

# ONTWIKKELLEN & OPLEIDEN IN DE TECH NIEK

VERKENNING GEVOLGEN  
DIGITALISERING EN ROBOTISERING  
VOOR TECHNISCHE BEROEPEN

ATO-METALEKTRO



opleiding  
ontwikkeling  
metaalbewerking

OT  
IB

oomt

Opleidings- en  
Ontwikkelingsfonds  
Carrosseriebedrijf



OPLEIDINGSFONDS PROCESINDUSTRIE

ooi

Datum 29 maart 2018

**Auteurs TNO**

**In opdracht van de samenwerkende fondsen in de techniek**

J.M.A.F. Sanders

M.K. Boersma

W. van der Torre

K.O. Kraan

**Projectnummer** 060.28705

**Rapportnummer** R18008

**Contact TNO**

Wouter van der Torre

Telefoon 06 46 84 72 94

E-mail [wouter.vandertorre@tno.nl](mailto:wouter.vandertorre@tno.nl)

**Gezond Leven**

Schipholweg 77-89

2316 ZL LEIDEN

Postbus 3005

2301 DA LEIDEN

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

**T** 088 866 61 00

[infodesk@tno.nl](mailto:infodesk@tno.nl)

© 2018 TNO

**Alle rechten voorbehouden.**

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.  
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

**Handelsregisternummer** 27376655

---

# INHOUD

---

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
	1.1 Aanleiding	5
	1.2 Doel van de verkenning	8
<b>2</b>	<b>Wetenschappelijke literatuur</b>	<b>9</b>
	2.1 Robotisering en co-botisering	11
	2.2 Internet of Things en Cyber-physical systems	13
	2.3 3D-printen/'additive manufacturing'	16
	2.4 Nanotechnologie/nieuwe materialen	17
	2.5 Andere externe trends	18
	2.6 Samenvatting	19
<b>3</b>	<b>Acht praktijkvoorbeelden</b>	<b>21</b>
	3.1 Case 1: RAAK mkb-project '(G)een Moer Aan!'	23
	3.2 Case 2: Smart Robotics: Robot-uitzendbureau en De Robotacademie	25
	3.3 Case 3: KMWE Precision	27
	3.4 Case 4: Hapert aanhangwagens	30
	3.5 Case 5: Van den Borne Aardappelen - precisielandbouw	31
	3.6 Case 6: de HR Groep - sensing	33
	3.7 Case 7: de Kaak Group - 3D printing	34
	3.8 Case 8: het experiment Lerend Leven in de Brainport Regio Eindhoven	36
<b>4</b>	<b>Advies voor vervolg</b>	<b>38</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>42</b>

---

1.

INLEI-

DING

---

In deze rapportage presenteren we de resultaten van een eerste verkenning naar de gevolgen van nieuwe technologieën op competentiebehoeften in de technische beroepen in de industrie, en mogelijke initiatieven op het gebied van opleiding en ontwikkeling van deze benodigde competenties.

## 1.1 Aanleiding

De mogelijke impact van nieuwe technologieën op de arbeidsmarkt staat volop in de belangstelling van de media, politiek en (beleids)onderzoek, en niet in het minst ook van de sociale partners. Belangrijke aanleiding voor deze (internationale) discussie zijn onder andere publicaties van Brynjolfsson en McAfee (2011; 2014), Frey en Osborne (2013) en voor Nederland Deloitte (2014) over de impact van nieuwe technologieën en de toepassingen ervan op de arbeidsmarkt, op banen, competentieprofielen en op de rol van arbeid in meer algemene zin. De bevindingen van deze studies zijn uitvoerig aan de orde gekomen in de media en het (politiek) debat, waarin over het algemeen verontrustend wordt gereageerd op de mogelijke intrede van nieuwe technologieën op de arbeidsmarkt en met name robots. In Nederland zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd op dit thema, waaronder door het Rathenau Instituut (2015), het CPB (2015), de WRR (2015) en de SER (2016). Ook sociale partners zelf voeren onderzoek uit op dit thema: een recent onderzoek van Berenschot en TIAS (2018) in opdracht van FME toont bijvoorbeeld aan dat 83% van de medewerkers in de industrie positief staat tegenover digitalisering en robotisering, en het als een kans ziet.

De eerder genoemde maatschappelijke discussie en rapporten op macroniveau onderkennen onder meer de mogelijke impact van nieuwe technologieën op de werkgelegenheid, de polarisatie van de arbeidsmarkt, de behoefte aan flexibiliteit en de verandering van taken en bijbehorende competentiebehoefte. Echter, welke toegepaste technologieën het belangrijkste zijn en wat de specifieke impact is van deze technologieën verschilt per sector (SER, 2016; Oeij et al., 2016; Erken en Smid, 2016). Daarom is het van cruciaal belang dat sectoraal geanalyseerd wordt wat de impact van nieuwe technologieën kan zijn en hoe werkgevers en werknemers zich kunnen voorbereiden om optimaal te kunnen profiteren van de kansen en rekening te kunnen houden met de bedreigingen. Door een sectorale analyse kunnen de inzichten en adviezen op macroniveau van partijen als de SER, het Rathenau Instituut en de WRR verder geconcretiseerd en vertaald worden in interventies. Mede in dit kader hebben de A+O Metalektro, OOM, OOMT, OOC, OTIB, OVP en OOI aan TNO gevraagd te beginnen met een eerste verkenning van de literatuur over de impact van technologie op taken en competentiebehoefte van werknemers in de technische beroepen, en een verkenning van mogelijke interventies die momenteel al plaatsvinden.

Over de impact van de nieuwe technologieën op de totale werkgelegenheid lopen de verwachtingen uiteen. Enerzijds waarschuwen Frey en Osborne (2013) en Deloitte (2014) dat veel taken zouden kunnen worden geautomatiseerd waardoor komende decennia veel banen verdwijnen. In deze studies is geen rekening gehouden met het ontstaan van nieuwe taken en banen en er wordt vooral geredeneerd vanuit technologische mogelijkheden (en bijvoorbeeld niet vanuit wat organisaties wenselijk achten). De OECD (Arntz en Gregory, 2016) heeft een vergelijkbare analyse gedaan, maar daarbij wel rekening gehouden met het ontstaan van nieuwe banen en concludeert een veel beperktere impact op de totale werkgelegenheid (in de OECD-landen is sprake van een afname van gemiddeld 9%, en in Nederland 10%).

Veel partijen geven aan dat het inschatten van de impact op de werkgelegenheid moeilijk is gezien de grote onzekerheid van de ontwikkelingen en ze geven aan dat het lastig is de effecten van technologie te isoleren van andere externe factoren zoals conjuncturele ontwikkelingen en (internationale) concurrentie. Daarnaast geven veel studies aan dat de effecten verschillen per sector, waardoor de sectorale analyse ook op dit aspect weer relevant blijkt.

Een bijkomende ontwikkeling die voor een belangrijk deel is toe te schrijven aan technologische ontwikkelingen is de polarisatie op de arbeidsmarkt. Relatief is het aandeel beroepen op middelbaar niveau de afgelopen jaren afgenomen en de werkloosheid onder middelbaar opgeleiden gestegen (De Graaf-Zijl et al., 2015). Het aandeel banen op laag niveau is toegenomen de afgelopen jaren (Goos et al., 2014), maar een deel van de middelbaar opgeleiden verdringt de lager opgeleiden van de arbeidsmarkt waardoor de positie van lager opgeleiden verslechtert (De Graaf-Zijl et al., 2015). De mate van polarisatie verschilt ook per sector. Van polarisatie (in het recente verleden) blijkt met name sprake in de commerciële dienstverlening en industrie (Smits & De

Vries, 2015). De OECD (Arntz en Gregory, 2016) verwacht dat de relatieve vraag naar hoger opgeleiden tot 2025 zal blijven toenemen en de vraag naar middelbaar en laagopgeleiden zal afnemen. Vanuit dit oogpunt, is het van belang om verdere verdieping aan te brengen in de gevolgen van technologie voor verschillende sectoren.

Vanuit de rol van de technische O&O-organisaties wordt in deze verkenning de nadruk gelegd op de verandering van taken en de bijbehorende competentiebehoefte. Ook willen we met deze verkenning een indruk geven van wat er aan mogelijke oplossingen binnen de sector wordt ingezet om die competenties te ontwikkelen. Hieronder wordt kort beschreven wat op macroniveau bekend is over de impact van technologie op taken en competentiebehoefte, omdat vanuit daar in de volgende hoofdstukken in te zoomen op de technische sectoren.

Vanaf 1996 is het aandeel routinematige fysieke en cognitieve taken afgenomen en het aandeel non-routinematige analytische en interactieve taken toegenomen (Van den Berge & Ter Weel, 2015). Routinematige fysieke (zoals machines besturen) en cognitieve taken (zoals boekhouden) zijn makkelijker te automatiseren. Het aandeel non-routinematige handmatige taken neemt ook af. Hoger opgeleiden voeren relatief veel non-routinematige taken uit en middelbaar opgeleiden voeren relatief veel routinematige taken uit die (deels) zijn te automatiseren. Laagopgeleiden hebben te maken met routinematige taken, maar er zijn ook veel interactieve taken (zoals klantcontacten) aan de onderkant van de arbeidsmarkt (Van den Berge & Ter Weel, 2015). Uit een vergelijkbaar onderzoek in de VS waarin verder wordt teruggekeken (Levy & Murnane, 2013) blijkt dat routinematige handmatige en cognitieve en non-routinematige handmatige taken ook op langere termijn in belang afnemen. Daarentegen worden het 'oplossen van ongestructureerde problemen' en 'werken met nieuwe informatie' belangrijker sinds 1960 (Levy & Murnane, 2013). De verwachting is dat de ontwikkeling naar minder routinematige en meer complexe taken zich doorzet. Deze ontwikkelingen verklaren (deels) de polarisatie op de arbeidsmarkt.

In het verlengde van bovenstaande paragraaf is het van belang dat werkenden zich continu blijven ontwikkelen om van toegevoegde waarde te blijven naast de oprukkende technologie. Competentieveroudering wordt dus een steeds grotere uitdaging (Sanders, 2016). Duurzame inzetbaarheid en leven lang leren worden belangrijker. In de Nationale Enquête Arbeidsomstandigheden (NEA) (Hooftman et al., 2015) geeft 23% van de werknemers aan dat zij nieuwe kennis of vaardigheden missen om het werk goed te kunnen doen.

Voor de professionele ontwikkeling is niet alleen formeel leren van belang (via klassikale scholing), maar informeel leren (op en van de werkvloer) is zeker zo belangrijk. Een belangrijke competentie is dan ook simpelweg om jezelf te kunnen blijven ontwikkelen en te leren in en van de praktijk. Andere belangrijke competenties zijn ondernemerschap en innovatief en creatief vermogen (zowel voor werknemers als zelfstandigen) aangezien de nieuwe technologieën veel kansen bieden om nieuwe producten en diensten te ontwikkelen (Brynjolfsson & McAfee, 2014) en werkprocessen te verbeteren.

Ook betekenis geven aan data en omgaan met nieuwe informatie zijn belangrijke competenties voor de toekomst (Levy & Murnane, 2013; Brynjolfsson & McAfee, 2014), net als sociale en interactieve vaardigheden die niet, of slechts in beperkte mate, kunnen worden geautomatiseerd in de komende 5 jaar. En logischerwijs wordt het omgaan met nieuwe technologieën belangrijker.

