

De robotarm als collega

Aan de slag met mensgerichte techniek- implementatie

Milan Wolffgramm
Stephan Corporaal
Maarten van Riemsdijk

Nieuwe collega's betreden de werkvloer: collaboratieve robots (cobots). Deze robotarmen hebben het potentieel om de productiviteit van medewerkers en de flexibiliteit van het productieproces te vergroten. Zij zijn een mogelijke oplossing voor de aanhoudende personeelstekorten in de industrie en de toenemende vraag naar maatwerk-producten. Wij verkenden middels een interviewstudie (N=60) hoe cobots in de Nederlandse maakindustrie worden ingezet en wat dat betekent voor de vaardigheden en de arbeidskwaliteit van productiemedewerkers. We zien dat er volop wordt geëxperimenteerd, dat de techniek domineert en er weinig oog is voor arbeidskwaliteit. De inzet van cobots lijkt daarmee veel op hoe eerdere automatisering zich telkens heeft ontrold, met de mens in eerste instantie als sluitstuk van de techniek, hetgeen dan soms later hersteld werd. HR speelt nauwelijks een rol en laat een belangrijke kans liggen om een mens-robot-samenwerking te realiseren waarin zowel de kwaliteiten van de mens als de techniek optimaal worden benut. Werk aan de winkel dus voor HR-professionals: een robuuste samenwerking tussen mens en cobot is alleen mogelijk als mensen het kunnen, willen én volhouden. We sluiten af met vijf aanbevelingen voor HR-professionals. De essentie: bemoei je – zo vroegtijdig mogelijk – met techniek implementatie!

Inleiding

De Nederlandse maakindustrie kampt met een forse productiviteitsuitdaging die ontstaat door een combinatie van een aanhoudend hoge marktvraag en een tekort aan technici in West-Europa (Europese Commissie, 2019; ROA, 2019; UWV, 2020; FME, 2020). Daarnaast vragen klanten steeds meer op maat gemaakte producten en diensten tegen massaproductieprijzen (Corporaal, Vos, Van Riemsdijk & De Vries, 2017; Aheleroff, Philip, Zhong & Xu,

Milan R. Wolffgramm, MSc. is promovendus mens-cobot-samenwerking bij Saxion en TechYourFuture. Dr. Stephan Corporaal is lector human capital bij Saxion en TechYourFuture en Dr. Maarten J. van Riemsdijk is lector HRM bij Saxion en TechYourFuture.

2019). Het implementeren van slimme techniek om de productiviteit van productiemedewerkers te verhogen en de flexibiliteit van het productiesysteem te vergroten krijgt daarom veel aandacht in de bedrijven (Smart Industry, 2014; 2018).

Een veelbelovende techniek is de collaboratieve robot (robotarm of cobot). Cobots zijn anders dan de industriële robots die sinds de jaren 60 gebruikt worden. Er is directe fysieke interactie mogelijk tussen cobot en medewerker, ze zijn goedkoper en gemakkelijker te programmeren en te bedienen (Calitz, Poisat & Cullen, 2017). Die directe interactie biedt de kans om de kwaliteiten van de cobot (zoals betrouwbaarheid, snelheid) en de kwaliteiten van de productiemedewerker (zoals flexibiliteit en snel kunnen omschakelen) zodanig op elkaar af te stemmen dat zij elkaar wederzijds versterken (Johnson, 2014). Een goed ingerichte mens-cobot-samenwerking heeft daarmee het potentieel in zich om zowel de productiviteit als de flexibiliteit van productiesystemen te verhogen.

Tot nu toe zijn cobots echter vooral het vanzelfsprekende terrein van engineers en daardoor krijgt met name de doorontwikkeling van de technische kwaliteiten van cobots volop aandacht (Libert, Cadieux & Mosconi, 2020). Het is echter bekend dat het succes van robuuste en flexibele automatisering afhankelijk is van menselijke flexibiliteit en inbreng (Johnson, 2014). Zonder goede afstemming tussen technische én menselijke mogelijkheden wordt bovendien de arbeidskwaliteit bedreigd door taakuitholling, een te hoog complexiteitsniveau of het out-of-the-loop plaatsen van medewerkers (Smids, Nyholm & Berkers, 2020). Daarmee ontstaat een risico op allerlei prestatie-, motivatie- en veiligheidsproblemen (Humphrey, Nahrgang & Morgeson, 2007). Momenteel is er echter nog weinig bekend over de samenwerking tussen mens en cobot in de Nederlandse maakindustrie.

