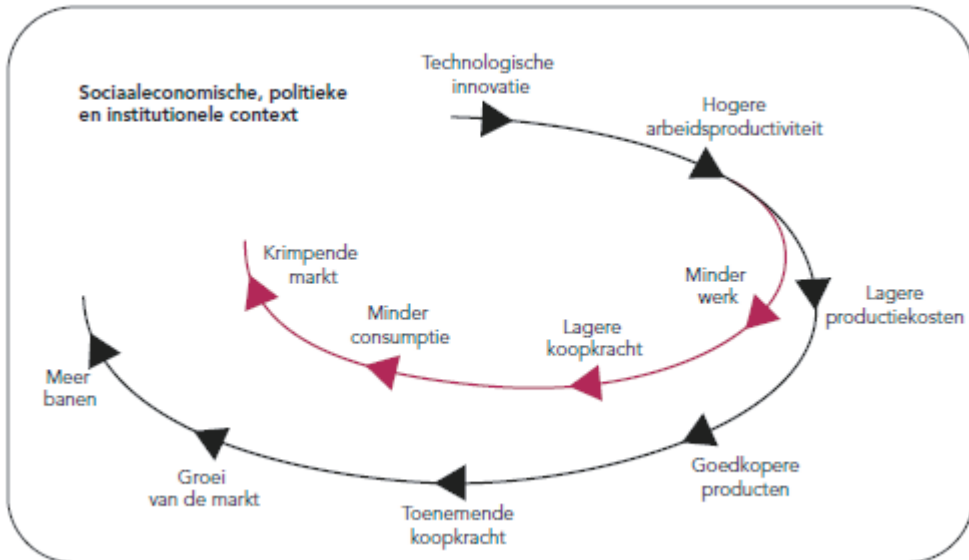
Businessmodelinnovatie leidt niet zozeer tot productiviteitswinst op zich, maar probeert door een innovatieve aanpak klanten tevreden te stellen en te binden. Ze leidde recent tot ontwirtingen in de taxiwereld (Uber) en de hotelwereld (AirBnB), en e-winkels maken het de klassieke winkels zeer moeilijk. Zelfs in vrij traditionele industrieën krijgen nieuwe zakenmodellen ingang, zoals met DBFM (*Design Build Finance Maintain*) in de bouw, het verkopen van machine-uren en geen machines, *extended products* door servitatie, enz.

Om de ontluikende nieuwe zakenmodellen te doen slagen is het belangrijk de wet- en regelgeving, de arbeidsflexibiliteit en de dikwijls onaangepaste sociale akkoorden aan de nieuwe (werk)omstandigheden aan te passen. De overheid en de sociale partners moeten deze problematiek hoog op hun agenda plaatsen.

Visie 2: innovatie is krimp

Visie 1 botst met de visie van de pessimisten die beweren dat de productiviteitsgroei, die door innovatie en technologische vooruitgang is ontstaan, tot minder tewerkstelling leidt, met als gevolg een lagere koopkracht en consumptie, krimpende markten en minder welvaart.

Hun argumenten zijn: (i) nadat robots onze banen overgenomen hebben zijn er geen nieuwe banen beschikbaar, en (ii) zelfs als er steeds nieuwe banen ontstaan,



Figuur 2. – De twee visies op het samenspel tussen innovatie, productiviteit en werkgelegenheid. De waarheid ligt ergens tussenin. (Bron: [4] R. van Est, L. Kool (red.), *Werken aan de robotsamenleving*, Rathenau Instituut 2015)

zal de snelheid waarmee de bestaande verdwijnen steeds groter zijn. En wat blijft er over als robots intelligenter worden dan de mens?

Sommigen vinden die redenering absurd want “er is geen grens aan de menselijke consumptiedrift” [3], en dus zullen er steeds nieuwe behoeften komen en producten gecreëerd worden om die te bevredigen, met toenemende tewerkstelling als gevolg. De voorwaarde is uiteraard dat de nieuwe koopkracht bij een voldoende breed publiek terechtkomt en niet bij de enkelingen van de *winner-takes-all*-bedrijven.

Bovendien, als iedereen genoeg verdient om zijn materiële behoeften te voldoen, zal men geld vervangen door tijd en minder uren gaan werken, een tendens die zich nu al laat voelen. Ook dit kan een bron zijn van nieuwe werkgelegenheid als er aan bepaalde voorwaarden van remuneratie voldaan is. Deze aspecten komen in dit Standpunt niet aan bod.

Figuur 2 illustreert de twee divergerende visies.

Wie heeft het bij het rechte eind?

Zoals steeds spelen beide effecten tegelijk en is het globale resultaat mede afhankelijk van een reeks andere factoren die de productiviteit beïnvloeden.

Arbeidsproductiviteit blijkt een te enge factor te zijn om de totale productiviteit te definiëren. De zogenaamde *totale-factorproductiviteit* (TFP), waarin de productiviteit(sgroei) opgesplitst wordt in verschillende componenten (opleidingsniveau, slimmere kapitaalgoederen), is een betere maat.

Terwijl in de VS een minimum jaarlijkse productiviteitsgroei van 4% vooropgesteld wordt die nodig is om het tewerkstellingsniveau te handhaven, stelt men momenteel in Europa productiviteitsgroecijfers vast die schommelen tussen 0 en 1,5% per jaar. Dit verhoogt de druk om innovatie, als bron van productiviteitsverhoging, te stimuleren [6, 8].

In de VS werd in de traditionele industrie de laatste vijftig jaar zelden een jaarlijkse productiviteitswinst van 4% gehaald, behalve in de dienstensector. Ook in Europa liggen de jaarlijkse productiviteitsgroecijfers merkelijk lager dan 4%. Tabel I [8] toont voor Vlaanderen een positieve correlatie tussen de productiviteit en het bruto binnenlands product (bbp), maar een negatieve tussen de productiviteit en de werkgelegenheid. De invloed van innovatie is niet rechtstreeks uit de tabel af te leiden, maar uit de cijfers zou kunnen blijken dat innovatie geen rechtstreekse invloed heeft op de tewerkstelling, of dat andere factoren belangrijker zijn. De Hoge Raad voor de Werkgelegenheid [8] wijt de aanzienlijke werkgelegenheidscreatie in 2015, ondanks een relatief gematigde bbp-groei, aan de afname van de productiviteitsgroei in de tijd, maar ook aan de geleidelijke verschuiving van de activiteit naar een diensteneconomie. De diensten worden immers gekenmerkt door een lagere productiviteit en een sterkere arbeidsintensiteit dan de industrie. En dus blijft een hoge productiviteit, met stimulering voor de innovatie in de industrie, belangrijk voor het bbp en de welvaart.

	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2015
Bbp	3,4	2,0	2,2	1,6	1,5
Werkgelegenheid	0,2	0,2	0,6	0,9	0,9
Arbeidsintensiteit van de groei	0,1	0,1	0,3	0,6	0,6
Arbeidsvolume	-0,8	-0,1	0,2	0,5	1,1
Productiviteit per uur	4,2	2,1	2,0	1,1	0,4
Productiviteit per persoon	3,2	1,8	1,6	0,7	0,7

Tabel I. — Intensiteit van de groei van de werkgelegenheid, het bbp en de productiviteit (gemiddelde jaarlijkse groecijfers in %). (Bron: [8] Hoge Raad voor de Werkgelegenheid, *Digitale economie en Arbeidsmarkt*, juni 2016)

Het Federaal Planbureau [9] geeft voor België, in de periode 2000-2013 een jaarlijkse gemiddelde arbeidsproductiviteitsgroei van 2,52% in de maakindustrie

en 0,92% in de dienstensector, veel lager dan de 3 tot 4% uit de jaren 1970. (Proces)innovatie is belangrijk om deze niveaus op te krikken. Terwijl desondanks de werkgelegenheid stijgt (10% in de periode 2000-2011, zelfs 22% in de high-techsector), bij een ongeveer constante tewerkstellingsgraad van rond de 67% over de jongste tien jaar, blijkt nogmaals dat productiviteit niet de enige factor is die de tewerkstelling beïnvloedt. Productinnovatie is wellicht een veel krachtiger potentiële banenschepper.

Sedert de Tweede Wereldoorlog blonk vooral de maakindustrie uit door productiviteitswinst, maar sinds 1990 zie je met name in dienstensectoren, waar cognitieve routinetaken overwegen, zoals in het bankwezen, een hoge productiviteitswinst. Sectoren als de bouwsector, verzorgingsinstellingen, politie, brandweer en schoonmaakdiensten, boekten veel minder productiviteitswinst, waaruit onder andere blijkt dat complexe manipulatietaak (zeer) moeilijk te automatiseren zijn en ook zullen blijven. De transportsector zal door de komst van adaptieve verkeerssystemen en autonome voertuigen toenemend geautomatiseerd worden, alhoewel overdreven optimisme niet aangewezen is: 95% van de weg autonoom afleggen is niet voldoende. Verder zijn intrinsieke veiligheid en betrouwbaarheid primordiale aspecten, en zijn er ethische problemen, die de doorbraak van deze technologie aanzienlijk kunnen vertragen.