## 1.2 Doel van de verkenning

We beschrijven in dit rapport de resultaten van een scan van de wetenschappelijke literatuur (hoofdstuk 2) en een achttal praktijken (hoofdstuk 3). Voor zowel de literatuurscan als het praktijkenonderzoek stond een drietal vragen centraal:

1. Welke kennis is er over impact van technologie op competentiebehoefte in technische beroepen in de industrie voor de komende 5 jaar
2. Welke initiatieven bestaan er rondom dit thema die gericht zijn op opleiding en ontwikkeling van de benodigde competenties
3. Welke kennisdragers (instituties) zijn er op dit thema?

Op basis van de literatuurscan en de praktijken komen we tot een advies voor vervolg van dit onderzoeksproject. In dat advies formuleren we enkele concrete aanbevelingen.



---

# 2. WETEN- SCHAP- PELIJKE LITERA- TUUR

---

**In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de literatuurscan over de impact van technologieën op taken en competenties van technische beroepen in de industrie beschreven. Bij het uitvoeren van de literatuurstudie is gezocht naar wetenschappelijke literatuur met behulp van Scopus ('s werelds grootste database met peer-reviewede literatuur) en Google Scholar. De zoektermen<sup>1</sup> zijn van tevoren afgestemd met de technische O&O-organisaties. Bij de zoekopdracht is ook specifiek gezocht op verschillende sectoren die vertegenwoordigd worden door de technische O&O-organisaties.**

Onderzoek naar de impact van technologieën op taken en competenties van technische beroepen in de industrie lijkt nog in de kinderschoenen te staan. De zoekopdracht in Scopus naar publicaties over dit onderwerp leverde in totaal 35 artikelen op, waarvan er slechts één echt bruikbaar was. Daarna is verder gezocht in Google Scholar. Ook hier bleek dat er niet veel is gepubliceerd over de impact van nieuwe technologieën op competentiebehoeften in de technische beroepen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de grijze literatuur moeilijker te ontsluiten is. Het is daarom lastig aan te geven in hoeverre hierin veel geschreven is over de impact van nieuwe technologieën op competentiebehoeften in de technische beroepen. Wat betreft sectoren zijn er voor de technische installatiebranche en elektrotechnische sector specifieke rapporten gevonden. Verder richt de literatuur zich voornamelijk op industriële productie en niet op specifieke sectoren.

10

Uiteindelijk leverde de zoekopdrachten 13 publicaties op waaronder rapporten, papers gepresenteerd op internationale conferenties en slechts twee peer-reviewede artikelen. Dit is aangevuld met de rapporten aangeleverd door de opdrachtgevers en enkele rapporten van TNO.

In onderstaand literatuuroverzicht komen de volgende onderwerpen aan bod.

- Robotisering en co-botisering.
- Internet of Things en Cyber-physical systems.
- 3D-printen/'additive manufacturing'.
- Nanotechnologie/nieuwe materialen.
- Andere externe trends: Kwaliteitseisen en duurzaamheid.

Per onderwerp wordt kort uitgelegd wat de technologie inhoudt, wat de implicaties zijn voor taken en competentiebehoeften en tot slot (indien aanwezig) voorbeelden uit sectoren.

<sup>1</sup> Wat betreft technologische ontwikkelingen zijn de volgende zoektermen gebruikt: augmented reality, production technologies, virtual reality, advanced manufacturing systems, robots, robotics, additive manufacturing, rapid prototyping, cyber physical systems, Internet of Things, cloud-based manufacturing, 3d printing, workplace innovation, innovation, nanotechnology, industrie 4.0, 'smart industry'.

## 2.1 Robotisering en co-botisering

Robots en co-bots (collaborative robots) worden steeds geavanceerder en doen hun intrede in de industrie. Taken die uitgevoerd kunnen worden door robots zijn onder meer boren, lassen en verspanen, maar ook assembleren, tillen of metingen verrichten. Robots kunnen ingezet worden ten behoeve van een versnelling van het productieproces en het verminderen van de foutenmarge (ten behoeve van reproduceerbaarheid en kostenbesparing). Ook kunnen zij ingezet worden om taken uit te voeren die mensen niet kunnen uitvoeren of om het werk voor mensen lichter maken (minder fysieke belasting). Tot slot kunnen sommige robots werken op plaatsen en in omgevingen die niet toegankelijk zijn voor mensen (Bezemer & Smit, 2017). Met het inzetten van co-bots is er sprake van (veilige en effectieve) samenwerking tussen mens en robot, waarbij co-bots veelal ingezet worden voor ondersteunende taken die een mens niet kan uitvoeren of minder nauwkeurig kan uitvoeren - denk bijvoorbeeld aan laserbots die zeer nauwkeurig metaal kunnen snijden (Moniz & Krings, 2016).

11

### IMPLICATIES VOOR TAKEN EN COMPETENTIEBEHOEFEN

Met de inzet van robots verandert het productieproces. Voor sommige taken of processen geldt dat robots het werk van werknemers kunnen overnemen. Hierbij is er een risico dat functies verdwijnen, omdat handelingen worden geautomatiseerd. Tegelijkertijd kan de inzet van robots en co-bots leiden tot een verandering van takenpakketten van werknemers. In dit geval is er sprake van een functieverhuizing. Ook in geval van samenwerking tussen mens en co-bots vinden er veranderingen plaats in de verdeling van het werk. Samenwerken met robots vraagt andere vaardigheden en brengt nieuwe taken met zich mee, zoals het programmeren van lasrobots.

Het verdwijnen van functies en een verschuiving van taken door robotisering zijn vooral van invloed op laagopgeleid personeel<sup>2</sup> dat simpele en repetitieve taken uitvoert. Wanneer robots deze simpele en repetitieve taken overnemen, kunnen werknemers bijvoorbeeld meer controlerende taken krijgen, zoals toezicht houden op het productieproces (Moniz & Krings, 2016). Voor operators geldt dat zij vaardigheden moeten opdoen ten aanzien van het uitvoeren van basishandelingen op het gebied van de

<sup>2</sup> Moniz en Krings (2016) gebruiken de term 'low skilled workers'. Ze geven daarbij geen verdere definitie of indicatie van het opleidingsniveau van deze werknemers.

bediening van robots en het registreren van storingen aan robots. Daarnaast moeten zij toezicht houden op het door robots uitgevoerde productieproces (Moniz & Krings, 2016). Operators hebben bovendien inzicht nodig in wetgeving, veiligheid, gevaarlijke situaties en ergonomie die komt kijken bij het werken met robots (Gijsbers et al., 2016).

Met de inzet van robots die taken nauwkeuriger uit kunnen voeren dan mensen (bijvoorbeeld lassen, snijden of het buigen van metaal) wordt de assemblage meer gekenmerkt als een 'plug-and-play' proces. Dit vraagt aanpassingen van productiemedewerkers: zij zullen in mindere mate te maken krijgen met het handmatig behandelen van materiaal. Daarentegen wordt kennis van het productieproces, van machines, softwarematige besturing en logistieke handelingen voor het op- en afspannen van materialen van groter belang (Bezemer & Smit, 2017).

Ook is er met de komst van robots behoefte aan personeel dat kan werken met CAD- en CAM-software (computer-aided design en computer-aided manufacturing) (Gijsbers et al., 2016), die wordt gebruikt om producten te ontwerpen en productieprocessen in te richten. Het is van belang dat productiemedewerkers een hoger kennisniveau hebben van de werking van machines, de programmering van robots, kwaliteitscontrole en onderhoudstaken. Dit betekent dat zij voldoende technische kennis moeten hebben, zoals bijvoorbeeld over lassen en lasrobots, maar ook kennis en (computer) vaardigheden omtrent software en data-management (Folmer, 2013; Bezemer & Smit, 2017).

### **VOORBEELDEN UIT SECTOREN**

Het inzetten van robots in bijvoorbeeld de panelenbouw (technische installatiebranche) in combinatie met computergestuurde ontwerpspecificaties leidt tot minder uitvoerend werk en meer werk aan de 'voorkant' (advies klanten, passend ontwerp maken) en de 'achterkant' (ter plaatse aansluiten, testen, opleveren panelen). Het betreft hier voornamelijk werk op mbo-4 niveau (Vermeulen et al., 2014).

In de metaalbewerking en machinebouw/mechatronica (mechatronica is een combinatie van werktuigbouwkunde en elektrotechniek en omvat machinebouw, apparatuur en meet- en regeltechniek, en de inpassing hiervan in het productieproces) wordt verwacht dat er meer gewerkt zal worden met lasrobots, die bijvoorbeeld netter kunnen lassen (een strakkere lasnaad). De verwachting is dat in sommige situaties de hoeveelheid laswerk zal afnemen door de mogelijkheid om complexer snij- en zetwerk uit te voeren. Ook zal door normering en certificering van laswerk meer kwaliteitscontrole en administratie/registratie op de werkvloer plaats vinden. In de fijnmechanische techniek worden productiemethodes complexer door verdere automatisering en meer bewerkingen in één opspanning. Het programmeerwerk wordt daardoor complexer (Folmer, 2013).

Uit een voorbeeld van de automatisering van laswerkzaamheden bij een fabrikant van bussen (Oeij et al., 2017) blijkt dat deels vergelijkbare en deels andere skills nodig zijn nadat delen van het productieproces geautomatiseerd of semiautomatisch zijn ingericht.

Er is bijvoorbeeld nieuwe lasapparatuur dat de benodigde parameters automatisch instelt. Het daadwerkelijk instellen van de lasapparatuur hoeft een lasser niet meer te doen. De lasser heeft nog steeds kennis over lastechnieken nodig om na te kunnen gaan of de lasapparatuur goed ingesteld is. Apparatuur die instellingen automatisch regelt verandert dus niets aan het opleidingsniveau van de lasser.

Bij het gebruik van lasrobots ontstaan twee functies: de operator van de robot en een programmeur. Niet geschoolde lassers kunnen veel taken uitvoeren (opspannen, eruit halen en dergelijke). Dit worden operators, in feite lager geschoold werk<sup>3</sup> ('downgrading') waarvoor geen specifieke kennis van lastechnieken nodig is. Programmeervaardigheden zijn aan de andere kant nodig bij het volledig automatiseren van laswerkzaamheden. Er is iemand nodig die de lasrobot kan programmeren, waarvoor kennis van zowel lastechnieken als programmeren nodig is. Deze functie kan 'lasprogrammeur' worden genoemd. Lassers moeten er wel voor openstaan om deze nieuwe vaardigheden te leren.

In totaal (lasser/programmeur + operator) zijn er minder mensen per stap nodig om dezelfde, of zelfs meer, output te leveren. Mede doordat de prijs/kwaliteit verhouding van de eindproducten is toegenomen door de automatisering en doordat de markt is aangetrokken, is de werkgelegenheid overigens niet afgenomen (Oeij et al., 2017).

## 2.2 Internet of Things en Cyber-physical systems

**Het Internet of Things (IoT) verwijst naar de interactie tussen objecten, apparaten, voertuigen, sensoren en controlesystemen die met elkaar verbonden zijn via een informatienetwerk (internet). Verschillende technologieën kunnen hierdoor met elkaar worden verbonden, zoals het meten van de omgevingstemperatuur, het opslaan van de data en het communiceren ervan.**

Het Internet of Things omvat hiermee (potentieel) intelligente en zelfsturende processen (Dworschak et al., 2013). Verwacht wordt dat door het Internet of Things de communicatie tussen machines, objecten via informatienetwerken blijft toenemen. Dit betekent dat industriële processen verder geautomatiseerd kunnen worden (Dworschak & Zaiser, 2014). Het Internet of Things speelt ook een rol bij de installatie van domotica in woningen, fabrieken en andere gebouwen (Vermeulen et al., 2014). Hierbij gaat het specifiek om de integratie van hardware met software (Cyber-physical systems). Denk bijvoorbeeld aan een verwarming die zichzelf aan of uitschakelt, automatische bevoorrading of het automatisch melden van brand of een inbraak naar de bewakingscentrale of politie.