De doelstelling van dit onderzoek is beschrijven hoe de samenwerking tussen mens en cobot in twintig bedrijven in de maakindustrie eruit ziet en hoe deze tot stand gebracht is. Deze bedrijven implementeerden cobots in de eigen productie om daarmee ervaring op te doen en de haalbaarheid van deze techniek te beoordelen. De hoofdvraag van ons onderzoek luidt: hoe ziet mens-cobot-samenwerking in de Nederlandse maakindustrie eruit en hoe is deze tot stand gebracht? Wij beschrijven de gerealiseerde mens-cobot-samenwerkingen in termen van: (1) wederzijds afhankelijke (interdependente) taakverdeling tussen mens en cobot; (2) vaardigheden voor een interdependente mens-cobot-samenwerking; (3) kwaliteit van arbeid; (4) regelcapaciteit en (5) ondersteuning. We presenteren eerst het theoretisch kader, daarna de inhoud en methode van onze interviewstudie en vervolgens de resultaten. De lessen van het onderzoek vertalen we naar conclusies en aanbevelingen voor een bijdrage van HR-professionals aan een mensgerichte techniek-implementatie.

Theoretisch kader

In dit hoofdstuk zetten we de theorie uiteen die relevant is voor het ontwerpen van een robuuste mens-cobot-samenwerking die mensen aan willen gaan, aan kunnen gaan en kunnen volhouden. We geven eerst een overzicht van de onderzoekstromingen die zich de afgelopen decennia bezighielden met de samenwerking tussen mens en robot en beschrijven hoe die stromingen samenkomen in een ontwerpmethode voor een mens-cobot-samenwerking. Vervolgens beschrijven we de vijf deelaspecten waarop we de mens-cobot-samenwerkingen in deze studie hebben geanalyseerd.

Overzicht van onderzoekstromingen

De afgelopen decennia zijn er diverse stromingen in onderzoek geweest die inzicht geven in de samenwerking tussen mens en robot(armen). Allereerst is er binnen de zogenaamde ‘human factors’-stroming, kennis opgebouwd over het verdelen van taken tussen mensen en machines (Feigh & Pritchett, 2014; Sheridan & Verplank, 1978). Fitts (1951) introduceerde zeventig jaar geleden zijn klassieke onderverdeling van kwaliteiten waarin medewerkers superieur zijn aan machines en andersom. Medewerkers zijn beter in het detecteren van veranderingen in de omgeving, improvisatie en oordeelsvorming. Machines hebben een onvermoeibaar repetitief handelingsvermogen, snelheid en kracht. Ondanks de kritiek op zijn ‘men-are-better-at-machines-are-better-at’ vergelijking, houdt deze in de basis nog steeds stand, ook voor de nieuwe robot-techniek (De Winter & Dodou, 2014; De Winter & Hancock, 2015). Zo blijken robots geschikter om producten op een uiterst precieze en constante manier te bewerken, raken ze niet uitgeput en leveren ze constante kwaliteit. Robots kunnen echter niet omgaan met producten, fouten en andere afwijkingen waar ze niet voor geprogrammeerd zijn (Wang, Kemédy, Váncza & Wang, 2017).

Meer dynamische manieren om een mens-robot-samenwerking te ontwerpen worden verkend in onderzoek naar ‘adaptieve automatisering’ (Kaber & Riley, 1999). Dat onderzoek toont dat er wederzijdse afhankelijkheid is binnen taken tussen mens en robot. Die wederzijdse afhankelijkheid verandert continu, vereist dus een regelmatige bijstelling van de mens-techniek-samenwerking en daarmee een dynamische inrichting van die samenwerking (Bradshaw et al, 2005). Zeker in flexibele productiesystemen moet een sterk beroep gedaan worden op de menselijke kwaliteiten van de medewerker voor het omstellen, ingrijpen bij storingen en inspelen op verandering in de omgeving (Johnson, 2014; Cordero, 1999). Vanuit onderzoek naar ‘mens-computer-interactie’ wordt de invulling van die wederzijdse afhankelijkheid tussen mens en techniek geadresseerd. Mens en techniek dragen datgene bij aan een taak waar ze het beste in zijn (Hearst, Allen & Guinn, 1999), maar het systeem moet dusdanig ontworpen zijn dat de mens verantwoordelijkheid kan en wil nemen voor het uitvoeren van een taak wanneer de techniek faalt (Murphey, Casper, Micire & Hyams, 2000). In onderzoek naar ‘collaborative control’ staat het inzicht centraal dat mens en robot tegelijkertijd aan dezelfde taak of actie kunnen werken (Fong, Thorpe & Baur, 2001). Mensen

en robots kunnen elkaar niet alleen versterken in het plannen en programmeren van een taak maar ook ondersteunen in de uitvoering van taken, zoals bijvoorbeeld bij de cognitieve onderdelen van een taak. De resultaten van dat onderzoek laten zien dat de wederzijdse samenwerking tussen mens en robot in de uitvoering van taken een integraal onderdeel moet zijn van het ontwerp van een robuuste mens-robot-samenwerking.