Als conclusie kan worden gesteld, zoals in [9] wordt aangetoond, dat het innovatieproces de tewerkstelling beïnvloedt, maar dat deze invloed niet eenduidig is. De wisselwerking tussen innovatie en werkgelegenheid hangt niet alleen af van de productiviteit, maar ook, en misschien vooral, van de introductie van nieuwe innovatieve producten en van nieuwe zakenmodellen.

4. Verschuivingen in de tewerkstelling: baanpolarisatie [12]

Om het verband tussen beroeps- of taakvaardigheden en automatisering te bestuderen onderscheidt men vijf soorten taken: (i) manuele routinetaken, (ii) manuele complexe taken, (iii) cognitieve routinetaken, (iv) verwerken van nieuwe informatie, (v) ongestructureerde problemen oplossen.

Verschuivingen en compensatie

Het aandeel in de economie van manuele routinejobs (i), zoals taken aan de montageband, en cognitieve routinetaken (iii), zoals reisadvies in reisbureaus, sedert 1960 gedaald is, terwijl dat van de drie andere categorieën gestegen is of constant bleef. Vaardigheden verschuiven maar verdwijnen niet. Omdat automatisering routinetaken overneemt, nemen complexere taken een groter aandeel van de totale werkgelegenheidskoek in. Dit wordt uitgedrukt door de paradox van Moravec: "Manuele en cognitieve routinetaken zijn gemakkelijk te automatiseren, taken die manipulatievaardigheden vergen veel moeilijker". Ook taken die algemene intelligentie vereisen ((iv) en (v)) zijn nog steeds aartsmoeilijk, indien niet onmogelijk, te automatiseren, zoals uitgelegd in 2.d: *Natuurlijke versus kunstmatige intelligentie*.

Zowel harde als zachte automatisering hebben tot baanpolarisatie geleid. Het aanbod van middelbaar geschoold werk neemt af, terwijl aanbod van hoog- en laaggeschoold werk toeneemt. Computers nemen in toenemende mate cognitieve routinetaken over van de mens (administratie, het maken van berekeningen, bewaking en kwaliteitscontrole). Daar vooral kunnen her- of omscholing naar andere cognitieve taken een oplossing bieden. Het niveau van deze categorie van getroffen werknemers laat dat meestal ook toe.

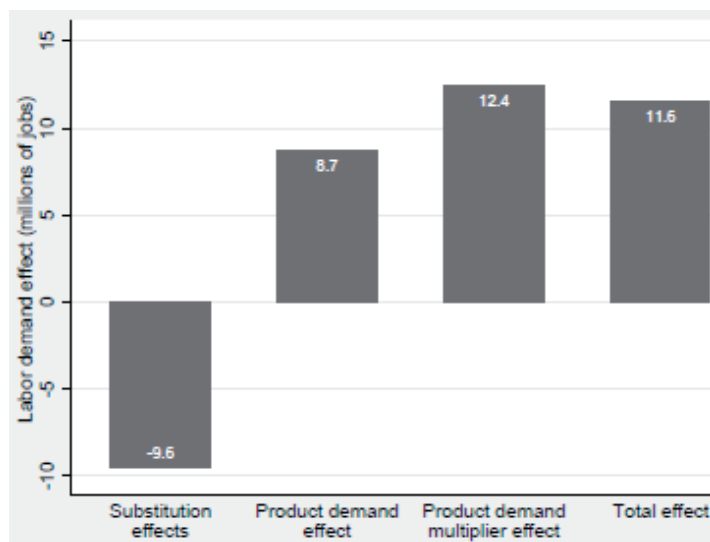
Het werk van hoger opgeleiden die nieuwe informatie verwerken en werken binnen ongestructureerde omgevingen (softwareontwikkeling, productontwerp), en ook het werk van lager opgeleiden die manuele routine- of complexe taken uitvoeren (schoonmaken, horecawerk, loodgieterij), is voorlopig moeilijker of zelfs onmogelijk te automatiseren, tenzij voor de manuele taken de omgeving (drastisch) aangepast wordt aan de taak – lees: meer gestructureerd wordt – waardoor die taak vereenvoudigt en verloopt volgens een patroon met veel minder variatie.

Figuur 3 illustreert de beschreven baanverschuivingstendensen voor verschillende Europese landen.

Een recente studie [13] onderzocht, voor de periode 1999-2010 en voor 238 regio's in de EU, het effect van harde en zachte automatisering van routinetaken op de werkgelegenheid. Ze heeft aandacht voor de directe substitutie van arbeid



Figuur 3. – Baanverschuivingstendenzen in 16 Europese landen. (Bron: [12] M. Goos, A. Manning, A. Salomons, *Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring*, American Economic Review 2014, 104(8): 2509-2526.)

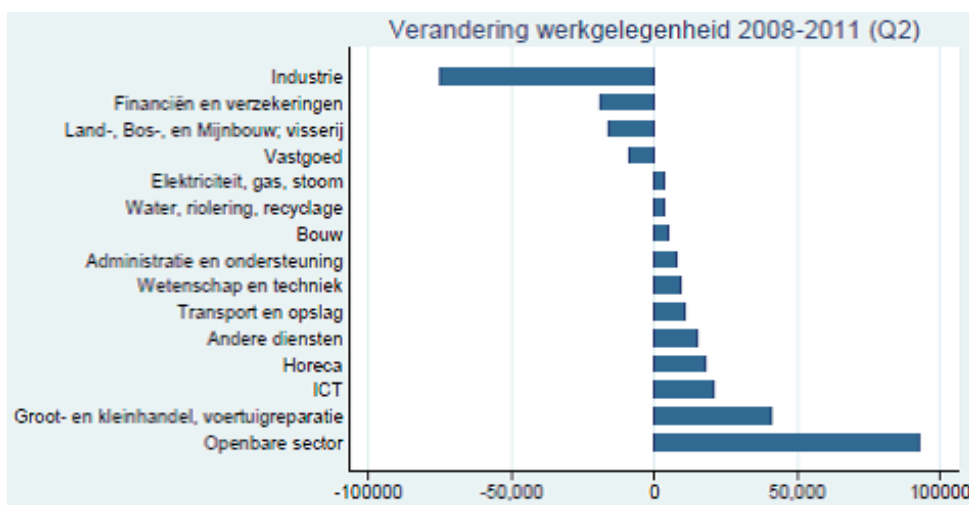


Figuur 4. – Geschatte verschuivingen in de vraag naar banen (Bron: [13] T. Gregory, A. Salomons, U. Zierahn, *Racing with or against the Machine*, Utrecht School of Economics Discussion Paper Series, nr 16-05, 2016.)

door automatisering, de impact van stijgende vraag naar nieuwe producten en diensten en het daaraan verbonden multiplicatoreffect door herinvesteringen. Het resultaat is dat bij lokale herinvesteringen 9,6 miljoen jobs door het substitutie-effect verdwijnen. Maar dat wordt gecompenseerd door een stijging van de tewerkstelling met 8,7 miljoen jobs door de toenemende vraag. Het belangrijkste effect is evenwel het lokale herinvesterings-effect, dat 12,4 miljoen banen oplevert. Alles samen leidt dit tot een netto resultaat van 11,6 miljoen bijkomende banen. Als de herinvesteringen in het buitenland zouden gebeuren, zou het netto resultaat gereduceerd worden tot +1,9 miljoen banen, wat aantoont hoe belangrijk het is investeringsvriendelijk te blijven en een minimum aan lokale verankering van het kapitaal na te streven. Figuur 4 illustreert deze trends.

De maakindustrie is belangrijk

De Belgische maakindustrie laat een verlies aan tewerkstelling zien, zoals in alle geïndustrialiseerde landen. Terwijl in de vorige eeuw de tewerkstelling in de landbouw verminderde van 50% naar 4% ten voordele van de maakindustrie (de toegevoegde waarde en de productkwaliteit stegen), ziet men nu een gestage vermindering van de tewerkstelling in de maakindustrie – die bedraagt nu nog gemiddeld 20% in Europa, maar slechts 14% in België –, ten voordele van de dienstensector. Al is het moeilijk om in de maakindustrie grote tewerkstellingswinst te boeken, toch moet er naar gestreefd worden de tewerkstelling door innovatie op peil te houden. Vooral wegens het groot multiplicatie-effect is tewerkstelling in de maakindustrie belangrijk. Elke directe baan genereert er twee tot vijf



Figuur 5. – Verschuiving van de tewerkstelling tussen de verschillende activiteitssectoren. (Bron: [11] J. Konings, D. Persyn, W. Torfs, *De Impact van de Crisis op de Arbeidsmarkt in Vlaanderen*, VIVES, 2012.)

indirecte banen (zie [14]: KVAB Standpunt 17: *De maakindustrie: bron van welvaart in Vlaanderen*). Ook voor het behoud en de uitbouw van het industriële weefsel als fundament van innovatie moet de maakindustrie behouden blijven. Onderzoekscentra als Flanders MAKE en imec zijn hierbij primordiaal en verdienen van de overheid krachtige ondersteuning.