---

<sup>3</sup> In de publicatie (Oeij et al., 2017) is niet beschreven om welk opleidingsniveau het in dit geval gaat.

## IMPLICATIES VOOR TAKEN EN COMPETENTIEBEHOEFTE

Wat betreft industriële productie wordt verwacht dat laaggeschoolde banen en simpele repetitieve taken vervangen worden door intelligente zelfsturende systemen (Hirsch-Kreinsen, 2014). Het gaat hierbij bijvoorbeeld om eenvoudige logistieke taken, de bediening van machines of de invoer van data. Een mogelijk gevolg is dat een deel van het laaggeschoold personeel verdwijnt, maar de mate waarin dit daadwerkelijk zal gebeuren is moeilijk in te schatten. Een achterblijvende groep productiemedewerkers houdt zich bijvoorbeeld bezig met ingewikkelde onderhoudstaken, voorbereidend werk of het invoeren van materialen of halffabricaten (Hirsch-Kreinsen, 2014).

Een concrete verandering in industriële productie is dat foutenregistratie in productieprocessen in de toekomst wordt overgenomen door machines en objecten verbonden via het IoT. Controlesystemen worden complexer: de communicatie tussen machines wordt ondoorzichtig of zelfs ontoegankelijk en kan ook over grote afstand plaatsvinden (Dworschak & Zaiser, 2014). Dit kan een verschuiving van werkzaamheden met zich meebrengen. Voor controlepersoneel geldt bijvoorbeeld dat ze niet langer foutmeldingen hoeven te interpreteren, maar enkel aangeleverde instructies uitvoeren (bijvoorbeeld via een scherm), informatie beoordelen en hier adequaat naar handelen (Achtenhagen & Zeller, 2013). De integratie van systemen en netwerken maakt het daarbij tevens mogelijk om op afstand een diagnose te stellen en hiernaar handelen (Abelshausen et al., 2014). In geavanceerde zelfsturende systemen is het daarbij van belang dat gekwalificeerd personeel probleemoplossende systemen en communicatiekanalen goed op elkaar kan afstemmen. Daarbij wordt aangegeven dat zij in staat moet zijn om zelfstandig kennis te verkrijgen van nieuwe technologie en softwaresystemen die zich snel ontwikkelen en die hierbij een rol spelen (Dworschak & Zaiser, 2014).

14

Voor machineoperators geldt dat het routinematig monitoren van machines door middel van visuele inspecties en statusberichten op computerschermen mogelijk wordt vervangen door het monitoren van signalen afgegeven door machines en/of computers (Achtenhagen & Zeller, 2013). Op deze signalen dient (snel) gereageerd te worden, bijvoorbeeld door assistentie te verlenen bij de machine of monitor. Operators worden verantwoordelijk voor een hele (geautomatiseerde) productiestraat in plaats van enkel voor machines. Hiervoor zijn vaardigheden als systematisch analyseren en probleemoplossend vermogen van belang (ING Economisch Bureau, 2016). Routinematig werk en repetitieve handelingen worden geautomatiseerd en er ontstaan taken op het gebied van probleemanalyse en storingsanalyse. Voor onderhoudstechnici geldt dat de nadruk meer komt te liggen op interpretatie van data (en gebruik van ICT).

In de chemische- en levensmiddelen industrie wordt een verschuiving verwacht van curatief naar preventief en predictief onderhoud. Onderhoudstechnici moeten interventies opvolgen en proactiever worden en vooruitdenken (De Vos & Gielens, 2016). Skevi et al. (2014) suggereren een nieuwe functie van 'quality technicians', die verantwoordelijk zijn voor de planning en preventief onderhoud van apparaten en instrumenten. Tegelijkertijd wordt verwacht dat met zelfmonitorende systemen en sensoren die de onderhoudsbehoefte kunnen registreren, onderhoud aan machines meer zal gebeuren op afroepbasis (Achtenhagen & Zeller, 2013).

Wat betreft kennis en vaardigheden zal er vraag zijn naar diepere kennis van Informatie Technologie, elektronica, mechanische systemen en snelle informatieverwerking in het geval van een storing (Hirsch-Kreinsen, 2014; Corporaal et al., 2015). Om onderhoud uit te voeren aan netwerksystemen moeten werknemers beschikken over kennis en vaardigheden voor het werken met elektromechanische apparatuur, informatienetwerken, sensoren, radio's en andere transmissie technologieën (Achtenhagen & Zeller, 2013; Dworschak & Zaiser, 2014). Denk hierbij bijvoorbeeld aan Radio-frequency identification (RFID), ofwel identificatie met radiogolven: een technologie om van een afstand informatie op te slaan met behulp van zogenaamde RFID tags (die zitten bijvoorbeeld op objecten, ov-chipkaarten of op levende wezens) (Achtenhagen & Zeller, 2013). Meer medewerkers hebben een brede, technische opleiding nodig. In combinatie met een opleidingsprogramma waarin ze alle fasen van het productieproces doorlopen, kunnen medewerkers dan in het hele productieproces worden ingezet (Gijsbers et al., 2016). Vergaande automatisering van industriële processen via IoT-systemen vraagt tot slot andere werkzaamheden aan de voorkant en het einde van het productieproces. Het betreft hier een verrijking van werkzaamheden (upgrading). Wat betreft technische vaardigheden voor hooggeschoold personeel zijn parametriseren, plannen en programmeren met behulp van speciale software belangrijke vereisten bij het werken met IoT-systemen. Toekomstige engineers zullen meer tekstueel werken, in programmeertaal als SCL. Hiervoor moeten ze met software werken waarin ze in één gemeenschappelijke engineeromgeving alle disciplines kunnen programmeren.

Hooggeschoold personeel moet ook in staat zijn om met verschillende experts te communiceren - in real-time en over afstand - over deze complexe productieprocessen. Dit vraagt interdisciplinaire vaardigheden. Onafhankelijk handelen en effectief communiceren over abstracte problemen wordt ook van belang. Het productieproces en controle en onderhoud hiervan wordt complexer, hooggeschoold personeel moet overzicht kunnen houden en kunnen omgaan met deze grote mate van complexiteit (Achtenhagen & Zeller, 2013; Hirsch-Kreinsen, 2014). Ook moet er voldoende kennis zijn van het proces, productie procedures en de waardeketen zodat de juiste aanpassingen en interventies kunnen worden toegepast. 'Specialist engineers' kunnen opgeleid worden, die programmeer kennis hebben en complexe productiesystemen kunnen reguleren en onderhouden (Hirsch-Kreinsen, 2014).

### VOORBEELDEN UIT SECTOREN

Specifiek voor de technische installatiebranche geldt dat installateurs eerder in bouwprocessen worden betrokken, zodat de juiste sensortechnieken en infrastructuur aangebracht kunnen worden al tijdens het bouwproces. Dit vraagt, behalve kennis, sociale vaardigheden, aangezien installatiemonteurs hierbij moeten samenwerken met andere disciplines (bouwers, schilders, stukadoors) (Vermeulen et al., 2014). De installateur moet hierbij ook zelf parameters kunnen instellen voor domoticasystemen in opdracht van de klant (Abelshausen et al., 2014).

<sup>4</sup> Dworschak en Zaiser (2014, p. 346) doelen hier op personeel met 'medium-level qualifications'. Hieronder vallen voornamelijk werknemers die een opleiding hebben afgerond met een nationaal erkend diploma voor een beroep of vak, evenals werknemers die een opleiding hebben afgerond tot vakman of technicus.

Installateurs in de elektrotechnische sector krijgen te maken met een uitbreiding van het aanbod in componenten, materialen en toepassingen. Zij moeten over de kennis beschikken om hierin afwegingen te maken en ook maatwerk te bieden voor klanten. ‘Just-in-time’ levering van goederen vraagt van medewerkers infrastructuurwerken dat zij tijdig en correct informatie over gebruikte en benodigde materialen doorgeven. Daarnaast maakt nieuwe technologie het lezen van plannen complexer en werkinstructies worden specifiek. Een installateur moet bijvoorbeeld het juiste type sensor kunnen plaatsen op een bepaalde plek aan de hand van informatie uit gedetailleerde plannen, en installatiesystemen kunnen configureren via gespecialiseerde software. Bij ingewikkelde installaties wordt ook inzicht in het functioneren van systemen is belangrijker. Hiervoor zijn logisch redeneren en probleemoplossend werken belangrijke vaardigheden (Abelshausen et al., 2014). Verder geldt voor de elektrotechnische sector dat het ondergrondse netwerk van kabels en leidingen zich verder uitbreidt. Met behulp van automatisering en gps kan nauwkeurig gewerkt worden (bijvoorbeeld sleufloze technieken zoals gestuurde boringen, lascomputers). Personeel moet deze machines en instrumenten kunnen bedienen.

## 2.3 3D-printen/‘additive manufacturing’

**3D-printen is een productietechniek waarbij materialen worden toegevoegd in plaats van weggehaald. Met behulp van 3D-printen kunnen driedimensionale producten worden gefabriceerd. Dit proces is computergestuurd en gebeurt op basis van een CAD-tekening. Met behulp van 3D-printers kunnen producten laag voor laag worden opgebouwd. 3D-printing kan worden ingezet voor specifieke doeleinden, zoals het personaliseren van producten. Denk bijvoorbeeld aan esthetische toevoegingen, maar ook het leveren van maatwerk producten voor installatie of montage (die bijvoorbeeld niet meer leverbaar zijn) (Bezemer et al., 2016).**

16

### **IMPLICATIES VOOR TAKEN EN COMPETENTIEBEHOEFEN**

Afhankelijk van hoe een 3D-printer gebruikt wordt, zijn verschillende vaardigheden en kennis nodig. Voor bedrijven die werken met applicaties en producten die al uitgewerkt en ontwikkeld zijn, is het bestellen/producen van een onderdeel een routinematige handeling. Als een applicatie nog helemaal ontwikkeld moet worden, materiaal en proceskeuze moeten worden gemaakt en producten in 3D-cad ontwikkeld moeten worden zijn diepgaande engineeringvaardigheden en programmeervaardigheden noodzakelijk.



Het wordt aangeraden om technisch-inhoudelijke kennis te centraliseren en te borgen. Het gaat hier om kennis met betrekking tot:

- mogelijkheden/toepassingen;
- printtechnieken;
- kennis van printbare materialen;
- mogelijkheden om 3D-scanning en 3D-printing te combineren;
- kennis van 3D-printen in relatie tot printtechnieken.

Daarnaast is er ook behoefte aan een proces-integrator of system engineer die sterke sociale competenties heeft omdat hij in zijn werk met meerdere partijen (ketenpartners) moet overleggen/afstemmen (Bezemer et al., 2016).

### **VOORBEELDEN UIT SECTOREN**

In de metaalbewerking en specifiek de fijnmechanische techniek zal het gebruik van 3D-printers en 3D-technieken naar verwachting toenemen (Folmer, 2013). Dit vraagt dat medewerkers zelfstandig kunnen (CNC-)programmeren in combinatie met 3D-ontwerp. Hierbij is tekeninglezen tevens een belangrijke competentie. Productiemedewerkers moeten tekeningen juist interpreteren en controleren op bijvoorbeeld maatvoering, vorm en plaats, tolerantie en maakbaarheid, voordat tot productie wordt overgegaan (Folmer, 2013; Cörvers et al., 2017). In de installatie-branchen wordt 3D-printing routinematig toegepast voor het maken van zichtmodellen en prototypes (Bezemer et al., 2016).