Johnson (2014) combineert als eerste de inzichten van bovenstaande onderzoekstromingen in een ontwerpmethode voor een interdependente mens-cobot-samenwerking. Hij toont dat robuuste geautomatiseerde systemen, die in een complexe omgeving moeten opereren, niet autonoom kunnen zijn maar menselijk ingrijpen behoeven, liefst in interactie. Dat is niet alleen een voorwaarde voor storingsvrij functioneren, het levert ook betere en meer flexibele productie.

Wederzijds afhankelijke taakverdeling tussen mens en cobot

Interdependentie is “de mate waarin de ene partij volledig afhankelijk is van de andere partij (en vice versa) gedurende de uitvoer van een reeks handelingen” op een product (Feltovich, Bradshaw, Clancey, & Johnson, 2007 in Johnson, 2014, p. 25). Met zijn ontwerpmethode voor een interdependente samenwerking van mens en cobot bouwt Johnson (2014) voort op het werk van Thompson (1967). Thompson (1967) introduceerde drie type interdependenties: (1) gepoolde interdependentie waarbij actoren autonoom van elkaar aan een deelproduct werken en pas met elkaar interacteren als deze samenkomen, (2) sequentiële interdependentie waarbij de ene actor een deel van het product bewerkt en dat doorgeeft aan een andere actor om het af te maken en (3) reciproque interdependentie waarbij actoren elkaar het product net zo lang over-en-weer blijven geven totdat het af is.

Uit het werk van Johnson (2014) wordt duidelijk dat hij reciproque interdependentie nastreeft tussen mens en cobot. Dat wordt gekarakteriseerd door een wederzijdse, intensieve en continue afstemming van het handelen in de samenwerking. Dergelijke interdependente samenwerking tussen mens en cobot is daarmee duidelijk anders dan automatisering waarbij de mens zoveel mogelijk ‘out of the loop’ wordt geplaatst. Johnson toont in zijn onderzoek aan dat naarmate medewerker en cobot meer interdependent met elkaar samenwerken, zij meer profiteren van elkaars kwaliteiten en beter in staat zijn om met veranderingen in de omgeving om te gaan. Dat is cruciaal in een complexe omgeving, zoals een flexibel productiesysteem (Johnson, 2014).

Johnson (2014) neemt in zijn ‘coactive design’ ontwerpmethode dan ook de complexiteit van het uit te voeren productiewerk als uitgangspunt. Hoeveel variatie er in de productie zit, hoe complex zij is en welke aantallen er worden geproduceerd, bepaalt welke werkzaamheden moeten worden uitgevoerd en hoe moeilijk die werkzaamheden zijn. Formele taakanalyse (Annett, 2003) is derhalve de basis voor zijn ontwerpaanpak, waarop hij zijn interdepen-

dente taakverdeling tussen mens en cobot baseert. Zo kan in kaart gebracht worden welke hoofdtaken en subtaken in een proces door de mens en welke door de cobot worden uitgevoerd. Ook welke vaardigheden die mens en cobot daarvoor moeten hebben, kan daarvan worden afgeleid.

Vaardigheden voor een interdependente mens-cobot-samenwerking

Er zijn drie condities waar iedere interdependente mens-cobot-samenwerking om vraagt (Johnson, 2014; Blackhurst, Gresham, & Stone, 2011). Deze condities worden vervuld door de inbreng van de daarvoor benodigde vaardigheden. Ten eerste moet er sprake zijn van waarneembaarheid. De mens moet de vaardigheid hebben om signalen van de cobot te kunnen waarnemen, interpreteren en van een adequate respons te voorzien. Daarnaast moet de cobot de functionaliteit hebben om de mens te kunnen waarnemen (e.g., via sensoren). Ten tweede moet er sprake zijn van voorspelbaarheid. De mens moet vaardig zijn in het voorspellen van het gedrag van de cobot en moet zich daarnaast voorspelbaar gedragen richting de cobot, bijvoorbeeld door producten op de juiste manier klaar te leggen of aan te geven. Ten derde moet er sprake zijn van wederzijdse bestuurbaarheid. De mens moet de nodige controlemiddelen beheersen om de uitvoer van de cobot te kunnen beïnvloeden (e.g., het kunnen gebruiken van een besturingspaneel). Daarnaast moet de mens, tot op zekere hoogte, aangestuurd worden door de cobot (e.g., via signalen). Oftewel, de interdependentie tussen mens en cobot wordt, gegeven de complexiteit van het productieproces en de cobotechniek, bepaald door de mens zijn vaardigheden om deze interdependentie aan te kunnen gaan. In hoeverre de mens de interdependentie kan volhouden hangt af van de arbeid die met de interdependentie gepaard gaat.