Figuur 5, ontleend aan [11], toont de hierboven geschetste verschuiving van de tewerkstelling aan. De werkgelegenheidsgroei in België ging gepaard met een sterke inkrimping in de industrie en een sterke groei in de diensten, vooral in de openbare sector (gezondheid, defensie, publieke administratie, onderwijs).

Competitiviteit

Even belangrijk voor de tewerkstelling is de competitiviteit van onze exportgerichte economie in een mondiale context. Lokale sectoren zoals de kleinhandel floreerden tot voor kort samen met de lokale bevolking. De komst van megashoppingcentra en internationale distributieketens, en ook de acties om stadscentra autoluw te maken, dreigen echter de reeds dramatische leegstand van de kleine handelszaken in onze centrumsteden nog te verergeren. De grootschalige complexen zorgen voor tewerkstelling, maar van een andere soort: wellicht met een schralere werkinhoud en minder beroepsfierheid bij de werknemers. Exportgerichte sectoren van hun kant zijn in toenemende mate mondiaal georganiseerd. Als hier een machinebouwer verdwijnt, wegens een gebrek aan competitiviteit, wordt de lacune onmiddellijk opgevuld door een analoog bedrijf in een ander land of continent. Dit verarmt of decimeert het lokale industrieel weefsel in hoogtechnologische sectoren, wat innovatie in de weg staat. België was ooit een wereldspeler in de werktuigmachinebouw. Nu is die bedrijvigheid, op enkele opmerkelijke uitzonderingen na, verdwenen, hoofdzakelijk wegens een gebrek aan strategische visie van de toenmalige bedrijfsleiders, op het vlak van de numerieke besturing. Dit voorbeeld is opnieuw een stevig pleidooi voor de stimulering van innovatie.

Overscholing

Parallel met de baanverschuiving is er sedert geruime tijd ook de problematiek van overscholing. Terwijl vroeger afgestudeerden van het secundair onderwijs konden rekenen op interessant en goedbetaald werk, is dat thans niet meer het geval. Nu de helft van hen hogere studies aanvat, gaan de banen die vroeger ingevuld werden door afgestudeerden van het middelbaar nu naar afgestudeerden van het hoger onderwijs. Vermits ook het aantal werkzoekende universitair toeneemt, zijn zij bereid om taken onder hun niveau uit te voeren en voor lagere salarissen. In Italië spreekt men van de '1000 euro-generatie'. De overbevolking aan de universiteiten in disciplines met een beperkte marktvrage is hier niet vreemd aan. Dit overscholingsprobleem maakt dat de her- en omscholing van slachtoffers van baanpolarisatie slechts een deel van de oplossing is.

Ook professor L. Sleuwaegen van de KU Leuven⁶ vindt dat te veel hogeschoolden vooral routinetaken doen: "Meer 'creatievelingen' tewerkstellen in onze bedrijven kan 18.000 bijkomende banen opleveren. Met 10% mensen in creatieve beroepen doet Vlaanderen het veel slechter dan andere hightechregio's rond Stockholm, Oxford, Utrecht, Kopenhagen, waar het gemiddelde 16% is. Een stimulus voor 'creatief kapitaal', zoals die er nu is voor wie in onderzoek en ontwikkeling werkt, zou het aantal snelgroeiende hightech-startups drastisch kunnen doen toenemen."

⁶ In een artikel in De Standaard van 6 september 2016: Te veel hogeschoolden doen vooral routinetaken.

5. Zijn de robots in aantocht?

Robots: wat kunnen ze?

Robots zijn goed in het nauwkeurig lokaliseren, verplaatsen en positioneren van goederen. Ze zijn betrouwbaar en herhalen handelingen probleemloos, ze zijn nauwkeurig, onvermoeibaar, soms snel en ook tamelijk sterk. Voorbeelden zijn (punt)lasrobots, pistoolschilderrobots, CNC-machines, verpakkingsrobots voor pralines, exoskeletten, 'ijzeren verpleegsters' voor het manipuleren van patiënten...

Zoals al gezegd hebben robots het moeilijk met manipulatie taken, zoals een naald draden, een T-shirt plooiën, een doos melk uit de frigo halen en uitschenken in een glas. Robots zijn ook maar (zeer) beperkt intelligent. Zij stijgen niet op tot de hoogste categorie van de informatiedriehoek. Ze zijn niet creatief, weten niet wat ze doen en zijn zich niet bewust van zichzelf. Ze hebben geen emoties en worden niet verliefd.

Robots voeren complexe taken ook trager uit dan de mens. Ze bestaan uit een (precisie)machine met sensoren om hun eigen toestand en die van de omgeving waar te nemen, en motoren die worden aangestuurd door een min of meer intelligente besturing om de nodige bewegingen op te wekken. De tijd dat zij de wendbaarheid (die wordt bepaald door de bandbreedte van de mechanische structuur en de kracht van de motoren) en het strategisch inzicht (dat wordt bepaald door de intelligentie van de besturing) van een topvoetballer zullen vertonen ligt nog zeer veraf. De kans dat een robotvoetbalteam tegen 2045 wint van de wereldkampioenenploeg, zoals optimistische robotici beweren, is onbestaande.

Ook de communicatie met robots blijft moeilijk. Hun toekomstige impact op de maatschappij zal afhangen van de wijze waarop mensen met hen en met andere actieve artefacten zullen kunnen communiceren. Mens-machinecommunicatie gebeurt het liefst zo intuïtief mogelijk, zo mogelijk in een natuurlijke taal. Vooralsnog blijft een intelligent gesprek voeren met robots onmogelijk. Daarom slagen zij nog niet in de Turingtest. En in de allereerste plaats zal de impact van robots op de maatschappij afhangen van de intrinsieke veiligheid van deze machines, zodat ze zij aan zij met mensen kunnen werken.

'Are the robots coming'? Ze zijn er al, maar ze blijven ongevaarlijk, zowel lichamelijk als geestelijk: we stoppen ze in kooien en hun intelligentie scheert geen hoge toppen. Anders gezegd: Kurzweils Singulariteit is (nog lang) niet nabij. Hoe bang moeten wij dan zijn?

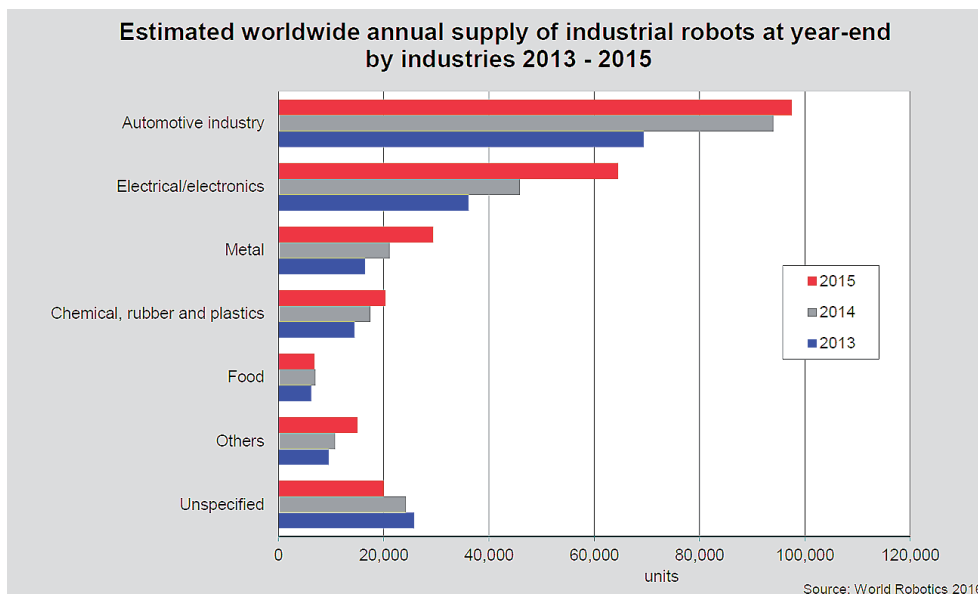
De verspreiding van robots

De statistieken die de IFR (*International Federation of Robotics*) jaarlijks opstelt geven een goed beeld van de wereldwijde verspreiding van robots in de industrie

en de dienstensector [24, 25]. De gemiddelde mondiale industriële-robotdichtheid, uitgedrukt in aantal geïnstalleerde robots per 10.000 werknemers, bedraagt 69. De meest geautomatiseerde markten zijn Zuid-Korea (531), Japan (305), Duitsland (301) en de VS (171). China heeft 49 robots/10.000 werknemers. Opmerkelijk is dat in Japan de robotdensiteit afneemt.