17

## **2.4 Nanotechnologie/nieuwe materialen**

**Nanotechnologie is de technologie die het mogelijk maakt om met deeltjes ter grootte van nanometers (een miljoenste deel van een millimeter) producten te ontwikkelen. Nanotechnologie maakt het bijvoorbeeld mogelijk om nieuwe materialen te ontwikkelen. Nanotechnologie is breed toepasbaar, zoals bij het produceren van emulsies (bijvoorbeeld voor zonnebrand of cosmetica), titaniumoxide in verf en vernis, elektrotechnische applicaties en metaalbewerking.**

### **IMPLICATIES VOOR TAKEN EN COMPETENTIEBEHOEFEN**

Nanotechnologie vraagt om interdisciplinaire kennis van natuurwetenschappen, en afhankelijk van de branche of sector waarin wordt gewerkt, vaardigheden en kennis van vakgebieden als fotonica, optica, lasertechnologie of galvaniseren. De literatuur over nanotechnologie beschrijft tot nu toe voornamelijk de impact op kennis en vaardigheden

van hoogopgeleid personeel. Nanotechfabricatie vraagt kennis van fabricatie van nanostructuren, nanoschaal instrumenten en apparaten en synthese van nanomaterialen, zoals sol-gel technieken (bekleding van materialen), lithografie technieken (een techniek om kleine structuren aan te maken voor bijvoorbeeld een printplaat of geïntegreerde schakeling), kennis van self-assemblage, en laag-op-laag technieken. Om te kunnen werken aan Research & Development, productie en kwaliteitscontrole met en van nanostructuren moeten medewerkers voldoende kennis hebben om de atomische structuur van materialen te kunnen bepalen aan de hand van meetinstrumenten. Dit betekent dat zij bijvoorbeeld moeten kunnen werken met een elektronenmicroscop, atomische krachten microscoop, een transmissie elektronenmicroscop of röntgenapparaten (Invernizzi, 2011).

Werken met nanotechnologie betekent ook dat er andere veiligheidssituaties ontstaan. Werknemers moeten bijvoorbeeld leren werken met nieuwe materialen en de veiligheidsrisico's die daaraan verbonden zijn. Daaronder valt ook dat zij moeten kunnen werken in zogenaamde 'clean rooms' (Invernizzi, 2011). Clean rooms zijn afgeschermd, steriele kamers, ontworpen om in productie- of bewerkingsprocessen besmetting met stof of vezels of andere moleculen in de lucht tegen te gaan. Dit vraagt ook dat er meer 'clean room operators' worden aangenomen (Gijsbers et al., 2016).

Een andere technologische ontwikkeling die gaande is, is die van zogenaamde self-reporting materials waarbij materialen, in geval van kwaliteitsverlies, zelfstandig een verandering van eigenschappen laten zien. Onderhoudstechnici aan de productielijn moeten in de toekomst bijvoorbeeld kunnen herkennen wanneer en op welke wijze ze moeten ingrijpen bij kwaliteitsverlies van deze self-reporting materialen (Dworschak & Zaiser, 2014).

## 2.5 Andere externe trends

### **KWALITEITSEISEN EN DUURZAAMHEID**

Naast technologische ontwikkelingen zijn er andere externe ontwikkelingen die van belang zijn voor de verandering van werkprocessen en benodigde competenties. Er wordt een toename verwacht aan kwaliteitseisen, onder andere in het kader van duurzaamheid (en tegen minimale kosten). 'Sustainability technicians' zouden kunnen worden opgeleid, die verantwoordelijk zijn voor de optimalisatie van energieconsumptie en andere milieu- en omgevingsfactoren in het productieproces (Skevi et al., 2014). Onder ingenieurs vraagt dit om kennis van ICT-systemen, voor het monitoren en controleren van het productieproces in real-time (Skevi et al., 2014). Een ingewikkelder productieproces (onder andere in verband met een toename aan parameters in het productieproces) vraagt tevens dat personeel in staat is om complexe taken met betrekking tot productieprestatie uit te voeren, zoals kosten-baten analyses (Achtenhagen & Zeller, 2013). Onder ingenieurs of technisch personeel wordt ook verwacht dat er meer 'aftersales' activiteiten plaatsvinden, zoals inspectie, reparatie of het upgraden van complexe producten.

Ook moeten zij kennis hebben met betrekking tot kwaliteitscontrole en de eisen aan een product, proces of diensten (Skevi et al., 2014).

Integraal bouwen is een trend die door verschillende van bovengenoemde technologieën verder wordt gefaciliteerd. Voor de elektrotechnische sector betekent dit dat installateurs kennis moeten hebben van verschillende disciplines, zoals elektriciteit, verwarming, sanitair, ventilatie. De afwerkingsgraad van het geleverde werk stijgt (bijvoorbeeld in verband met energieneutraal bouwen), wat betekent dat de elektrotechnisch installateur nauwkeurig moet kunnen werken. In verband met de vele elektrotechnische en digitale componenten neemt ook de administratie op de bouwplaats toe. Dit vraagt dat installateurs verantwoordelijkheid nemen en gestructureerd verschillende documenten verzamelen en systematisch moeten kunnen opvolgen (Abelshausen et al., 2014).

### **DIGITALISERING WERKPROCESSEN EN ADMINISTRATIE**

Een andere gerelateerde ontwikkeling is digitalisering van administratie en werkprocessen. Dit betekent dat medewerkers informatie moeten kunnen invoeren en/of interpreteren met benodigde software op bijvoorbeeld PDA's, laptops of tablets. Verwacht wordt dat werkinstructies vaker digitaal en ook in het Engels worden aangeleverd (Abelshausen et al., 2014). Digitale communicatie tussen installateur, klant en installatie vraagt specifieke communicatie en rapportage methoden (Abelshausen et al., 2014). Daarnaast wordt verwacht dat onderhoudstaken vaker digitaal gecommuniceerd worden in de Engelse taal. Onderhoudsmonteurs moeten dus controle en onderhoudstaken kunnen uitvoeren aan de hand van Engelse (geschreven) instructies (Achtenhagen & Zeller, 2013). Een deel van administratieve taken zal worden overgenomen door zelfsturende systemen (kunstmatige intelligentie). Er wordt verwacht dat er minder administratieve medewerkers nodig zijn (Gijsbers et al., 2016).

19

## **2.6 Samenvatting**

### **ROBOTISERING EN CO-BOTISERING**

Taken worden overgenomen door robots (automatisering van las- en assemblagewerk). Er ontstaan echter ook nieuwe taken en taken en functies veranderen door de inzet van robots. Daarnaast worden co-bots ingezet voor (veilige en effectieve) samenwerking. Het werk wordt minder uitvoerend en er is minder fysieke belasting. Er komt meer behoefte aan toezicht houden op gerobotiseerde productieprocessen, het analyseren en oplossen van storingen en problemen en het uitvoeren van (preventief) onderhoud. Tot slot is er behoefte aan competenties voor het bedienen en programmeren van robots (ICT-skills).

### **INTERNET OF THINGS EN CYBER-PHYSICAL SYSTEMS**

Door de toename van het gebruik van het Internet of Things ontstaan er ook steeds meer (potentieel) intelligente en zelfsturende processen in de industrie. Simpele en repetitieve taken verdwijnen. Er vindt upgrading plaats van banen waarbij laaggeschoold personeel nog wel wordt ingezet op onderhoudstaken of voorbereidend werk.

Interpretatie van data en probleemoplossend vermogen worden belangrijke vaardigheden voor onderhoudstechnici en machineoperators. Kennis van ICT, sensoren, en andere bijbehorende hardware en software wordt van belang. Hooggeschoold personeel is nodig voor parametriseren en programmeren van complexe productieprocessen. Interdisciplinaire vaardigheden, zoals communicatie en abstract denkvermogen zijn hierbij ook van belang.

### **3D-PRINTEN/'ADDITIVE MANUFACTURING'**

3D-printing omvat het toevoegen van materialen voor specifieke (maatwerk) doeleinden. Daarmee kunnen delen van productieprocessen worden uitgevoerd. Afhankelijk van het specifieke deelproces waar een 3D-printer wordt ingezet verdwijnen er dus taken en komen er andere taken voor terug. Kennis van programmeren, materiaal en proceskeuze zijn van belang. Proces-integrators en/of systemengineers moeten daarnaast over sociale vaardigheden beschikken in verband met afstemming van het gebruik van 3D-technieken en/of producten in het productieproces of de waardeketen. Dit vraagt communicatie met verschillende partijen.

### **NANOTECHNOLOGIE/NIEUWE MATERIALEN EN COMPOSITEN**

Literatuur over nanotechnologie beschrijft voornamelijk de impact op hoogopgeleid personeel. Het vraagt om interdisciplinaire kennis van natuurwetenschappen in combinatie met sector kennis. Daarnaast vraagt nanofabricatie kennis van nanostructuren, meetinstrumenten en synthese van nanomaterialen. Ook het werken in clean rooms neemt toe.

20

### **ANDERE EXTERNE TRENDS**

In het kader van duurzaamheid en hogere kwaliteitseisen zien we ook een ontwikkeling in gevraagde kennis over milieuvriendelijk produceren en kwaliteitscontrole van producten en/of diensten. Daarnaast wordt verwacht dat administratie en werkprocessen verder geautomatiseerd en gedigitaliseerd worden.

---

3.

**ACHT  
PRAKTIJK-  
VOOR-  
BEELDEN**

---

In dit hoofdstuk beschrijven we acht praktijkvoorbeelden. Het zijn voorbeelden van projecten in de industriële sector, waar geëxperimenteerd of gewerkt wordt met nieuwe technologie(ën). In de acht praktijkvoorbeelden beschrijven we wat de introductie van een nieuwe technologie vraagt aan competenties van werknemers in technische beroepen en, daar waar hierover wat bekend is, geven we aan hoe werknemers worden voorzien van deze competenties.

We willen benadrukken dat onze verkenning van praktijkvoorbeelden beperkt blijft tot een weergave van reeds beschikbare en gedocumenteerde kennis en informatie over zowel technologische ontwikkelingen als de impact ervan op gevraagde competenties en daaruit voortvloeiende competentiebehoeften. Beschrijvingen zijn gebaseerd op publicaties in tijdschriften, nieuwsbrieven en op websites. De praktijkvoorbeelden zijn illustratief voor hoe er in de praktijk wordt omgegaan met technologische ontwikkelingen en hoe medewerkers in technische beroepen worden meegenomen in die ontwikkelingen. De acht praktijkvoorbeelden die worden beschreven zijn noch uitputtend, noch representatief voor technische beroepen of sectoren.

22

Omdat we praktijkvoorbeelden beschrijven op basis van reeds beschikbare en gedocumenteerde kennis en informatie, konden we helaas ook niet voor alle praktijkvoorbeelden alle informatie geven. Benodigde informatie bleek soms eenvoudigweg (nog) niet beschikbaar. Als dat aan de orde is, is dat in de praktijkbeschrijving hieronder gemeld.

## 3.1 RAAK mkb-project '(G)een Moer Aan!?'

### TECHNOLOGIE: CO-BOTISERING

Bij Brainport Industries loopt van 2016 tot en met 2019 onder andere het RAAK mkb-project '(G)een Moer Aan!?', waarbij robots worden ingezet op de werkvloer. Het project richt zich op samenwerking tussen mensen en co-bots. De regeling RAAK-mkb heeft als doel de samenwerking tussen mkb-bedrijven en hogescholen te bevorderen voor kennisontwikkeling en -toepassing. Netwerken van hogescholen en mkb-bedrijven voeren onderzoek uit gestuurd door de vraag vanuit het mkb - met als beoogd resultaat praktisch toepasbare kennis voor de beroepspraktijk. Het onderzoek beoogt daarnaast aantoonbaar bij te dragen aan vernieuwing van het hbo. Deze case laat zien hoe samenwerking tussen bedrijven en opleidingsinstututen kan bijdragen aan het vergroten van kennis over het werken met robots.