Kwaliteit van arbeid

Een samenwerking tussen mens en cobot die vol te houden is door de mens, vereist arbeid die door de mens als kwalitatief goed beleefd wordt. Dat voorkomt ook operator-out-of-the-loop problemen: verminderd situatiebewustzijn of een overmatig vertrouwen in de techniek (Parasuraman & Manzey, 2010). Situatiebewustzijn is de mate waarin iemand in staat is, geven een bepaald doel, de status van een bepaalde context te analyseren, begrijpen en voorspellen (Endsley, 1996). Blind vertrouwen in de techniek betekent dat er bewust minder aandacht wordt besteed aan het monitoren van de techniek, omdat aangenomen wordt dat deze goed zal functioneren. Dit blind vertrouwen doet zich met name voor als de techniek langere tijd naar behoren functioneert (Merritt et al., 2019). Dergelijke problemen kunnen bijvoorbeeld ontstaan als de cobot een te prominente rol in de samenwerking inneemt en de mens vooral bezig is met monitoren van de cobot (Gouraud, Delorme & Berberian, 2017; Berberian, Somon, Sahai & Gouraud, 2017). Mochten zulke problemen zich voordoen, dan is de mens slecht in staat om tijdig en juist op machinestoringen te reageren (Reichenbach, 2015). Daardoor wordt niet alleen de kans om meer productdefecten en vertragingen groter. Ook de veiligheid van de mens kan in het gedrang komen, bijvoorbeeld als hij niet goed oplet, tegen de machine botst of door de machine geraakt wordt.

Werkontwerp-onderzoek toont de werkkarakteristieken waardoor mensen beter presteren, tevredener zijn en minder verzuim en gezondheidsklachten vertonen (Parker, Morgeson & Johns, 2017; Morgeson & Humphrey, 2006). Daaruit blijkt dat werk voldoende complexiteit, variatie en autonomie moet hebben. Ook moet de fysieke belasting verantwoord zijn. Onderzoek naar de effecten van een mens-cobot-samenwerking op deze werkkarakteristieken is nog schaars. Noemenswaardig is wel de studie van Berkers, Smids, Nyholm en Le Blanc (2020). Deze vond plaats in de Nederlandse distributiecentra. Zij constateren dat robots het werktempo van de medewerkers bepaalden, banen uitholden en de interactie tussen medewerkers verlaagden. Medewerkers zouden hierdoor minder autonomie, taakidentiteit, afwisseling en sociale relaties ervaren. De robots zouden daarentegen de medewerkers ook nieuwe vaardigheden laten ontwikkelen. Dit zou positieve effecten hebben op de ervaren hoeveelheid feedback en vaardigheidsinzet van de medewerkers. In hoeverre de mens positieve baankarakteristieken beleeft hangt dus samen met de inrichting van de mens-cobot-samenwerking (Benders, Dhondt & Van Hootegeem, 2015). Deze bepaalt namelijk hoe de taken tussen mens en cobot verdeeld zijn, uit welke taken de menselijke arbeid bestaat en dus hoe goed deze is.

Regelcapaciteit en ondersteuning

Productief samenwerken met techniek lukt alleen als de mens zelf zijn werk kan inrichten, zo bleek al in de Engelse kolenmijnen (Trist & Bamforth, 1951). De Engelsen kwamen er achter dat opgelegde en dichtgetimmerde taakroutines het productiesysteem in de mijnen kwetsbaar en rigide maakten (Ashby, 1965; De Sitter, Den Hertog & Dankbaar, 1997). Ze ontdekten dat het opvoeren van de hoeveelheid regelcapaciteit in de uitvoering van het dagelijkse werk bijdroeg aan de kwaliteit en wendbaarheid van het productiesysteem (Kuipers, Van Amelsvoort & Kramer, 2010). Goed productieontwerp vereist daarnaast ook de mogelijkheid om het ontwerp van het werk – en in deze studie dus de inrichting van de mens-cobot-samenwerking – (mede) vorm te geven (Fruytier, 1994). Die regelcapaciteit blijkt tevens voorwaardelijk voor de acceptatie van techniek (Venkatesh, Morris, Davis & Davis, 2003; Liu et al., 2019) en wordt onderschreven in meer moderne benaderingen, zoals workplace innovation onderzoek (Oeij, Rus & Pot 2017).

Het is echter niet vanzelfsprekend dat iedereen met de beschikbare regelcapaciteit kan omgaan (Karaksek, 1979; Fruytier, 1994). Daarvoor heeft de mens ook noodzakelijke hulpbronnen nodig, zoals door de organisatie beschikbaar gestelde ondersteuning, leermogelijkheden, kennisbronnen, systematiek en op te roepen assistentie (Venkatesh et al., 2003). Het enkel beschikbaar stellen van deze hulpbronnen is volgens Venkatesh, Thong en Xu (2012) niet voldoende. De hulpbronnen moeten afgestemd zijn op de mens. Want pas als de medewerker de hulpbronnen als relevant ervaart, zal dit een positieve invloed uitoefenen op hoe hij met de techniek omgaat.