Figuur 6 geeft in absolute cijfers en per industriële sector het aantal geïnstalleerde robots van 2013 tot 2015. De cijfers stijgen gemiddeld met 15% per jaar. In 2015 werden wereldwijd 253.748 industriële robots geïnstalleerd.

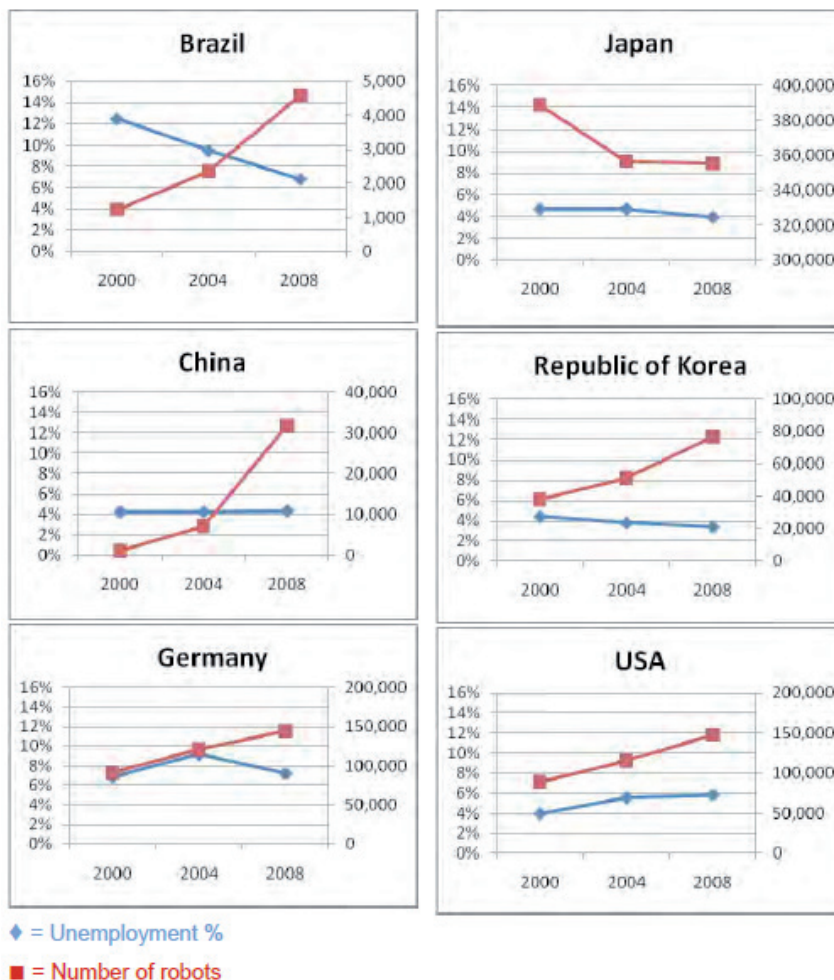
De omzet van servicerobots is uiteraard veel kleiner dan die van industriële robots. Hun variëteit is ook veel groter. In totaal werden in 2015 41.060 professionele servicerobots verkocht. Hiervan nemen logistieke robots (AGV's of *automated guided vehicles*) ongeveer de helft in. Een ander belangrijk deel (11.000) bestond uit servicerobots voor militaire en interventietoepassingen, zoals het ontmijnen en onschadelijk maken van bommen. Een stijgende markt zijn de robots in de landbouw: 5665 melkrobots en verder ook koewachterrobots, fruitplukrobots, automatische maaidorsers... Medische robots, voornamelijk laparoscopische robots voor sleutelgatoperaties, vormen nog een beperkte markt, met 1324 verkochte eenheden in 2015, hoofdzakelijk door één Amerikaans bedrijf dat het feitelijke wereldmonopolie heeft. Verder komen in de statistieken een



Figuur 6. – Jaarlijkse toelevering van industriële robots aan verschillende industrietakken van 2013 tot 2015 (Bron: [24] <http://www.Ifr.org/home> – *Executive Summary World Robotics 2016 Industrial Robots*)

700-tal mobiele robotplatforms voor algemeen gebruik voor. Toepassingen zijn reinigingssystemen, constructie- en afbraakrobots, inspectie- en onderhoudsrobots en onderwaterrobots. 370 exoskeletten, die worden gebruikt als krachtversterkers en niet als hulp bij het stappen, werden verkocht in 2015. Drones kwamen in de statistieken nog niet voor.

Persoonlijke en huis- en keukenrobots vormen in de statistieken een aparte categorie. In 2015 werden 4713 assistentierobots voor andersvaliden verkocht,



Figuur 7. – Werkloosheidsgraad versus het aantal geïnstalleerde robots. (Bron: [23] P. Gorle, A. Clive, *Positive impact of Industrial Robots on Employment*, Metra Martech, 2013, IFR)

waaronder intelligente rolstoelen. Meer dan 3,7 miljoen robots voor huishoudelijke taken, waarbij stofzuigers en grasmaaiers het leeuwendeel uitmaakten, vonden hun weg naar de huishoudens. Een belangrijke aparte categorie zijn de speelgoedrobots en de 'aaibare' robots voor de zorgsector. Ongeveer 1,7 miljoen verkochte eenheden werden geteld in 2015, 30% meer dan in 2014.

Figuur 7, ontleend aan [24], toont voor enkele belangrijke industrielanden dat de werkgelegenheid niet noemenswaardig gedaald tot zelfs licht gestegen is, hoewel het aantal geïnstalleerde robots in acht jaar meer dan verdubbeld is (uitgezonderd in Japan, waar het gedaald is).

Uit deze beschouwingen volgt dat de introductie van robots in de industrie nog geen bedreiging vormt voor de werkgelegenheid. Waakzaamheid blijft echter geboden. Technologische doorbraken kunnen de voorspelde evoluties versnellen. De automatiseringsinspanningen moeten derhalve rekening houden met het onverwachte. Dit betekent ook dat de mens steeds deel zal blijven uitmaken van de oplossing van het automatiseringsprobleem. *Design for the unexpected* [6] biedt hiervoor ontwerprichtlijnen.

6. Robots scheppen nieuwe opportuniteiten

Een aspect dat in de media en de wetenschappelijke studies onderbelicht blijft is het potentieel van de robotisering om banen te scheppen of minstens te behouden, in plaats van ze te vernietigen [23]. Werkgelegenheid die direct te danken is aan robotisering vindt men in de robotindustrie zelf (300.000 banen wereldwijd) en in de volgende toepassingsdomeinen: (i) waar precisie-, consistentie- en kosteisen zonder robots niet haalbaar zijn, (ii) waar de arbeidsvoorwaarden mensenwaardig zijn, en (iii) om outsourcing wegens te hoge kosten te vermijden. Men schat het aantal banen dat het gebruik van robots in deze categorie creëert of behoudt wereldwijd op 5 miljoen. Het aantal banen dat indirect te danken is aan de robotisering van de ondersteunende activiteiten in de productie van hoogtechnologische massaproducten, bijvoorbeeld in de communicatie- en amusementssectoren (bv. *gaming*), schat men momenteel op 3 tot 5 miljoen.

Robots bieden ook een ongekende waaier aan nieuwe opportuniteiten die ondersteunend kunnen zijn voor veel aspecten van de samenleving en die alleen dankzij de introductie van robots mogelijk zijn geworden. Zij vormen geen bedreiging voor de werkgelegenheid, integendeel: door hun innovatieve karakter leiden zij, naast hun bijdrage aan een inclusieve samenleving, tot innovatieve producten, waardoor een nieuw industrieel weefsel kan ontstaan als basis voor een verdere innovatie en tewerkstelling.

Robots in de zorg

In de zorgsector zullen zich de komende decennia een groter aantal hulpbehoevende ouderen aandienen. Men gaat uit van een verdubbeling van het aantal 80-plussers tegen 2050 en een nood aan een dubbel aantal bedden in rust- en verzorgingsinstellingen (van 135.000 nu naar 300.000) tegen 2060. Robottechnologie kan ertoe bijdragen dat ouderen langer zelfstandig kunnen wonen. Zorgrobots kunnen bijvoorbeeld een deel van de taken overnemen van verzorgenden, verpleegkundigen of familieleden. Een belangrijk voordeel is hun continue aanwezigheid en beschikbaarheid in de onmiddellijke omgeving van de zorgbehoevende. Via ICT-toepassingen kunnen robots in permanent contact staan met professionele zorgverstrekkers of mantelzorgers. Ook in de verzorgingsinstellingen kunnen zorgrobots worden ingeschakeld, ook hier in samenwerking met de zorgverstrekkers. Eenvoudige kinesiotherapieoefeningen kunnen worden gedemonstreerd door een rehabilitatierobot, ingesteld door een professionele fysiotherapeut. Terwijl de robot mensen aanspoort om in beweging te blijven, kan een fysiotherapeut individuele aandacht besteden aan andere zorgbehoevenden.