#### 1. Aard van de ontwikkeling/verwachtingen voor de toekomst

De maakindustrie verandert richting flexibele fabricage en assemblage van kleine series en klantspecifieke onderdelen en eindproducten. Het inzetten van robots sluit goed aan bij deze ontwikkeling naar flexibele productieprocessen, omdat ze relatief snel en nauwkeurig werken. Hiervoor zijn echter ook nieuwe systemen voor het mkb nodig die mens-robotsamenwerking mogelijk maken. De systemen moeten in staat zijn zich snel aan te passen aan nieuwe productieomstandigheden en lage opstartkosten hebben.

#### 2. Implicaties voor kennis en vaardigheden

De samenwerking tussen collaborative robots (co-bots), operators en andere menselijke collega's vereist technische kennis, maar ook kennis over de menskant. De ambitie van '(G)een Moer Aan!?' is om het herinrichten van een robotsysteem voor een nieuwe taak in een productieomgeving eenvoudig en snel te kunnen uitvoeren (vergelijkbaar met het gebruik van een smartphone). Hierdoor kunnen de skills van de operator optimaal benut worden: de operator kent de processen en de robot wordt een verlengstuk. De mkb-partners hebben gevraagd de focus te leggen op een repeterende productiehandeling die in veel sectoren voorkomt en die relatief veel arbeidstijd kost. De focus in dit project ligt op het indraaien van moeren en bouten in een object. De centrale onderzoeksvraag van het project luidt: hoe kan een operator een robot eenvoudig, snel en veilig inleren om assemblagehandelingen te verrichten voor het snel en robuust verbinden van bouten, moeren en ringen met objecten?

Voor de mens kant in de samenwerking met een co-bot is binnen het project inmiddels gekeken naar (a) de beeldvorming bij medewerkers over de samenwerking en de invloed op het werk, en (b) de beleefde veiligheid in de nabijheid van een bewegende robotarm. Voor een goede samenwerking is een optimale verdeling van taken met behoud van de kwaliteit van arbeid van belang. Medewerkers van deelnemende bedrijven verwachten dat co-bots hun arbeidskwaliteit enigszins negatief zullen beïnvloeden - op de aspecten taakvariatie, keuzevrijheid in de werkzaamheden of tijdsindelingen en het gevoel van vervaardiging van een eigen en compleet product. Daarnaast is er twijfel over de mate waarin de robot te vertrouwen is (om een goed team te vormen): de bewegingssnelheid en de stopafstand van een robotarm beïnvloeden de beleefde veiligheid. Dat kan (onnodig) stress en onbedoelde reacties oproepen, wat gepaard gaat met onveilig gedrag en een negatieve invloed op de algehele werkbeleving. Voor een optimale mens-robotsamenwerking is onder andere nader onderzoek nodig naar (on)bedoelde communicatieve signalen door de robot, en hoe de mens deze interpreteert.

### 3. Hoe worden mensen van kennis en vaardigheden voorzien?

Het beoogde resultaat van project is een algemeen bruikbare en gevalideerde ontwerpmethodiek voor de opzet van een gebruiksvriendelijke user interface van een boutmontagerobot op de werkvloer. Door slim gebruik van geïntegreerde inzet van CAD-productinformatie, vision technologie en compliant (meegaand) gripping en placing wordt de robot zo veel als mogelijk vooraf automatisch geconfigureerd. Het concrete resultaat zal een demonstrator zijn van een montagerobot voor eenvoudige assemblageprocessen.

24

Het project is een samenwerking tussen verschillende bedrijven, kennisinstellingen en opleidingsinstellingen. Het projectconsortium bestaat uit:

- dertien bedrijven (twaalf mkb) actief als toeleverancier, system integrator of gebruiker op het terrein van industriële robotica (Yaskawa, ABB, Smart Robotics, Hupico, Festo, CSI, Demcon, Heemskerk Innovate, WWA, Van Schijndel Metaal, Van Beek, Tegema en Zest Innovate);
- hogescholen Fontys (pervoerder), Avans, Utrecht en NHL;
- kennisinstellingen TNO en DIFFER;
- coöperaties Brainport Industries, FEDA en Koninklijke Metaalunie.

De gemeente Eindhoven is betrokken als partner in de klankbordgroep en ondersteunt het belang van dit project voor behoud en verbetering van arbeidsplaatsen in de maak-industrie. Er worden bij dit project circa twintig (docent)onderzoekers van de hogescholen en ongeveer tachtig studenten, die in de vorm van stages en afstudeeronderzoeken werken aan vraagstukken uit de beroepspraktijk, betrokken. De projectgroep zorgt voor de verdere verspreiding van de opgedane kennis door minimaal zes events, gastcolleges en symposia, en minimaal drie publicaties in vaktijdschriften. Ook beoogt het project een verdere verankering van kennis en kunde in onderwijs en lectoraten en een vergroting van de kwaliteit van docenten en afstudeerders.



## 3.2 Smart Robotics: Robot-uitzendbureau en De Robotacademie

### TECHNOLOGIE: CO-BOTISERING

Om robotisering binnen de productie te vergemakkelijken, is in 2015 Smart Robotics gestart. Smart Robotics is een uitzendbureau voor co-bots, gevestigd op de Eindhovense Hightech Campus en opgericht in 2015. Het detacheeert flexibel inzetbare co-bots ('van dozen stapelen tot babydoekjes inpakken en van navigatieapparatuur testen tot muurstrips op prefabgevels plakken'). Smart Robotics heeft ook de Robotacademie opgezet - met steun van de overheid en universiteiten. De doelstelling is om vanaf begin 2018 jaarlijks dertigduizend mensen op te leiden om met robots om te gaan.

#### 1. Aard van de ontwikkeling/verwachtingen voor de toekomst

Door toegenomen geheugencapaciteit en sensortechnieken neemt de ontwikkeling van co-bots toe: Deze co-bots leren snel en kunnen zonder hek eromheen met mensen samenwerken. Veel werknemers zijn nog onbekend met de mogelijke gevolgen van robotica voor hun werk en voor de bedrijfsvoering. Door hen tijdig te informeren over de introductie van robots, kunnen medewerkers betrokken worden in de ontwikkelingen. Zo kunnen zij bijvoorbeeld het inzicht krijgen dat co-bots kunnen helpen het werk interessanter te maken.

#### 2. Implicaties voor kennis en vaardigheden

Robotica kan tijd en geld besparen en kan saaie, gevaarlijke of 'vieze' taken overnemen. Angst bij werknemers voor baanverlies door robotisering is vaak onterecht; de mens is en blijft belangrijk. Taken verschuiven wel, voornamelijk naar taken waar mensen goed in zijn: improviseren, het overzicht bewaren, complexe communicatie en vakmanschap. De inzet van co-bots kan ook kansen creëren voor intersectorale instroom en voor mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt. De robots zijn met een intuïtief werkend touchscreen goed te bedienen door deze doelgroep. Bij een klantbedrijf (van de Robotacademie) bijvoorbeeld ondersteunt de robot de softwaretesters en controleert of alle adresvelden van een navigatiekaart goed werken. Waar voorheen de adressen handmatig moest worden ingetikt, is nu de betrouwbaarheid van de kaarten toegenomen én zijn spier- en rugpijn bij werknemers afgenomen. Werknemers zijn er enthousiast over dat de robot het repetitieve en 'geestdodende' werk overneemt.

### 3. Hoe worden mensen van kennis en vaardigheden voorzien?

Kennisoverdracht gebeurt in inspiratiesessies voor directie en HR, en in korte, praktische trainingen voor onder andere productiemedewerkers en medewerkers van de technische dienst die binnen een jaar gaan samenwerken met een robot. In de drie-daagse roboticastraining van de Robotacademie voor productiemedewerkers krijgen de cursisten een training om met de robots om te gaan (roboticalessen), en wordt werknemers uitgelegd dat robotica geen bedreiging vormt, maar juist hun baan kan redden, bijvoorbeeld doordat er tijd ontstaat om andere taken te doen.

De Robotacademie werkt nauw samen met de onderwijsinstellingen TU Eindhoven en hogeschool Fontys door stageplekken aan te bieden en in onderzoek naar neurale netwerken - een zeer nieuwe robotica-ontwikkeling - met als streven actief bij te dragen aan kennisverbreding in robotisering. Zo is er bijvoorbeeld het plan om in samenwerking met Kennispact 3.0 kennis om te zetten in een curriculum voor mbo-colleges. PACT Brabant en de Robotacademie gaan samenwerken om 300 bedrijven samen te brengen om 3.000 mensen te scholen in het werken met robots.

## 3.3 KMWE Precision

### TECHNOLOGIE: ROBOTISERING, 3D-PRINTING

KMWE uit Eindhoven heeft ruim 600 medewerkers en is toeleverancier en partner voor de Hightech Machinebouw en Aerospace. KMWE is aanbieder van hoogwaardige, geautomatiseerd verspaande onderdelen, evenals aanbieder van de montage en engineering van functioneel geteste mechatronische modules. Het bedrijf werkt onder andere met 3D-metaalprinting (additive manufacturing) en robots. In het voorbeeld van KMWE gaat het om de samenwerking tussen bedrijven en opleidingsinstututen, waar mensen leren werken met deze nieuwe technologieën. KMWE heeft een goede relatie met het initiële onderwijs (vmbo en mbo). Zo weet men jongeren voor de techniek te interesseren en al op jonge leeftijd voor het bedrijf te werven (met een BBL contract). KMWE is een erkend leerbedrijf. Via 'Brainport Industries College' biedt het de mogelijkheid om een gecombineerde leer-werkstudie te doen. Hiermee kan de opgedane kennis meteen in de praktijk gebracht worden. Deze werknemers zijn werkzaam bij KMWE en gaan een dag per week naar school waarbij ze kunnen kiezen uit de opleidingen Verspanen (conventioneel en CNC), en Mechatronica (assemblage, testen).

#### 1. Aard van de ontwikkeling/verwachtingen voor de toekomst

KMWE is ontstaan in de Brainport regio die zich kenmerkt door zijn hoogwaardige toeleverketen voor de high mix, low volume, high complexity industrie. Aan de ene kant wordt deze omgeving als turbulent ervaren vanwege de vele ontwikkelingen in de hightech markt. Aan de andere kant wordt deze ervaren turbulentie veroorzaakt door de pieken en dalen in opdrachten van klanten. Hierdoor is het voor KMWE van belang om met een flexibele schil te werken. De complexe markten en producten van KMWE maken leren noodzakelijk.

#### 2. Implicaties voor kennis en vaardigheden

KMWE wil kennis en ervaring delen door van elkaar te leren en studenten verschillende opties te geven om bij KMWE werken en leren te combineren. Met het erkend leerbedrijf-certificaat wil KMWE laten zien dat ze de kwaliteit van het vakmanschap wil garanderen en stimuleren. Wat leerlingen en starters veelal missen is het goed

kunnen communiceren en meedenken. 'Het is niet alleen maar schroeven' bij KMWE. Hier wordt aan gewerkt door middel van intern leren. Daarbij wordt naast aan soft skills zoals communicatie en samenwerken ook aandacht besteed aan de houding en het gedrag van de jongeren, zoals flexibiliteit, initiatief, leiderschap en een proactieve werkhouding, en aan werken in teamverband. Ook talen worden steeds belangrijker (Nederlands en Engels) door onder andere een steeds verdergaande internationalisering van de organisatie en haar klantenkring.