Bovenstaande gecombineerde kennis uit productiemanagement, werkontwerponderzoek, sociotechniek en psychologie, biedt inzicht in de voorwaarden, ofwel ontwerpcriteria, die van belang zijn voor het inrichten van een interdependente samenwerking tussen productiemedewerker en cobot: (1) een interdependente taakverdeling tussen mens en cobot (2) de juiste vaardigheden voor een interdependente mens-cobot-samenwerking (3) voldoende kwaliteit van arbeid en (4) passende regelcapaciteit en ondersteuning. Met deze kenmerken beschrijven we in dit onderzoek de mens-cobot-samenwerking in de maakindustrie. In de volgende sectie leggen we uit hoe we dit methodologisch aangepakt hebben.

Methode van onderzoek

De data is verzameld via een verkennende studie met een relatief kleine steekproef (60 interviews in 21 bedrijven in Oost Nederland), maar biedt een waardevol eerste inzicht in hoe Nederlandse maakbedrijven hun mens-cobot-samenwerking hebben ingericht. De maakbedrijven produceren zowel grote als kleine, frequent wisselende, series (seriegroottes varieerden van 100 tot 30.000 stuks per week) en hebben allen minimaal een maand een cobot in de productie gehad. De cobots werden steeds ingezet in de assemblage; het schroeven, inzetten en monteren van (deel)producten en bij het beladen van bijvoorbeeld CNC-machines. Het ging daarom nadrukkelijk om een eerste kennismaking met deze nieuwe techniek en om een fase van experimenteren in de productie om te zien wat de techniek in de bedrijven zou kunnen betekenen.

De verdeling van de respondenten over en de grootteklasse van de betrokken bedrijven zijn in Tabel 1 weergegeven.

| | Totaal | |
|-------------------------|--------|----|
| | N=21 | |
| | n | % |
| Bedrijfs grootte | | |
| MKB (≤ 250 mw.) | 13 | 62 |
| Groot (>250 mw.) | 8 | 38 |

Tabel 1. karakteristieken participerende maakbedrijven

Steeds is gesproken met medewerkers die direct betrokken waren bij de implementatie en uitvoering van de mens-cobot-samenwerking. Dit waren productie- of teammanagers, technische ondersteuners (engineers) en uitvoerend medewerkers (productiemedewerkers). In totaal hebben er 61 respondenten aan de studies deelgenomen; 59 hiervan zijn individueel geïnterviewd en een tweetal nam deel aan een duo-interview. Tabel 2 geeft inzicht in de kenmerken van de geïnterviewden.

| | Totaal | | Productie- medewerkers | | Lijnmanagers | | Engineers | |
|------------------|--------|----|---------------------------|----|--------------|----|-----------|----|
| | N=61 | | N=27 | | N=16 | | N=18 | |
| | n | % | n | % | n | % | n | % |
| Geslacht | | | | | | | | |
| - Man | 56 | 92 | 25 | 93 | 15 | 94 | 16 | 89 |
| - Vrouw | 5 | 8 | 2 | 7 | 1 | 6 | 2 | 11 |
| Opleidingsniveau | | | | | | | | |
| - Mbo | 31 | 51 | 22 | 82 | 5 | 31 | 4 | 22 |
| - Hbo | 20 | 33 | 1 | 3 | 8 | 50 | 11 | 61 |
| - Wo | 6 | 10 | - | - | 3 | 19 | 3 | 17 |
| - Anders | 4 | 6 | 4 | 15 | - | - | - | - |

De interviews bestonden uit vier onderdelen. In het eerste deel stond de interdependentie tussen mens en cobot centraal. Er is gevraagd naar de productie-eenheid waarin de cobot werd geïmplementeerd, de taakverdeling in die productie-eenheid en de samenwerking tussen medewerker en cobot. Het tweede deel ging over de vaardigheden die medewerkers nodig hadden om de acties van de cobot waar te nemen, te voorspellen en te besturen. Het derde deel was gericht op de regelcapaciteit en ondersteuning. Respondenten is gevraagd naar de hulpbronnen en de regelcapaciteit van de productiemedewerkers in de implementatie. In het vierde deel is ingegaan op de gevolgen van de cobot voor het werk en de werkbeleving van de medewerker (de ervaren autonomie, complexiteit en afwisseling in het werk na implementatie van de cobot). Tenslotte is in elk interview gevraagd of en zo ja welke rol er voor HR-professionals was weggelegd bij de implementatie van de cobot.