Robots in de chirurgie en elders

Synergie en complementariteit, essentieel voor de introductie van robots in de zorgsector, zijn ook de kernwoorden bij hun introductie in de chirurgie. Robots zijn



Sociale assistieve robot Probo in interactie met kinderen met autisme.

© VUB



Met een robot kan de oogchirurg heel precieze behandelingen uitvoeren die tot voor kort manueel onmogelijk waren, waardoor miljoenen blinden een kans krijgen om terug te zien.

© KU Leuven

vooral nog niet geschikt om het geheel van complexe chirurgische handelingen en beslissingen van chirurgen over te nemen. Maar zij zijn wel in staat om – in nauwe samenwerking met de chirurg en onder diens controle – bepaalde precieze handelingen uit te voeren. Uit de interactie van deze instrumenten met de organen kan, via sensorsystemen, interessante intra-operatieve informatie worden verkregen, die mee in de robotbesturing kan worden geïntegreerd.

In de medische en zorgsectoren bieden ook aanbare robots, 'ijzeren verpleegsters', intelligente rolstoelen, exoskeletten, revalidatie robots, interactieve rollators, medische informatiesystemen voor de operatiekamer, bio-informatica enz. ongeziene mogelijkheden. De blauwdrukken en prototypes liggen klaar in universitaire labs en er zijn reeds start-ups actief. Er is dringend nood aan incubatie- en startfondsen om deze opportuniteiten te benutten.

Ook in andere niet-industriële sectoren zijn er veel opportuniteiten: interventie robots bij rampen, ontmijningsrobots, museumgidsen, robotbutlers, fruitpluk-robots, 3D-printingrobots, drones...

7. Naar een welvarende, inclusieve en duurzame samenleving

Problemen benoemen

Baanpolarisatie, waardoor de vraag naar middelbaar geschoolde werknemers afneemt en die naar hoog- en laaggeschoold personeel stijgt, leidt ons naar een duale maatschappij als er geen maatregelen genomen worden. De middenklasse wordt zo meer en meer uitgestoten uit de economie.

Door de productiviteitsstijging die een gevolg is van de automatisering en robotisering, wordt arbeid omgezet in kapitaal waarvan een steeds kleiner deel van de bevolking – de eigenaars van dat kapitaal – profiteert. Superrijke bedrijven zoals Google stellen relatief weinig mensen tewerk. De creatie van steeds meer welvaart met minder werk heeft een steeds grotere invloed op de verdeling van inkomen en welvaart.

De toenemende complexiteit van veel taken en de hogere productiviteit leiden ook tot een toenemende groep van mensen die uit de boot vallen door onvoldoende vaardigheden én tot veralgemeende klachten met betrekking tot de werkdruk. Dat laatste komt niet alleen tot uiting in steeds luider klinkende protesten van de werkende klasse maar ook in de exponentiële stijging van goede medewerkers die uitvallen (burn-outs, psychische problemen, chronische aandoeningen...). Deze problemen mogen niet ontkend worden. Ze moeten een gepaste oplossing krijgen.

Oplossingen

Robotica en automatisering kunnen bij het zoeken naar die oplossingen een belangrijke rol spelen. Zij kunnen in sommige werkomgevingen ongetwijfeld bijdragen aan een verlichting van de werkdruk, onder meer door de verdere automatisering van processen en door de samenwerking van mens en robot te bevorderen (*cobots*), in plaats van de mens door de robot te vervangen. (Dit laatste lukt zelfs niet volledig voor complexe manipulatie-taken, waardoor voor de mens inferieure resttaken overblijven.) Een deel van de productiviteitsstijging als gevolg van de automatisering investeren in welzijn – met name door de verlichting van de werkdruk – zal tot meer gemotiveerde en geëngageerde medewerkers en tot een lager ziekteverzuim leiden. Het terugverdieneffect hiervan zou wel eens groot kunnen zijn.⁷

Omdat technologische ontwikkelingen relatief immanent evolueren en dus moeilijk gestuurd kunnen worden, zal het aangewezen zijn ook niet-technologische oplossingen te vinden voor de geschetste problemen, in de richting van een

⁷ Mondelinge communicatie aan de auteurs door een lid van KTW, CEO van een Vlaams bedrijf met 4000 medewerkers.



Een intelligente rolstoel biedt verhoogde autonomie aan de bestuurder.
© RADHAR & KU Leuven

hervdeling van werk (een kortere werkweek), een minimum gewaarborgd inkomen, de hervorming van de belastingen (zoals de negatieve inkomstenbelasting). R. Freeman [28] stelt voor om werknemers mede-eigenaar te maken van de productiviteitsverhogende automatiseringsmiddelen. Het behoort niet tot de doelstellingen van dit Standpunt om dieper in te gaan op deze niet-technologische denkpijlers.



Assistief exoskeleton Mirad helpt mensen met spierzwakte om autonoom te stappen.
© VUB en KU Leuven

Bij het positief inspelen op jobpolarisatie spelen her- en bijscholing en permanente vorming een belangrijke rol. Nieuwe vormen van permanente vorming en levenslang leren moeten gestimuleerd worden om de algemene inzetbaarheid van werknemers flexibel en competitief te houden en om hun waardevolle, nog niet geëxploreerde talenten te ontwikkelen. De huidige focus ligt nog te veel op het behoud van een job, met dezelfde inhoud en in hetzelfde bedrijf. Nieuwe onderwijsvormen zoals gemengd leren (*blended learning*, een combinatie van campusonderwijs en e-leren) en MOOCs gecombineerd met on-the-jobtraining, vormen hiervoor uitstekende instrumenten.

Visies op de toekomst

Om aan te geven dat wereldwijd het verlangen ontluikt naar een inclusievere wereld sluiten we af met enkele internationale visies op de maatschappij van de toekomst, als inspiratie voor de richting waarin de Vlaamse innovatiepolitiek zou kunnen evolueren om naar meer welvaart te streven, het welzijn van de burgers centraal te stellen en tegelijk een nieuw industrieel weefsel te creëren dat de werkgelegenheid in hoogtechnologische sectoren kan bevorderen.

In [16] heeft het consortium WWWFOR Europe met het project *New Dynamics for Europe* een ambitieuze visie voor Europa 2050 voorgesteld. De overkoepelende maatstaf voor Europa is “hoog welzijn in een duurzame omgeving” in plaats van het gangbare bruto binnenlands product (bbp). Dit moet resulteren in lage werkloosheid, hoge inclusie, een beperkte inkomensongelijkheid, brede voorzieningen voor zo veel mogelijk mensen, onderwijs voor iedereen, eerbied voor de omgeving en de aardse voorraden. Als ze politiek voldoende ondersteund wordt, biedt deze visie, naast uitzicht op een welvarende maatschappij met een hoog welzijns- en duurzaamheidsgehalte, ook enorme opportuniteiten voor technologische innovatie en de daaruit voortvloeiende tewerkstelling.

Zoals eerder gezegd heeft het initiatief van de NAE (*National Academy of Engineering*) van de VS in 2008 geleid tot een lijst van 14 *Grand Challenges for Engineering* [17]. Die worden nu in Amerika, maar ook internationaal, als basis genomen voor een aantal ontwikkelingen in onderwijs en onderzoek. Momenteel hebben reeds 125 universiteiten hun curricula en onderzoek daarop ingericht.

Ten slotte is het voorstel van resolutie [26] dat recent bij het Vlaams Parlement werd ingediend, een solide document dat pleit voor de opmaak van een inclusieve en duurzame robot- en digitale agenda voor Vlaanderen.

8. Onderwijs en innovatie

Innovatie vergt creativiteit en multi- en transdisciplinair denken. Daar moet het onderwijs op inzetten. Alle niveaus, vanaf de kleuterklas over het lager en middelbaar onderwijs tot het hoger onderwijs, en met inbegrip van de permanente en naschoolse vorming, moeten doordrongen zijn van creatief denken en van een integrale benadering van de werkelijkheid. Dit vergt veel van het onderwijssysteem en het onderwijzend kader.