Een andere ontwikkeling is dat KMWE steeds complexere producten maakt en daarvoor meer behoefte heeft aan medewerkers met elektrische of elektronische skills. Op deze manier kan KMWE groeien en nieuwe producten ontwikkelen. Dit betekent ook dat een (beperkt) deel van de medewerkers in toenemende mate contacten heeft met klanten. Voor hen zijn sociale en communicatieve skills van belang. Zij moeten meedenken met klanten (over innovaties van de producten) en hierover helder kunnen communiceren. Vakinhoudelijke kennis is heel specifiek: bijvoorbeeld kennis van verschillende lijmsorten, lijmtechnieken en materialenkennis. Vanwege de vergrijzing en omdat ervaren 'vakvolwassen' medewerkers moeizaam te vinden zijn, richt KMWE zich met hun personeelsbeleid voornamelijk op de jonge generatie. Het lukt om voldoende geschikte leerlingen te werven en na hun opleiding door te laten stromen in de organisatie.

### 3. Hoe worden mensen van kennis en vaardigheden voorzien?

KMWE hanteert een train-the-trainer formule. De medewerkers die de trainingen volgen, delen de opgedane kennis met hun collega's. Zo wordt tachtig procent van de trainingen intern georganiseerd, en speelt informeel leren (op de werkvloer) een belangrijke rol. Medewerkers leren van hun eigen fouten en door die fouten ook zelf op te lossen, hierna wordt een terugkoppeling verzorgd door de eindverantwoordelijke. Ook kunnen ze problemen die ze tegenkomen, rapporteren in het programma ProWorks. Dit programma is voornamelijk een digitale werkinstructie in de vorm van een stappenplan. Hierdoor krijgt de eindverantwoordelijke een seintje, en stuurt deze problemen door naar de afdeling Quality of naar een testmonteur. Zo worden de verbeteringen opgeslagen en zichtbaar voor iedere medewerker. Door deze manier van feedback genereren wordt het werkproces steeds weer verbeterd.

KMWE werkt ook met stagiairs. Hieronder bevinden zich stagiairs van de BOL (Beroeps Opleidende Leerweg), maar voornamelijk leerlingen van de BBL (Beroeps Begeleidende Leerweg). De beoordeling van school over de houding van de leerlingen wordt regelmatig gedeeld met KMWE. De leerlingen worden gekoppeld aan een vakvolwassen monteur en tijdens hun periode dat ze op het bedrijf zijn, kunnen ze vragen stellen aan een vakvolwassen monteur die ze op de werkplaats helpt. Deze monteur geeft de leerlingen ook opdrachten die ze vervolgens bespreken. Het bedrijf organiseert ook tech-events. Dat zijn doe-avonden voor vmbo-leerlingen. Zij krijgen samen met hun ouders een rondleiding in het bedrijf en mogen iets maken met de machines.

Vervolgens wordt een aantal leerlingen uitgenodigd voor een gesprek. Hiervan worden jaarlijks enkele leerlingen aangenomen voor een leer/werkovereenkomst.

Om de kennis op de scholen up-to-date te houden worden regelmatig uitwisselingen tussen medewerkers en docenten op de mbo-scholen georganiseerd. Praktijkdocenten komen stage lopen, ook vanuit België, en sommige medewerkers geven ook les op de mbo-scholen. Tevens is er een opleidingsfaciliteit ingericht: een aantal machines is vrijgemaakt waar leerlingen gebruik van kunnen maken om opdrachten en werkstukken mee te maken. Deze machines zijn in beginsel niet in gebruik voor de reguliere productie. Medewerkers volgen soms ook een externe opleiding, training of cursus. Gemiddeld een keer per jaar wordt er een aanvraag gedaan om extern kennis op te doen. Een belangrijk element hierbij is dat de betreffende medewerker deze kennis vervolgens bij andere collega's verspreidt door een 'presentatie, leren on the job, of een combinatie van die twee'. In grote lijnen is er een verdeling te schatten van twintig procent extern leren en tachtig procent intern leren (met name learning on the job).

KMWE motiveert haar personeel onder andere om te blijven leren en ontwikkelen door ze mee te laten doen aan de Vakkanjers competitie; een competitie voor aankomende vakmensen van roc's en bedrijven. Medewerkers kunnen hier individueel of in groepsverband meedoen aan de wedstrijden, waarbij KMWE ze faciliteert en ondersteunt. Medewerkers, leerlingen en stagiairs leren hier veel van, ze worden uitgedaagd en worden er ambitieus van. KMWE heeft ook een systeem ontwikkeld waarbij medewerkers op basis van competentie management worden beoordeeld en dat de ontwikkelingen volgt. Naast kennisoverdracht van extern naar intern leren is er aandacht voor kennisoverdracht van oud naar jong.

## 3.4 Hapert aanhangwagens

### TECHNOLOGIE: ROBOTISERING

Hapert aanhangwagens is marktleider in het bouwen van aanhangwagens tot 3.500 kg. Jaarlijks worden zo'n 10.000 aanhangwagens gebouwd voor voornamelijk professionele bedrijven in heel Europa, zoals hoveniers en bouwbedrijven. Waar andere bedrijven tegenwoordig kiezen voor het schroeven van de frames voor de aanhangwagens heeft Hapert er bewust voor gekozen om deze frames in huis te blijven lassen om zo de kwaliteit te kunnen garanderen. Bij Hapert werken ongeveer 85 medewerkers waarvan ongeveer 10 personen werken met lasrobots.

CASE 4

#### 1. Aard van de ontwikkeling/verwachtingen voor de toekomst

Begin jaren '90 is Hapert gestart met de inzet van lasrobots voor het lassen van de frames voor aanhangwagens. Reden voor het inzetten van lasrobots is het waarborgen van een constante kwaliteit van het product. Van alle frames wordt zo'n 95% gelast met lasrobots. De andere 5% betreft zogenoemde specials, waarvan slechts één exemplaar wordt geproduceerd. Deze specials worden handmatig gelast. Sinds 2013 werkt Hapert met een vierde generatie lasrobot. Uniek aan deze lasrobot is dat het omstellen van de mal buiten de lasrobot om gebeurt, zodat de lasrobot continu kan blijven produceren. Daarnaast is het met deze lasrobot mogelijk om at random verschillende frames te lassen. Dit in tegenstelling tot andere lasrobots die alleen achter elkaar in serie kunnen lassen.

30

#### 2. Implicaties voor kennis en vaardigheden

Door de inzet van lasrobots is het aantal medewerkers met de functie handlasser afgenomen. Deze handlassers hadden met name kennis van lassen en lastechnieken en waren in het bezit van lasdiploma's. Medewerkers die nu werken met de lasrobots zijn onder andere verantwoordelijk voor het omstellen van de mal en het inleggen van materialen. Van deze medewerkers wordt verwacht dat zij kennis hebben van lasprocessen, storings, programmeren van lasrobots en dat zij meedenken met het productie en logistieke proces.

#### 3. Hoe worden mensen van kennis en vaardigheden voorzien?

Hapert aanhangwagens heeft ervoor gekozen niet alleen lassers te trainen, maar heeft zich gericht op een bredere inzetbaarheid van het gehele personeelsbestand. Hiervoor hebben ze een incompany training in Quick Response Manufacturing ingezet (bedrijfsstrategie gericht op flexibele organisaties en een hoge reactiesnelheid van het bedrijfsproces). Het doel was om het denkvermogen van werknemers te verrijken en ze bewust te maken van processen in het bedrijf.

## 3.5 Van den Borne Aardappelen - precisielandbouw

### TECHNOLOGIE: ROBOTISERING, INTERNET OF THINGS

Van de Borne Aardappelen is een akkerbouwbedrijf dat naast aardappelen, suikerbieten en maïs verbouwt. Ze hebben 3 vaste medewerkers in dienst en beschikken over 140 percelen van gemiddeld 3 hectare. Het bedrijf is opgericht in 1952, vanaf 1998 werken zij met zelfrijdende machines. Tegenwoordig maakt Van de Borne voor precisielandbouw naast zelfrijdende machines ook gebruik van drones en verschillende meetinstrumenten.

#### 1. Aard van de ontwikkeling/verwachtingen voor de toekomst

Bij precisielandbouw kunnen percelen heel precies in kaart worden gebracht. De vorm van de percelen, de rijpaden en de bodemsamenstelling worden in kaart gebracht. Dit laatste gebeurt met behulp van een bodemscanner die wordt voortgetrokken over een kavel. Bij precisielandbouw bij Van den Borne wordt gebruik gemaakt van drones en tractoren die uitgerust zijn met een RTK-GPS systeem. Dit systeem maakt het mogelijk een tractor volautomatisch te besturen met behulp van GPS en koppeling aan het mobiele netwerk. Het aansturen van deze tractoren gebeurt via een computer, waarop de contouren en rechte lijnen ingesteld kunnen worden. Tijdens de bodembewerking worden ook trekkrachtmetingen gedaan om de bodemverdichting te meten. Deze informatie kan weer gebruikt worden bij een volgende grondbewerking. Met de data die opgehaald wordt kan onder andere de meest optimale grondbewerkingroute worden berekend, waarbij overlap (waarbij de grond twee keer wordt bewerkt) en onderlap (waarbij grond niet wordt bewerkt) kan worden tegengaan (kostenbesparing). Daarnaast wordt met mobiele weerstations of satellietdata geïnventariseerd waar de meeste zon komt op de percelen. Op plekken waar meer schaduw is kan de plantafstand (tussen planten) dan aangepast worden. Ook kan worden geïnventariseerd op welke plekken gewassen het meest vatbaar zijn voor schimmels. Met behulp van deze gegevens kan, indien nodig, extra verzorging of bescherming worden gegeven aan de plant.

#### 2. Implicaties voor kennis en vaardigheden

Precisielandbouw vraagt dat boeren leren werken met gerobotiseerde landbewerkingvoertuigen, mobiele weerstations en verschillende scantechologieën die bijvoorbeeld de bodemsamenstelling kunnen meten. Dit betekent onder andere dat zij zelfsturende voertuigen moeten kunnen programmeren of instellen met behulp van computersoftware. Daarnaast is het van belang dat ze kunnen werken met touchscreens, en het

aflezen van (real-time) informatie op schermen, al dan niet in een (zelf)rijdend voertuig. Ook is het nodig dat er mensen in dienst zijn die data met betrekking tot de bodemsamenstelling en de omgevingskenmerken kunnen uitlezen en analyseren. Deze data moet vervolgens gebruikt worden om nieuwe planningen van landbewerking te maken. Hierbij is het van belang verschillende data sets met elkaar te kunnen vergelijken en/of combineren. Van de Borne maakt hiervoor ook wel gebruik van data-analisten. Het onderhoud aan machines en apparaten wordt over het algemeen uitbesteed aan leveranciers.

### **3. Hoe worden mensen van kennis en vaardigheden voorzien?**

Van de Borne zoekt samenwerking met softwareontwikkelaars, bedrijven, kennisinstututen en universiteiten. Zij leven zelf de domeinkennis maar zoeken voor technische ondersteuning samenwerking met experts. Ze hebben bijvoorbeeld samenwerkingsverbanden met de universiteit van Wageningen, en wisselen data uit tegen expertise. Wat betreft de ingebruikname van de verschillende technologieën krijgen zij instructie en ondersteuning van leveranciers.



## 3.6 de HR Groep - sensing

### TECHNOLOGIE: INTERNET OF THINGS, SENSORING

HR Groep houdt zich bezig met verkeersbordenproductie in Nederland. Ze hebben ongeveer tien locaties (verschillende familiebedrijven). Er werken 250 mensen bij de HR groep. Ze maken alles wat te maken heeft met bewegwijzering en het inrichten van de openbare ruimte: van verkeersborden, scheepvaartborden tot digitale borden, file-detectie systemen, zitbanken en de 'amsterdammertje'-paaltjes.