Data-analyse

De interviews zijn opgenomen en verbatim getranscribeerd. De transcripten zijn door drie onderzoekers onafhankelijk op deductieve wijze gecodeerd (Fereday & Muir-Cochrane, 2006). Transcripties zijn eerst per bedrijf gecodeerd. Vervolgens hebben we vergeleken in hoeveel bedrijven soortgelijke codes voorkwamen en op welke codes bedrijven van elkaar afwijken. Voorafgaand aan het codeerproces is een codeerschema opgesteld. In het codeerschema zijn de volgende variabelen opgenomen: taakverdeling mens en cobot, benodigde vaardigheden, kwaliteit van arbeid, ondersteuning en regelcapaciteit. De variabelen zijn op basis van bestaande meetinstrumenten van begrippen voorzien. De begrippen zijn gebruikt om de transcripties op tekstfragmenten te selecteren die voor deze studie relevant zijn.

De taakverdeling tussen mens en cobot is geoperationaliseerd in termen van taken medewerker/taken cobot en de mate waarin werkzaamheden van de één noodzakelijk waren voor die van de ander (Johnson, 2014). De vaardigheden voor een interdependente mens-cobot-samenwerking zijn geoperationa-

liseerd in termen van waarneembaarheid, voorspelbaarheid en bestuurbaarheid (Johson, 2014). Kwaliteit van arbeid is geoperationaliseerd in autonomie, taakvariantie, taakcomplexiteit en fysieke belasting (Humphrey et al., 2007). Regelcapaciteit is geoperationaliseerd als de invloed die de medewerker heeft op de inrichting van het werk (Fruytier, 1994). Ondersteuning is geoperationaliseerd met beschikbare informatiebronnen, beschikbare hulpbronnen, aansluiting van de cobot op het bestaande productiesysteem en beschikbare storingsdienst (Venkatesh et al., 2003). De rol van HR is op open wijze gecodeerd.

Resultaten

We beschrijven de mens-cobot-samenwerking in de onderzochte bedrijven in termen van: (1) de taakverdeling en samenwerking tussen mens en cobot (2) de vaardigheden voor een interdependente mens-cobot-samenwerking (3) kwaliteit van arbeid en (4) regelcapaciteit en (5) ondersteuning. Met deze kenmerken verkennen we in dit onderzoek hoe mens-cobot-samenwerking in de Nederlandse industrie eruit ziet en hoe deze tot stand zijn gebracht. Aan het eind van dit onderdeel staan we stil bij de rol die HR-professionals speelden bij de inrichting en implementatie van mens-cobot-samenwerking.

1 Taakverdeling en samenwerking tussen mens en cobot

In vijftien van de bestudeerde (21) maakbedrijven werd een cobot ingezet voor het beladen en lossen van een apparaat, zoals een teststation, randapparaat of een drukpers. In die gevallen pakte de cobot een klaargelegd product op, plaatste het in het randapparaat, activeerde het randapparaat, haalde het bewerkte product eruit en legde het weg. In de overige (6) maakbedrijven waren cobots bezig met het in- of uitpakken van dozen of het lijmen, boren, stapelen of controleren van onderdelen.

Op vier uitzonderingen na was de medewerker steeds verantwoordelijk voor het beladen en lossen van de cobot. Dat betekent dat hij/zij de te bewerken producten op de juiste plek klaarlegde, de cobot aanzette, het juiste cobotprogramma activeerde, voorraden tijdig aanvulde en ervoor zorgde dat de cobot genoeg ruimte had om bewerkte producten af te leggen. In de tijd dat de cobot de klaargelegde producten bewerkte, was de medewerker in al deze gevallen bezig met het uitvoeren van andere werkzaamheden binnen of buiten de afdeling, zoals het bedienen van andere machines. In de uitzonderingsgevallen (4) was sprake van automatische aan- en/of afvoer waardoor nog meer nadruk kwam te liggen op de uitvoer van parallelle werkzaamheden. Een lijnmanager zegt hier het volgende over: *“We proberen de medewerkers zo min mogelijk te laten doen zodat die elders inzetbaar is.”*

Bij geen van deze bedrijven zien we wederzijdse interdependentie; de afhankelijkheid is in alle bedrijven, in het uiterste geval, volgtijdelijk (sequentieel). In de gevallen dat de cobot middels lopende banden wordt beladen en gelost, heeft de samenwerking alles weg van een gepoolde interdependentie. Productiemedewerkers voeren bovendien nergens zelf handelingen uit op het

product, dat doet de cobot. De mens is het verlengstuk - en de vazal - van de techniek. Wat gedaan moet worden, in welk tempo het gedaan moet worden en wanneer, wordt allemaal door de autonomie van de techniek bepaald. Het ontbreken van interdependentie wordt nog duidelijker doordat productiemedewerkers vervolgens andere operationele taken (dus los van de cobot) moesten uitvoeren, soms zelfs op andere afdelingen.