Creativiteit trainen

Het trainen van creativiteit is in ons onderwijs steeds een moeilijk punt geweest, ook aan de universiteiten. Dat komt omdat 'ontwerpen' een *science of the artificial* is [20], een discipline die haaks op de natuurwetenschappen staat. Een ontwerper synthetiseert, een natuurwetenschapper analyseert. De natuurwetenschapper steunt op een beperkt aantal natuurwetten, de ontwerper moet vanuit een aanvankelijk oneindig aantal oplossingen de 'beste' kiezen. Herbert Simon heeft gepoogd om de ontwerpdiscipline te formaliseren [20]. Dat bleek onmogelijk, hoofdzakelijk omdat 'creativiteit' niet in formele regels (wetten) te vatten is, maar eerder een intuïtieve natuur heeft. Het is een aangeboren bekwaamheid die, zoals kunstuitingen (tekenen, musiceren), door training in mindere of meerdere mate kan geperfectioneerd worden. Enkelen zijn geniale ontwerpers, ook zonder training; de meesten kunnen alleen door volgehouden training hun creativiteit verder ontwikkelen en aanscherpen. Dit maakt de oriëntatie naar creativiteit in het onderwijs, al vanaf een heel vroeg stadium, des te belangrijker als voedingsbodem voor een innovatieve maatschappij. Het blijkt dat veel van Silicon Valley's briljante geesten en succesvolle innovators opgevoed zijn volgens de Montessorimethode, waar creativiteit bovenaan op de agenda staat.

Transdisciplinair denken

Transdisciplinair denken (of systeemdenken) zou al in een vroeg stadium aangeleerd moeten kunnen worden. Het STEM-initiatief van de Vlaamse overheid is een belangrijke stap in de goede richting. Er worden momenteel reeds leerplannen en opleidingen gecreëerd waarin de onderlinge verbanden tussen de STEM-vakken aan bod komen. Zo wordt wiskunde niet meer gezien als een aparte discipline, maar staat ze in verbinding met of ten dienste van de andere STEM-vakken. Dit vergt veel van leerkrachten die zich, eventueel door herscholing, moeten inwerken in deze nieuwe interpretatie van hun vakken en het doceren. Bij de implementatie van dit initiatief moet optimaal gebruik gemaakt worden van de aanwezige kennis, expertise en infrastructuur van de leden van de organiserende scholengemeenschap. In dit verband kan bijvoorbeeld het TSO zijn expertise en infrastructuur ter beschikking stellen van de hele schoolgemeenschap om de T- en E-component van het STEM-concept zonder bijkomende kosten te organiseren. Dat zou tegelijk kunnen bijdragen aan de omkering van de dramatische leegloop

waaronder het TSO wegens zijn ontorechte imagoprobleem gebukt gaat. Die leegloop vormt een reële bedreiging voor de industrie, omdat zo de aanlevering van goed opgeleide technici aan de bedrijven in gevaar komt.

In deze visie zijn opleidingsonderdelen als systeemtheorie, mechatronica, systeemanalyse, ontwerp oefeningen en uiteraard de integrale STEM-aanpak, aangevuld met hands-on practica, een must. Dat ligt voor de hand, maar deze visie is nog niet steeds voldoende doorgedrongen tot het (hoger) onderwijs. Vooral de ontwerpdiscipline heeft nood aan een hernieuwde aandacht. Belangrijk hierbij is ook de stem van de bedrijfswereld in het mee definiëren van de leerinhouden van de T- en E-componenten. De industrie zelf heeft ook een belangrijke taak om (jonge) leraren met stages in de T- en E-disciplines up-to-date vakkennis bij te brengen. Zo kunnen zij die overbrengen op gemotiveerde jongeren, en relevante cases aanbrengen en begeleiden bij de studenten.

Conclusies en aanbevelingen

In dit Standpunt proberen we aan de hand van technisch verantwoorde argumenten, minder met cijfers en voorspellingen, de negatieve berichten van Frey en Osborne [15] en anderen te relativiseren. We wijzen niet alleen op potentiële gevaren en negatieve effecten, maar ook op het enorme potentieel van robots en andere vormen van automatisering in ons streven naar een meer inclusieve samenleving.

Conclusies

1. De paniekberichten in de media over de negatieve impact van robotica en digitalisering zijn veelal overtrokken, omdat zij steunen op onvolledige en soms verkeerde premissen, met als voornaamste de veronderstelling dat alle taken en functies even gemakkelijk te automatiseren zijn. Dit Standpunt ontkracht deze stelling.
2. Omdat robots nog lang niet de intelligentie van de mens benaderen zullen een hele reeks taken en banen nog lange tijd mensenwerk blijven. Kurzweils Singulariteitspunt [27] is nog ver verwijderd, als het ooit gerealiseerd wordt. Moravecs paradox dat 'taken die triviaal zijn voor de mens, moeilijk zijn voor robots, en omgekeerd' zal nog lang geldig blijven. Manipulatie-taken zijn inderdaad veel moeilijker te automatiseren dan zuivere informatieverwerkingstaken.
3. Innovatie kan de werkgelegenheid op verschillende wijzen beïnvloeden: (i) door productiviteitsgroei, (ii) door de creatie van nieuwe markten dankzij de introductie van innovatieve producten, (iii) door nieuwe zakenmodellen. De interactiemechanismen tussen innovatie, productiviteitsgroei en werkgelegenheid zijn complex en moeilijk te kwantificeren.
4. De verdeling van de werkgelegenheid over de verschillende werkinhouden verandert drastisch. Dit resulteert in baanpolarisatie, waardoor de vraag naar middelbaar geschoolde medewerkers afneemt, terwijl de vraag naar hoog- en laaggeschoold personeel stijgt. Baanpolarisatie is een gevolg van het feit dat manuele en cognitieve routinetaken gemakkelijk te automatiseren zijn, in tegenstelling tot complexe manuele taken die veel complexer zijn. Ook taken die algemene intelligentie vereisen (verwerken van nieuwe informatie en ongestructureerde problemen oplossen), zijn nog steeds aartsmoeilijk, of zelfs onmogelijk, te automatiseren.
5. Tot nu toe vormt de introductie van industriële robots geen bedreiging voor de werkgelegenheid; haar invloed is nog steeds marginaal. Robots hebben nog te veel tekortkomingen om veel mensen te verdrijven uit het productieproces. Wij moeten echter voorbereid zijn op een meer massale inval van robots in het productieproces. Dit kan door onze fabrieken te ontwerpen rekening houdend met het onverwachte [6].
6. Naast een mogelijke bedreiging voor de werkgelegenheid bieden robotica en automatisering echter ook ongeziene opportuniteiten in ons streven naar een inclusieve samenleving. Medische en zorgrobotica zijn voorbeelden waar de

inzet van robots en automatisering niet alleen bijdraagt aan het welzijn van de mens, maar tegelijk een nieuw industrieel weefsel kan scheppen dat innovatie stimuleert en de werkgelegenheid bevordert.

7. Wereldwijd is er een streven naar een welvarende, inclusieve en duurzame samenleving. Internationale initiatieven zoals het EU-project *New Dynamics for Europe* [16], en het initiatief *Grand Challenges for Engineering* [17] van de Amerikaanse National Academy of Engineering (NAE), vormen een stevige leidraad om onze zoektocht naar een maatschappij met een lage werkloosheid, hoge inclusie, beperkte inkomensongelijkheid, brede voorzieningen voor zoveel mogelijk mensen, onderwijs voor iedereen, eerbied voor de omgeving en de aardse voorraden.

Het recent ingediende voorstel van resolutie voor het Vlaamse Parlement om te komen tot de opmaak van een inclusieve en duurzame robot- en digitale agenda voor Vlaanderen illustreert de groeiende Vlaamse bewustwording.

8. Creativiteit en systeemdenken zijn de pijlers waarop alle onderwijs moet steunen. Systeemtheorie, mechatronica, ontwerpen, ... zijn stuk voor stuk belangrijke vakgebieden die in het curriculum kunnen opgenomen worden om die visie te ondersteunen, net als de STEM-benadering.

Aanbevelingen

Deze conclusies brengen ons bij aanbevelingen waardoor Vlaanderen de onvermijdelijke evoluties die op ons afkomen kan ombuigen tot opportuniteiten.

1. Initiatieven zijn nodig om de Vlaamse samenleving te informeren over technologische trends en hun maatschappelijke consequenties. Een campagne geïnspireerd door de DIRV⁸-actie van de jaren 1980 (met de FTI⁹-tentoonstellingen) kunnen de technologische vooruitgang in een positief daglicht stellen en een nieuw innovatie-elan creëren.
2. Innovatie in al haar vormen (nieuwe producten en processen, nieuwe zakenmodellen) kan gestimuleerd worden, door:
 - a. de creatie van startups te faciliteren, bijvoorbeeld met incubatiefondsen die de kloof tussen laboratoriumprototype en verkoopbaar product dichten. Momenteel zijn deze fondsen onbestaande in Vlaanderen;
 - b. meer toekomstgericht onderzoek te stimuleren. Onze strategische onderzoekscentra moeten zich blijvend inzetten om onontgonnen terreinen te betreden en zo de basis te leggen voor een nieuw industrieel weefsel. Dat is essentieel voor succesvolle innovatie. Ook moeten zij zelf meer innovaties naar de markt brengen;
 - c. de overheid en de sociale partners op te roepen om bestaande wetten en regelgeving te herzien, waardoor er alternatieve en concurrerende zakenmodellen kunnen ontstaan.