#### 1. Aard van de ontwikkeling/verwachtingen voor de toekomst

De HR groep maakt gebruik van sensoren die bevestigd worden aan verkeersborden. Deze sensoren staan via een Long Range Long Power netwerk van KPN, een energiezuinige manier om over lange afstand kleine pakketten data te versturen. De sensoren kunnen aangeven of het bord gedraaid is, dat het bord niet meer rechtop staat en eens per maand aangeven dat de sensor nog werkt. Hierdoor kan een actueel inzicht verkregen worden van de status van alle borden. Dit wordt via een digitale plattegrond inzichtelijk gemaakt.

Daarnaast kunnen de sensoren aan verkeersborden verbinding maken met in-car systemen. Op deze manier worden verkeersborden direct zichtbaar gemaakt in navigatiesystemen. Dit ondersteund bijvoorbeeld ook het plaatsen en verwijderen van borden bij wegafzettingen. Als een bord omgereden wordt of verdwijnt, kunnen ze een melding krijgen. Ook kunnen ze zien waar het bord is (als het vermist raakt).

33

#### 2. Implicaties voor kennis en vaardigheden

Het vraagt van medewerkers die verkeersborden controleren dat zij de gegevens die sensoren doorsturen moeten kunnen aflezen en hierop moeten kunnen handelen. Ook is het van belang dat er medewerkers zijn die sensoren kunnen plaatsen en onderhoud aan sensoren kunnen uitvoeren.

#### 3. Hoe worden mensen van kennis en vaardigheden voorzien?

Hierover is geen informatie beschikbaar.

## 3.7 de Kaak Group - 3D-printing

### TECHNOLOGIE: 3D-PRINTEN, INTERNET OF THINGS, ROBOTISERING

Kaak Group is een bedrijf dat zich specialiseert in industriële bakkerijtechnologie. Dit omvat machinerie voor industrieel bakken, conserveren en verpakken van broodproducten (onder andere brood, ciabatta, cake, pizza, croissants) en bijbehorende dienstverlening. Het is een familiebedrijf, met in Terborg 440 medewerkers, en een leidende marktpositie in verschillende markten, regio's en landen wereldwijd. Het bedrijf heeft beschikking over twee 3D-metaalprinters. In 2016 hadden zij de primeur met de eerste industriële metaalprinter in Nederland.

#### 1. Aard van de ontwikkeling/verwachtingen voor de toekomst

De Kaak Group maakt gebruik van 3D-metaalprinters waarmee ze verschillende onderdelen voor hun broodbaklijnen kunnen printen. Hierbij worden metaalkorrels met behulp van een laser aan elkaar gesmolten. Het voordeel is dat onderdelen sterker zijn, en bovendien sneller en goedkoper geproduceerd kunnen worden. In de printer kan 400 kilo aan metaalpoeder worden opgeslagen, wat betekent dat hij 120 uur aaneengesloten kan printen. Nieuwe printopdrachten kunnen op afstand gegeven worden. Ook worden onderdelen die voorheen uit meerdere componenten bestonden nu als één onderdeel geproduceerd. Dit biedt weer andere voordelen, zoals een lager gewicht en minder kans op vervuiling omdat er geen lasnaden meer zijn. Daarnaast kunnen er bijvoorbeeld sensoren in bakblikken geplaatst worden (iBakeware) waardoor makkelijker te zien is wanneer deze aan vervanging toe zijn, en ze bovendien per stuk vervangen kunnen worden in plaats van een hele serie te vervangen. Ook kunnen ze met behulp van de sensoren data ophalen en analyseren, en hiermee het bakproces optimaliseren en (op afstand) bepalen wanneer een onderhoudsbeurt nodig is.

#### 2. Implicaties voor kennis en vaardigheden

Er zijn nieuwe functies bijgekomen, zoals de functie software engineer (iemand die software kan ontwikkelen en onderhouden). Software engineers worden bijvoorbeeld ingezet voor de inbedrijfstelling van robottoepassingen, waarbij gewerkt moet kunnen worden met verschillende softwareprogramma's op het gebied van programmeren en 2D/3D visualisatie. Daarnaast is er personeel nodig met bijvoorbeeld een achtergrond in werktuigbouwkunde of mechatronica, dat in staat is om verschillende onderdelen van bakproductielijnen te ontwerpen in 3D. Ook is er een special iBakeware-team (een startup van de Kaak Group) dat zich bezig houdt met het ophalen, analyseren en

verwerken van data opgehaald in de bakapparatuur die uitgerust is met sensoren. Deze gegevens worden teruggekoppeld aan klanten. Hiervoor worden software developers gevraagd, met een afgerond hbo-opleiding in ICT of Data-Science. Programmeren, interface design en communicatieve vaardigheden zijn hierbij belangrijke vaardigheden.

### **3. Hoe worden mensen van kennis en vaardigheden voorzien?**

De Kaak Group heeft bij de ingebruikname van de eerste 3D-printer alle medewerkers uitgenodigd voor een workshop. Dit om alle medewerkers kennis te laten maken met deze nieuwe techniek. Bij de ingebruikname van de eerste 3D-metaalprinter werd de productietijd gedeeld met zes andere bedrijven in de regio. Daarnaast heeft de provincie (Gelderland) 300.000 euro geïnvesteerd in het opleiden van (toekomstige) werknemers. Ook werken ze samen met verschillende opleidingsinstituten (HAN, CIVON, Graafschap College) die lesprogramma's ontwikkelen in Smart Industry.

## 3.8 het experiment Lerend Leven in de Brainport Regio Eindhoven

### TECHNOLOGIE: ROBOTISERING

Brainport begeleidt bedrijven in de regio bij het zoeken naar oplossingen voor de ontwikkeling van hun medewerkers. De aanleiding voor Lerend Leven is de vraag waarom 'Leven Lang Leren' al decennialang hoog op de agenda staat van de overheid, maar het niet goed van de grond komt. Deze case is opgenomen omdat het een goed voorbeeld is van een initiatief waarin oplossingen worden gezocht om ervoor te zorgen dat werknemers blijven leren en aansluiting blijven vinden bij de arbeidsmarkt die sterk veranderd door technologische ontwikkelingen. Brainport denkt kritisch mee over problemen van bedrijven. Het experiment Lerend Leven in de Brainport Regio Eindhoven (PPS) bestaat uit een groeiend aantal pilots (nu acht) en verkenningen (nu vijf), die worden uitgevoerd in een wisselende samenstelling en met een verschillend aantal betrokken partners.

CASE 8

#### 1. Aard van de ontwikkeling/verwachtingen voor de toekomst

Werkzaamheden van werknemers zullen blijven veranderen door arbeidsmarktontwikkelingen, zoals toenemende automatisering en robotisering van productieprocessen, langer doorwerken en de vraag naar nieuwe skills. Ook de rol van de werknemer binnen de organisatie verandert hierdoor. Zij zullen hun talenten en vaardigheden moeten ontwikkelen om fit te blijven voor huidige en toekomstige functies en bij te dragen aan organisatieprestaties. Werkgevers moeten tegelijkertijd meer (en sneller) inzicht krijgen in hoe werkzaamheden en vereisten te veranderen - om succesvol te kunnen blijven presteren.

#### 2. Implicaties voor kennis en vaardigheden

De ontwikkeling van de arbeidsmarkt vergt een andere omgang met opleiding en scholing. Het gaat steeds minder om wat een werknemer geleerd heeft, maar om kunnen en willen leren. Snel en flexibel kunnen reageren (aanpassingsvermogen) en leervermogen worden belangrijker. In alle levensfasen dient leren - ook in combinatie met werken - vanzelfsprekend te zijn. De scheiding tussen werken, leren en leven zal daardoor vervagen (een cyclisch ontwikkelproces).

### 3. Hoe worden mensen van kennis en vaardigheden voorzien?

In de experimenteeromgeving Lerend Leven wordt samen met experts verkend 'aan welke knoppen te draaien' om inzicht te krijgen op de kernvraag waarom 'Leven Lang Leren' maar niet van de grond komt. Dit gebeurt in de vorm van pilots die enerzijds de werking nagaan van een bepaalde aanpak, en anderzijds door 'verkenningen' die meer inzoomen op het invullen van randvoorwaarden. De betrokken partners zijn: bedrijfsleven (onder andere Lavans, VICH, De Transitie, Smeva, ASML), onderwijspartners (onder andere Fontys Hogeschool, Brainport Scholen), Brainport Development, FNV, BZW en Gemeente Eindhoven.

---

4.

**ADVIES**

**VOOR**

**VERVOLG**

---

We hebben deze verkenning uitgevoerd om te zien wat er op dit moment in de wetenschappelijke literatuur bekend is over de impact van technologische ontwikkelingen op de competentiebehoefte in technische beroepen en initiatieven die gericht zijn op opleiding en ontwikkeling van die competenties waaraan behoefte bestaat. We stellen vast dat onderzoek naar de impact van ontwikkelingen nog in de kinderschoenen staat en dat er, mogelijk mede ook daardoor, nog vrijwel niets bekend is over effectieve manieren om werknemers van de benodigde competenties te voorzien. Op basis van de wetenschappelijke literatuur en de praktijkbeschrijvingen van beschikbare kennis en informatie komen wij dan tot het volgende advies en de volgende aanbevelingen voor een vervolg van het onderzoeksproject 'Gevolgen van digitalisering en robotisering voor technische beroepen'.

#### **PARTICIPATIEF ONDERZOEK NAAR IMPACT VAN ONTWIKKELING OP COMPETENTIEBEHOEFTE**

39

Beschrijvingen van praktijkvoorbeelden op basis van bestaande kennis en informatie leveren nog nauwelijks inzicht in wat er precies aan nieuwe competenties gevraagd wordt van werknemers in technische beroepen. Dat maakt het creëren van een gezamenlijk aanbod voor de technische O&O-organisaties vooralsnog lastig, hoewel er wel een duidelijke behoefte aan een dergelijk aanbod lijkt te ontstaan. De praktijkbeschrijvingen wijzen in elk geval op een veranderende competentiebehoefte, maar missen de concretisering van die verandering.

Ons advies is om als gezamenlijke technische O&O-organisaties nu substantieel te investeren in een breed en gezamenlijk onderzoeksprogramma waarin de vraag 'Wat is precies de nieuwe competentiebehoefte, op welke competenties kunnen we gezamenlijk een aanbod doen en op welke kunnen we dat beter afzonderlijk doen?' centraal staat.

Wij adviseren in dit onderzoeksprogramma te streven naar een vorm van participatief onderzoek door ervaren (kwalitatief) onderzoekers in te zetten die de introductie en implementatie van verschillende nieuwe technologieën (robots, co-bots, Internet of Things, nieuwe materialen, etc.) in verschillende werkomgevingen gestructureerd volgen en bestuderen. Doel van dit onderzoeksprogramma is vast te stellen in welke sectoren er sprake is van functiespecifieke en generieke veranderingen en wat daarvan de implicaties zijn voor de vereiste bedrijfsspecifieke en generieke competenties, zodat technische O&O-organisaties hun gezamenlijke en afzonderlijke aanbod kunnen aanscherpen.

### **EXPERIMENTEREN MET 'LERENDE BEDRIJVEN' EN 'SKILLS INTENSIEVE WERKPLEKKEN'**

Mede doordat er nog weinig bekend is over de exacte nieuwe competentiebehoeften, krijgen we uit de praktijkvoorbeelden nu nog maar weinig zicht op effectieve vormen van ontwikkelen van de benodigde competenties. We zien wel dat bedrijven nog veelal opteren voor algemene opleidingstrajecten of op vormen van 'al doende leren'. Of deze aanpak werkt, voor wie en onder welke omstandigheden, is niet bekend en wordt nog nauwelijks onderzocht. Zowel in de beschikbare wetenschappelijke literatuur als bij de praktijkvoorbeelden vinden we daarom weinig terug over effectieve interventies en maatregelen in relatie tot het aanleren van nieuwe benodigde competenties.