Een beperkt aantal cobots moest ook worden omgesteld. Dat betekent in deze context het opstarten van een ander cobot programma en het aanpassen van de fysieke werkomgeving (bijvoorbeeld andere bakjes om de producten in klaar te leggen). In zes bedrijven werd de cobot voor kleine series ingezet en werd van meerdere cobotprogramma's gebruikgemaakt. Zo hadden twee van deze maakbedrijven voor 50 tot 80 procent van hun productassortiment tientallen aparte cobotprogramma's geschreven. Hier waren productiemedewerkers in alle gevallen verantwoordelijk voor het omstellen. Een ingenieur zegt hierover: *“We hebben iets van vijftig producten die erop zitten, en die komen iedere keer weer. Er staan ook vijftig programma's klaar om met die individuele producten aan de slag te gaan”*

Dat maakt de samenwerking tussen productiemedewerker en cobot iets nauwer, maar nog steeds worden geen handelingen op het product zelf uitgevoerd door de productiemedewerkers. De interdependentie beperkt zich tot monitoren en aansturen van de cobot, die zelfstandig de eigenlijke productiehandelingen uitvoert. We zijn dus in geen van de onderzochte bedrijven wederzijdse interdependentie in de zin van Johnson (2014) tussen cobot en productiemedewerkers tegengekomen.

2 Vaardigheden voor een interdependente mens-cobot-samenwerking

Bij *waarneembaarheid* gaat het om het wederzijds kunnen waarnemen van het handelen van de cobot en de mens en daarop het handelen kunnen afstemmen. In onze gevallen is het voornamelijk de medewerker die waarneemt. Uit de interviews blijkt dat productiemedewerkers adequaat kunnen bepalen of de cobot normaal functioneert, dit blijft doen of dat sprake is van storing of stilstand. Dat doen zij met de kleur van een stoplicht bij de cobot, het bedieningspaneel, het alarm, de beweging van de cobot, de aanvoer- en afleggebieden en omgevingsgeluiden. Hoewel vijf cobots onder studie uitgerust waren met camerasystemen of een sensor, was geen van hen in staat de medewerker daadwerkelijk waar te nemen, anders dan bij fysiek contact, waarna de cobot uitschakelt. Een veiligheidssysteem dus. Zeven maakbedrijven benadrukten dat het de verantwoordelijkheid van de productiemedewerker was om 'regelmatig' zicht te houden op de cobot opstelling en eventuele geluidssignalen op te vangen. Hier werden geen vaste intervallen voor gehanteerd. Een productiemedewerker zegt hierover: *“Je moet zelf in controle blijven over het (productie)proces. Dus als de cobot iets fout doet moet je dat wel detecteren, want er kunnen natuurlijk altijd denkfouten in de software zitten.”*

De *voorspelbaarheid*, het gedrag dat zowel productiemedewerker als cobot van elkaar verwachten en waarop zij acteren, is ook eenzijdig belegd. Zo ‘rekenen’ de zestien cobots zonder camera’s en sensor op accurate aanlevering van producten. Verder hebben de cobots voldoende beweeg- en aflegruimte nodig om hun programma’s uit te kunnen voeren. Productiemedewerkers beoordeelden de juiste (voorspelbare) werking van de cobot door de output van de cobot visueel te controleren of door deze na te meten bij acht maakbedrijven. Een voorbeeld hiervan is een medewerker die verschillende bewerkte producten met elkaar vergeleek om de werking van de cobot te duiden: *“We meten de eerste van wat klaargelegd was. Dan wordt de laatste ook nog gemeten en, als het goed is, dan gaan we ervan uit dat alles wat daartussen zit ook goed is.”*

Productiemedewerkers handelen inderdaad als duidelijk is dat er iets niet goed gaat, of als de cobot zijn voorspelbare gedrag onderbreekt. Cobots handelen ook, als het verwachte onderdeel bijvoorbeeld niet klaarligt of verkeerd is geplaatst, dan stopt de bewerking.

Bestuurbaarheid gaat over de mogelijkheden om gedrag te beïnvloeden door te interacteren. Alle productiemedewerkers bestuurden de cobots door deze zelf in te stellen op de te bewerken producten. De productiemedewerker moest de cobot kunnen aanzetten, eventueel het juiste cobot-programma opzoeken en de cobot starten. Vijf maakbedrijven voegden daaraan toe dat hun productiemedewerkers verantwoordelijk waren voor het invoeren van de productafmetingen in het opgeroepen programma. Anderzijds werden productiemedewerkers ook tot op zekere hoogte aangestuurd door de cobot, bijvoorbeeld bij bevoorrading en bij het oplossen van storingen. In vier maakbedrijven viel de cobot bij volledige belading na tien minuten tot zes uur achtereen functioneren stil. De productiemedewerker moest dan zijn parallelle werkzaamheden staken om de cobot tijdig te beladen en/of te lossen. Datzelfde gold voor het oplossen van storingen. Als de cobot in storing viel, doordat producten bijvoorbeeld niet goed klaargelegd waren of doordat iets of iemand tegen de cobot aan kwam dan moest, in alle gevallen, de productiemedewerker zo snel mogelijk de cobot weer in bedrijf zien te krijgen of een engineer inschakelen. Een engineer illustreert de rol van de productiemedewerker door hier het volgende over te zeggen: *“Het gebeurt wel eens dat er een storing optreedt omdat het product niet goed gepakt is ... Dan kunnen ze hem (de cobot) wel opnieuw opstarten.”*