⁸ DIRV: Derde Industriële Revolutie in Vlaanderen.

⁹ FTI: Flanders Technology International.

3. Om de negatieve effecten van baanpolarisatie tegen te gaan is her- en omscholing van de getroffen werknemers essentieel. Nieuwe formules van permanente vorming en levenslang leren moeten worden gestimuleerd om de algemene inzetbaarheid van de werknemers flexibel en competitief te houden, en hun waardevolle, onaangesproken talenten te ontwikkelen. De huidige focus ligt nog vaak op het behoud banen met een gelijkaardige werkinhoud, bij voorkeur in hetzelfde bedrijf. Nieuwe leermethodes zoals 'gemengd leren' (*blended learning*, een combinatie van campusleren en e-leren), en MOOCS,¹⁰ gecombineerd met on-the-jobtraining, kunnen in passende combinaties excellente instrumenten zijn.
4. Er is dringend nood aan meer ondernemerschap in innovatieve technologieën. Het aantal potentieel disruptieve innovaties dat in Vlaamse universiteiten en onderzoeksinstellingen op commercialisering wacht, is ontstellend groot. Een goed voorbeeld is de medische en servicerobotica waar meerdere topresearchresultaten op wereldvlak (laparoscopische robots, oogchirurgie-robots, gezelschapsrobots, intelligente rolstoelen) bij gebrek aan risicokapitaal op commercialisering liggen te wachten. Behalve de overheid heeft ook de industrie zelf een zware verantwoordelijkheid. Een mogelijk mechanisme is een incubatiefonds door de overheid in het leven geroepen, bv. gespijsd met een deel van de vennootschapsbelasting, voor potentiële groeiers in disruptieve diensten en producten, in hoofdzaak te beheren door *captains of industry*, die mee investeren.
5. Alles moet in het werk gesteld worden om de maakindustrie in Vlaanderen in stand te houden, de werkgelegenheid te behouden en om een nieuw industrieel weefsel van innovatieve technologieën te creëren. Hier verwijzen wij expliciet naar de conclusies en aanbevelingen in Standpunt 17 van KVAB: *De Maakindustrie: Motor van Welvaart in Vlaanderen* [14].
6. Om de afgestudeerden uit de verschillende onderwijssystemen beter voor te bereiden op de (r)evoluties in de innovatieve technologische maatschappij moet het onderwijs op alle niveaus meer gericht worden op creativiteit en op een geïntegreerde visie op de wereld. STEM- initiatieven vormen uitstekende opportuniteiten om leerlingen uit het secundair onderwijs inzichten te laten verwerven in de onderlinge verbanden tussen de componenten Science, Technology, Engineering en Mathematics van de STEM-benadering. Ook vakken als systeemtheorie, mechatronica, ontwerpen, ... dragen bij aan de gevraagde systeemvisie.
7. Een dringende herwaardering van het TSO¹¹ dringt zich op. De huidige leegloop legt een zware hypotheek op de instroom van goedgeschoolde technici in de hoogtechnologische maakindustrie. Nieuwe kansen om het imagoprobleem van het TSO positief bij te sturen worden geboden door het TSO actief te betrekken bij de invulling van de T- en E-componenten van STEM in de scholengemeenschappen.

¹⁰ MOOCS: Massive Open Online Course.

¹¹ TSO: Technisch Secundair Onderwijs.

Afkortingen

AGV:	<i>automated guided vehicle</i>
ANN:	artificieel neurale netwerk
CPS:	<i>cyber-physical system</i>
DIRV:	Derde Industriële Revolutie in Vlaanderen
EIR:	Eerste Industriële Revolutie
FTI:	Flanders Technology International
IFR:	International Federation of Robotics
IoT:	<i>Internet of Things</i>
IoTSP:	<i>Internet of Things, Services and People</i>
MAS :	multi-agentsystemen
MFP:	multi-factorproductiviteit
MGI:	McKinsey Global Institute
MOOCS:	<i>massive Open Online Courses</i>
PS:	<i>physical systems</i>
STEM:	Science, Technology, Engineering, Mathematics
TFP:	<i>total-factor productivity</i>
TIR:	Tweede Industriële Revolutie
TSO:	Technisch Secundair Onderwijs
VIR:	Vierde Industriële Revolutie

Samenstelling van de werkgroep

Hendrik VAN BRUSSEL, KU Leuven, KTW, hendrik.vanbrussel@kuleuven.be
Joris DE SCHUTTER, KU Leuven, KTW, joris.deschutter@kuleuven.be
Herman BRUYNINCKX, KU Leuven, herman.bruyninckx@kuleuven.be
Paul DE GRAUWE, LSE, KU Leuven, KMW, paul.degrauwe@kuleuven.be
Hugo DE MAN, KU Leuven, imec, KTW, hugo.deman@gmail.com
Jan DENYS, Randstad, jan.denys@randstadgroup.be
Philip DUTRÉ, KU Leuven, philip.dutre@kuleuven.be
Ludo GELDERS, KU Leuven, KTW, ludo.gelders@kuleuven.be
Robert GOBIN, KU Leuven, KTW, robert.gobin@kuleuven.be
Maarten GOOS, KU Leuven, maarten.goos@kuleuven.be
Albert HUSNIAUX, BACAS ARB, ehler.ulf@hq.nato.int , albert.husniaux@gmail.com
Hubert VAN BELLE, hubert.vanbelle@skynet.be
Achiel VAN CAUWENBERGHE, UGent, KTW, Achiel.VanCauwenberghe@UGent.be
Jean-Jacques VANDEBERG, BACAS ARB, jj.vandenberg@skynet.be
Joos VANDEWALLE, KU Leuven, KTW, joos.vandewalle@kuleuven.be
F.J.A.M. VAN HOUTEN, UTwente, KTW, F.J.A.M.vanHouten@utwente.nl
Hendrik VAN LANDEGHEM, UGent, KTW, hendrik.vanlandeghem@ugent.be
Bram VANDERBORGH, VUB, Jonge Academie, bram.vanderborght@vub.ac.be
Jos VANDER SLOTEN, KU Leuven, jos.vandersloten@kuleuven.be
Willy VAN OVERSCHÉE, CIML, KTW, willy.vanoverschee@cimcil.be

KTW = Klasse Technische Wetenschappen

KMW = Klasse Menswetenschappen

Referenties

- [1] E. Brynjolfsson, A. McAfee, *Het tweede machinetijdperk*, Lannoo Spectrum, zonder datum.
- [2] J.-C. Baillie, Why AlphaGo is not AI, IEEE Spectrum posted 17 March 2016. (<http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/artificial-intelligence/why-alphago-is-not-ai> (https://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Christophe_Baillie)
- [3] B. Miller, R. Atkinson, *Are Robots Taking Our Jobs, or Making Them?*, *The Information Technology & Innovation Foundation (ITIF)*, sept.2013.
- [4] R. van Est, L. Kool (red.), *Werken aan de robotsamenleving*, Rathenau Instituut 2015.
- [5] B. Hall, 'Innovation and productivity', *Nordic Economic Policy Review*, Number 2/2011.
- [6] P. Valckenaers, H. Van Brussel, *Design for the Unexpected. From Holonic Manufacturing Systems towards a Humane Mechatronics Society*, Elsevier/ Butterworth-Heinemann, 2016.
- [7] M. Ford, *De Opmars van de Robots*, Singel Uitgeverijen, 2016.
- [8] Hoge Raad voor de Werkgelegenheid, *Digitale economie en Arbeidsmarkt*, juni 2016.
- [9] Federal Planning Bureau, *Labor Productivity Growth in Belgium*, Working Paper 6-15, september 2015.
- [10] Expertengroep 'Concurrentievermogen en Werkgelegenheid. België en de buurlanden: sectorale loonkosten en productiviteit in perspectief', *OVER.WERK Tijdschrift van het Steunpunt WSE / Acco* | 4/2013.
- [11] J. Konings, D. Persyn, W. Torfs, *De impact van de crisis op de arbeidsmarkt in Vlaanderen*, VIVES, 2012. https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/336895/1/JK_Vives_Voka+Leerstoel+11jan.pdf
- [12] M. Goos, A. Manning, A. Salomons, 'Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring', *American Economic Review* 2014, 104(8): 2509-2526.
- [13] T. Gregory, A. Salomons, U. Zierahn, *Racing with or against the Machine*, Utrecht School of Economics Discussion Paper Series, nr 16-05, 2016.
- [14] H. Van Brussel (ed.), *De Maakindustrie. Motor van Welvaart in Vlaanderen*, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, Standpunten nr. 17, april 2013.
- [15] C.B. Frey, M.A. Osborne, *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?*, The Oxford Martin School, Oxford University, september 2013.
- [16] K. Aiginger, *New Dynamics for Europe*, WWW for Europe, 2016 (<http://www.foreurope.eu/>).
- [17] <http://www.engineeringchallenges.org/>, National Academy of Engineering