Ons advies is om, in het verlengde van het onderzoek naar precieze duiding van de nieuwe en te verwachten competentiebehoeften, als gezamenlijke technische O&O-organisaties een substantiële bijdrage te (gaan) leveren aan het opbouwen van de nu nog magere onderbouwing van de effectiviteit van interventies, maatregelen en opleidingen ('instituties'), in relatie tot verschillende nieuwe en impactvolle technologische ontwikkelingen in de technische beroepen.

Opbouwen van evidentie voor effectiviteit van instituties is nodig om enerzijds het vakmanschap in de technische beroepen meer toekomstbestendig te maken (weerbaar en wendbaar vakmanschap), en anderzijds om het aanbod van de gezamenlijke technische O&O-organisaties te versterken en de fondsen daarmee efficiënter en meer toekomstbestendig te maken. Alleen dat wat werkt, wordt nog versterkt. Wat niet werkt, kan uit het aanbod.

40

Ons advies is voorts om in experimenten met aanpakken en maatregelen vooral oog te hebben voor aanpassingen in het werk en van en op de werkvloer; hoe bouwen we 'skills intensieve werkplekken' of 'lerende bedrijven'? Met name voor werkenden in technische beroepen is leren door te doen en te werken een belangrijke manier om nieuwe competenties op te doen. Experimenten met deze vormen van leren liggen derhalve het meest voor de hand en zullen ook het meeste voorkomen of de ruimte krijgen.

We adviseren daarnaast om met experimenten zoveel mogelijk aan te sluiten bij bestaande initiatieven en experimenten met de introductie van nieuwe technologieën, bijvoorbeeld bij de bestaande 'Fieldlabs Smart Industry'. Die Fieldlabs zijn meestal opgezet rondom bepaalde technologische ontwikkelingen en kunnen zeer gebaat zijn bij experimenten met sociale innovatie en aanleren van nieuwe skills en competenties.



Advies is ten slotte om bij de evaluatie van verschillende experimenten in verschillende sectoren en bij verschillende technologieën zoveel mogelijk gebruik te maken van één analysekader, zodat resultaten eenvoudig kunnen worden gedeeld. Met de ontwikkeling van een dergelijk analysekader kan op basis van de in dit document weergegeven resultaten uit literatuurstudie en praktijkvoorbeelden waarschijnlijk al een begin worden gemaakt.

## TEN SLOTTE: VIJF AANBEVELINGEN

1. Voer aanvullende analyses uit bij bedrijven, bijvoorbeeld bij de beschreven praktijkvoorbeelden, om antwoord te krijgen op de vraag hoe bedrijven nu hun werknemers voorzien van nieuwe gevraagde competenties in relatie tot digitalisering en robotisering en wat daarin wel en niet werkt.
2. Stel middelen beschikbaar voor experimenten met nieuwe vormen van leren in relatie tot technologische ontwikkelingen en monitor die experimenten structureel op effectiviteit in termen van leren van competenties door vaklieden, zodat nieuw adequaat scholingsaanbod beschikbaar komt.
3. Ga door met 'story-telling' in de verschillende nieuwsbrieven en publicaties en maak gebruik van elkaars ervaringen om kennis uit te wisselen over de grenzen van beroepen, sectoren en branches heen.
4. Zoek nationaal en internationaal naar (meer) voorbeelden van bedrijven die werken met nieuwe materialen of van plan zijn daarmee aan de slag te gaan om ook daarvan te kunnen leren. Welke nieuwe competenties vragen welke nieuwe materialen en hoe kunnen we daar gezamenlijk in voorzien?
5. Zet een (internationaal) lerend netwerk op van (HR) professionals in de industrie die onderling kennis uitwisselen over de impact van technologische ontwikkelingen op gevraagde competenties en manieren om werknemers mee te nemen in die ontwikkelingen.

---

# LITERATUUR

---

- Abelshausen, T., Albertijn, M., & Hoefnagels, K. (2014). *Toekomstige competentievereisten in de elektrotechnische sector. Competentiemeting in het kader van het Vlaams Arbeidsmarktonderzoek voor de Toekomst in de elektrotechnische sector*. Antwerpen: Tempera.
- Achtenhagen, C., & Zeller, B. (2013) The future skill requirements engendered by the 'Internet of Things' in industrial production. In FreQueNz (Ed.), *Future skills needed for the Internet of Things in industrial production. Summary of study findings* (pp. 05-08). [S.l.]: FreQuenz
- Berenschot & TIAS (2018). *Onderzoek Smart Working. Medewerkers aan het woord*. Online toegankelijk:  
<https://www.fme.nl/nl/sys-tem/files/publicaties/Onderzoek%20Smart%20Working%20Maak%20werk%20van%20technologie.pdf>.
- Bezemer, R.A., & Smit, C.J.C. (2017). *BIA UNETO-VNI Robotisering; Een sprong vooruit*. Delft: TNO.
- Bezemer, R., Kuindersma, P., & Mulder, G. (2016). *BIA UNETO-VNI 3D printen; De installatiesector als maakindustrie*. Delft: TNO.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A., (2011). *Race Against The Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. Lexington (MA): Digital Frontier Press.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age*. New York and London: Norton.
- Corporaal, S., Alons, M., & Vos, M. (2015) *Werken in de nieuwe industriële realiteit. Een verkennend onderzoek naar de verwachtingen van werkgevers over jonge technici*. Online toegankelijk:  
[http://www.arbeidsconferentie.nl/uploads/submission/document\\_1/97/2015\\_-\\_Corporaal\\_et\\_al\\_-\\_werken\\_in\\_de\\_nieuwe\\_industriële\\_realiteit\\_MvR.pdf](http://www.arbeidsconferentie.nl/uploads/submission/document_1/97/2015_-_Corporaal_et_al_-_werken_in_de_nieuwe_industriële_realiteit_MvR.pdf).
- Cörvers, F., De Hoon, M., & Van den Tillart, H. (2017?). *De macrodoelmatigheid van nu en de MEI medewerker van morgen*. Nijmegen/Maastricht: ITS & ROA.
- De Graaf-Zijl, M., Josten, E., Boeters, S., Eggink, E., Bolhaar, J., Ooms, I., Den Ouden, A., & Woittiez, I. (2015). *De onderkant van de arbeidsmarkt in 2025*. Den Haag: CPB.
- Deloitte (2014). *De impact van automatisering op de Nederlandse Arbeidsmarkt. Een gedegen verkenning op basis van Data Analytics*. Amstelveen: Deloitte.

---

De Vos, A., & Gielens, T. (2016). *The Future of Jobs in Chemistry and Life Sciences - sectoranale chemische industrie, kunststoffen en life sciences in Vlaanderen*. Antwerpen: Antwerp Management School.

Dworschak, B., & Zaiser, H. (2014) Competences for cyber-physical systems in manufacturing - first findings and scenarios. *Procedia CIRP*, 25, 345-350.

Dworschak, B., Zaiser, H., & Achtenhagen, C. (2013). The 'Internet of Things' and 'industrial production' as part of the early identification initiative of the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). In FreQueNz (Ed.) (2013): *Future skills needed for the Internet of Things in industrial production. Summary of study findings* (pp. 02-04). [S.l.]: FreQueNz.

Folmer, W. (2013). *De metaalmedewerker van morgen*. [S.l.]: Opleidings- en ontwikkelingsfonds Metaalbewerking.

Frey, C.B., & Osborne, M.A. (2013). *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?* Paper. Oxford, UK: Oxford Martin School, Oxford University.

Gijsbers, G.W., Van den Broek, T.A., Esmeijer, J. & Sanders, J.M.A.F. (2016). *Smart Skills voor Smart Industry : Hoe werk verandert in de fabriek van de toekomst*. Delft: TNO.

Goos, M., Manning, A., & Salomons, A. (2014) Explaining job polarization: Routine-biased technological change and offshoring. *AER*, 104(8), 2509-2526.

44

Hartmann, E., & Bovenschulte, M. (2013): Skills Needs Analysis for 'Industry 4.0' based on Roadmaps for Smart Systems. In SKOLKOVO Moscow School of Management & International Labour Organization (Ed.), *Using Technology Foresights for Identifying Future Skills Needs. Global Workshop Proceedings, Moscow* (pp. 24-36).

Hirsch- Kreinsen, H. (2014) *Smart production systems: a new type of industrial process innovation*. Paper presented at DRUID Society Conference 2014, CBS, Copenhagen, June 16-18.

Hooftman W.E., Mars G.M.J., Janssen, B.J.M, De Vroome, E.M.M., & Van den Bossche, S.N.J. (2015). *Nationale Enquête Arbeidsomstandigheden 2014 (NEA 2014): Methodologie en globale resultaten*. Leiden/Heerlen: TNO/CBS.

ING Economisch Bureau (2016). *Mens en Machine in de flexbranche Hoe de flexbranche technologie als kans kan benutten*. Amsterdam: ING.

Invernizzi, N. (2011) Nanotechnology between the lab and the shop floor: what are the effects on labor? *Journal of Nanopart Research* 13, 2249-2268.

---

Levy, F., & Murnane, R.J. (2013). *Dancing with Robots: Human Skills for Computerized Work*. Wahsington: Third Way.

Moniz, A.B., & Krings, B.J. (2016) Robots Working with Humans or Humans Working with Robots? Search for Social Dimensions in New Human-Robot Interaction in Industry. *Societies*, 6(23); doi:10.3390/soc6030023.

Oeij, P.R.A. , Van der Torre, W., Van de Ven, H.A., Sanders, J.M.A.F., & Van der Zee, F.A. (2016). *Nieuwe technologie en werk. Onderzoek en beleidsadvies voor UWV*. Leiden: TNO.

Sanders, J.M.A.F. (2016). *Sustaining the employability of low skilled workers; development, mobility and work redesign*. Proefschrift. Universiteit Maastricht.

SER [Sociaal-Economische Raad] (2016). *Verkenning en werkagenda digitalisering; Mens en technologie: samen aan het werk*. Den Haag: Sociaal-economische Raad.

Skevi, A., Szigeti, H., Perini, S., Fradinho Duarte de Oliveira, M., Taisch, M., & Kiritsis, D. (2014). Current Skills Gap in Manufacturing: Towards a New Skills Framework for Factories of the Future. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 438, doi:10.1007/978-3-662-44739-0\_22.

Smits, W., & De Vries, J. (2015). Toenemende polarisatie op de Nederlandse arbeidsmarkt. *ESB*, 100(4701), 24-25.

45

Van den Berge, W., & Ter Weel, B. (2015). *Baanpolarisatie in Nederland*. Den Haag: CPB. CPB Policy Brief 2015/13.

Van Est, R., & Kool, L. (Eds.). (2015). *Werken aan de robotsamenleving. Visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid*. Den Haag: Rathenau Instituut.

Vermeulen, H., Warmerdam, J., Elfering, S., Schellingerhout, R., De Wit, W., Van de Wetering, E., Rossen, L., & Van Rens, C. (2014). *Trends en ontwikkelingen in de technische installatiebranche 2014. Bedrijvigheid, arbeidsmarkt en beroepsopleiding in de periode tot 2020*. Nijmegen: ITS.

WRR (2015). *De robot de baas. De toekomst van werk in het tweede machinetijdperk*. Den Haag: Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid.