- [18] H. Bonin, T. Gregory, U. Zierahn, *Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland*, Kurzepertise nr 57, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, 2015.
- [19] J. Manyika, et al., *Growth and renewal in the United States: Retooling America's growth engine*, McKinsey Global Institute, februari 2011.
- [20] H.A. Simon, *The Sciences of the Artificial*, MIT Press, 1990.
- [21] NAE, *Making value for America: Embracing the Future of Manufacturing, Technology, and Work: Summary*, National Academy of Engineering, 2015.
- [22] H.W. Chesbrough, *Open Innovation. The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business Press, 2003.
- [23] P. Gorle, A. Clive, *Positive impact of Industrial Robots on Employment*, Metra Martech, 2013, IFR.
- [24] <http://www.ifr.org/home> – Executive Summary World Robotics 2016 Industrial Robots.
- [25] <http://www.ifr.org/home> – Executive Summary World Robotics 2016 Service Robots.
- [26] 903 (2016-2017) – Nr. 1 6 oktober 2016 (2016-2017) Voorstel van resolutie voor het Vlaamse Parlement, van Imade Annouri, Björn Rzoska en Wouter Vanbesien, betreffende de opmaak van een inclusieve en duurzame robot- en digitale agenda voor Vlaanderen.
- [27] R. Kurzweil, *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*, 2005, Viking Press.
- [28] R. Freeman, *Making Europe Work*, Oxford University Press, 2009.
- [29] C.F. Frey, M.A. Osborne, et al., *Technology at Work v2.0. The future is not what it used to be*, Oxford Martin School, City Group, januari 2016.
- [30] R. Miskimon, Chomsky's Theory on Children's Language Development, last updated Jan 16, 2014 <http://www.livestrong.com/article/224250-chomskys-theory-on-language-development-in-children/>

RECENTE STANDPUNTEN (vanaf 2014)

23. Roger Marijnissen, Francis Strauven – *Voor een verantwoord beheer van ons kunstpatrimonium*, KVAB/Klasse Kunsten, 2014.
24. Jan Eeckhout, Joep Konings – *Jeugdwerkloosheid*, Denkersprogramma Klasse Menswetenschappen, 2014.
25. Pascal Verdonck e.a. – *Medische Technologie, als motor voor innovatieve gezondheidszorg*, KVAB/Klasse Technische wetenschappen, 2014.
26. Charles Hirsch, Erik Tambuyzer e.a. – *Innovatief ondernemerschap via spin-offs van kenniscentra*, KVAB/Klassen Natuurwetenschappen en Technische wetenschappen, 2014.
27. Giovanni Samaey, Jacques Van Remortel e.a. – *Informaticawetenschappen in het leerplichtonderwijs*, KVAB/Klasse Technische wetenschappen en Jonge Academie, 2014.
28. Paul Van Rompuy – *Leidt fiscale autonomie van deelgebieden in een federale staat tot budgettaire discipline?* KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2014.
29. Luc Bonte, Paul Verstraeten e.a. – *Maatschappelijk verantwoord ondernemen. Meedoen omdat het moet, of echt engagement?* KVAB/Klasse Technische wetenschappen, 2014.
30. Piet Van Avermaet, Stef Slembrouck, Anne-Marie Simon-Vandenberghe – *Talige diversiteit in het Vlaams onderwijs: problematiek en oplossingen*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2015.
31. Jo Tollebeek – *Metamorfozes van het Europese historisch besef, 1800-2000*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2015.
32. Charles Hirsch, Erik Tambuyzer e.a. – *Innovative Entrepreneurship via Spin-offs of Knowledge Centers*, KVAB/Klassen Natuurwetenschappen en Technische wetenschappen, 2015.
33. Georges Van der Perre en Jan Van Campenhout (eds.) – *Higher education in the digital era. A thinking exercise in Flanders*, Denkersprogramma KVAB/Klasse Technische wetenschappen, 2015.
34. Georges Van der Perre, Jan Van Campenhout e.a. – *Hoger onderwijs voor de digitale eeuw*, KVAB/Klasse Technische wetenschappen, 2015.
35. Hugo Hens e.a. – *Energiezuinig (ver)bouwen: geen rechttoe rechtaan verhaal*, KVAB/Klasse Technische wetenschappen, 2015.
36. Marnix Van Damme – *Financiële vorming*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2015.
37. Els Witte – *Het debat rond de federale culturele en wetenschappelijke instellingen (2010-2015)*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2015.
38. Irina Veretennicoff, Joos Vandewalle e.a. – *De STEM-leerkracht*, KVAB/Klasse Natuurwetenschappen en Klasse Technische wetenschappen, 2015.
39. Johan Martens e.a. – *De chemische weg naar een CO₂-neutrale wereld*, KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2015.
40. Herman De Dijn, Irina Veretennicoff, Dominique Willems e.a. – *Het professoraat anno 2016*, KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, Klasse Menswetenschappen, Klasse Kunsten en Klasse Technische wetenschappen, 2016.
41. Anne-Mie Van Kerckhoven, Francis Strauven – *Een bloementapijt voor Antwerpen*, KVAB/Klasse Kunsten, 2016.
42. Erik Mathijs, Willy Verstraete e.a., *Vlaanderen wijs met water: waterbeleid in transitie*, KVAB/Klasse Technische wetenschappen, 2016.
43. Erik Schokkaert – *De gezondheidszorg in evolutie: uitdagingen en keuzes*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2016.
44. Ronnie Belmans, Pieter Vingerhoets, Ivo Van Vaerenbergh e.a. – *De eindgebruiker centraal in de energietransitie*, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2016.
45. Willem Elias, Tom De Mette – *Doctoraat in de kunsten*, KVAB/Klasse Kunsten, 2016.

De volledige lijst met standpunten en alle pdf's kunnen worden geraadpleegd op www.kvab.be/standpunten

NAAR EEN INCLUSIEVE ROBOTSAMENLEVING

ROBOTISERING, AUTOMATISERING EN WERKGELEGENHEID

De invloed van automatisering en robotisering op de samenleving en op de werkgelegenheid in het bijzonder is het voorwerp van talloze studies, voorspellingen en persartikels. De schrik zit er duidelijk in; gevreesd wordt dat automatisering drastisch zal ingrijpen in de structuur van de samenleving, waardoor vooral de werkloosheid significant zal/kan toenemen. Als oorzaken worden meestal aangegeven de inkringing van het volume beschikbaar werk alsook de verschuiving van de werkinhoud naar andere, minder vertrouwde, maar noodzakelijke vaardigheden.

Om één en ander in perspectief te plaatsen heeft de Klasse Technische Wetenschappen (KTW) van de Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten (KVAB) een werkgroep opgericht. Deze werkgroep heeft een document samengesteld in de reeks Standpunten, waarin een gefundeerde visie over deze problematiek verwoord wordt. Het doel is een breed publiek zo objectief mogelijk te informeren en een reeks conclusies en aanbevelingen te formuleren aan de verschillende betrokken partijen (overheid, onderwijs, bedrijfsleven) om aan de problematiek het hoofd te kunnen bieden, maar ook om maximaal te kunnen inspelen op de nieuwe opportuniteiten die door de robotisering en automatisering geboden worden om de samenleving meer inclusief te maken, en om een nieuw hoogtechnologisch industrieel weefsel tot stand te brengen in Vlaanderen.

De reeks Standpunten van de Academie is een bijdrage tot het wetenschappelijk onderbouwd debat over actuele maatschappelijke en artistieke thema's. De auteurs, leden en werkgroepen van de Academie schrijven in eigen naam, onafhankelijk en met volledige intellectuele vrijheid. De goedkeuring voor publicatie door een of meerdere Klassen van de Academie waarborgt de kwaliteit van de gepubliceerde studies.

Hendrik Van Brussel (emeritus gewoon hoogleraar KU Leuven) en Joris De Schutter (gewoon hoogleraar KU Leuven) zaten deze werkgroep voor. Actieve inhoudelijke bijdragen kwamen van Hugo De Man (imec), Ludo Gelders (KU Leuven), Bram Vanderborght (VUB), Joos Vandewalle (KU Leuven, KVAB), Herman Bruyninckx (KU Leuven), Hubert Van Belle, Robert Gobin (KU Leuven), Willy Van Overschée (CIMCIL), Jos Vander Sloten (KU Leuven), die ook redactioneel bijdroegen, en van de overige leden van de werkgroep: Achiel Van Cauwenberghe (UGent), Fred van Houten (UTwente), Hendrik Van Landeghem (UGent), Albert Husniaux (NATO), Jan Denys (Randstad), Jean-Jacques Vandeberg (BACAS), Maarten Goos (KU Leuven), Paul De Grauwe (LSE, Londen), Philip Dutré (KU Leuven).



**Vlaamse
overheid**