We kunnen vaststellen dat productiemedewerkers vooral als ‘bedieners’ in de klassieke betekenis moeten worden gezien. Ze staan in dienst van de cobot om ervoor te zorgen dat deze zijn taken kan uitvoeren. Dat is geen interdependente samenwerking. Daarin werken productiemedewerker en cobot echt samen aan het produceren van een product en zijn de productietaken verdeeld, waarbij de output van de een, voorwaardelijk is voor het werk van de ander en vice versa. Hier zien we dat het handelen van de medewerker voorwaardelijk is voor het werken van de cobot, maar dat de medewerker met de eigenlijke productiehandelingen weinig te maken heeft, dat doet de cobot autonoom.

Welke vaardigheden moeten productiemedewerkers hebben voor dit werk? Zij moeten de cobot leren bedienen. Dat beperkt zich tot het zich eigen maken van juiste belading en ontlading. Het starten van de cobot, soms het kiezen van het juiste programma en eventueel het herstarten van het systeem in geval van storing. Tenslotte het in de gaten houden van de voortgang, zowel met het oog op belading en ontlading, als voor het bewaken van de voortgang en de goede werking. Dat zijn taken die iedere machinebediener in de maakindustrie beheerst.

3 *Kwaliteit van arbeid*

In alle maakbedrijven hebben cobots bestaand productiewerk overgenomen. In vier bedrijven nam de cobot zodanig veel werk over dat een arbeidsplaats kwam te vervallen. In zeven gevallen kregen productiemedewerkers nieuwe taken toebedeeld of kregen zij meer tijd om de overgebleven taken uit te voeren.

Uit de interviews met productiemedewerkers blijkt dat de komst van de cobot gevolgen heeft voor de kwaliteit van arbeid, met name rond de ervaren: taakcomplexiteit, taakvariatie, autonomie en fysieke belasting. In vier maakbedrijven waren de productiemedewerkers al verantwoordelijk voor het bedienen van meerdere machines. Daar kwam het in bedrijf houden van de cobot bij, waardoor de complexiteit van het werk en de afwisseling ervan voelbaar toenamen. Zo stelt een productiemedewerker: *“Eerst was het bij elke draaibank één productiemedewerker. En nu is het vaak al twee draaibanken bij één persoon. En de derde is bij de cobot, dus drie draaibanken. Als het allemaal lukt”*.

In twee andere maakbedrijven ervaarden productiemedewerkers hun werk als complexer omdat zij niet wisten hoe op cobot-gerelateerde storingen gereageerd moest worden of omdat zij hun werk steeds moesten onderbreken om de cobot te bevoorraden of storingen te verhelpen. Productiemedewerkers uit twee andere maakbedrijven hadden deze ervaringen niet en onderstreepten juist dat de cobot hun taakcomplexiteit reduceerde omdat moeilijke taken werden overgenomen of omdat werk minder frequent onderbroken hoefde te worden: *“De cobot zorgt ervoor dat ik niet om de tien minuutjes naar de machine hoeft te lopen”*.

Verder meldden productiemedewerkers van drie maakbedrijven dat hun autonomie voelbaar is afgenomen. De status van de cobot bepaalde wannéér zij wát moesten doen. Als de cobot in storing viel of bevoorrad of gelost moest worden, dan moest direct actie worden ondernomen om stilstand te voorkomen. Ook waren zij afhankelijk van het tempo van de cobot. Tot slot merkten productiemedewerkers van drie maakbedrijven op dat de cobot de fysieke belasting beïnvloedde. In twee maakbedrijven werd minder fysieke belasting ervaren omdat productiemedewerkers: minder zware onderdelen hoefden te tillen, minder bukten of minder heen en weer hoefden te lopen tussen machines. In één maakbedrijf nam de fysieke belasting juist toe omdat productiemedewerkers vaker heen en weer liepen voor bevoorradings- en storingstaken.

De kwaliteit van het werk van de productiemedewerkers uit deze studie verandert met de komst van de cobot. Het wordt soms intensiever, soms ook niet, juist makkelijker. Er ontstaat bij enkele bedrijven meer afwisseling, maar ook meer druk, bij andere juist niet. Sommige productiemedewerkers voelen zich door de cobot in een keurslijf gedwongen, anderen zien juist hun vrijheid wat toenemen.

Met andere woorden, de effecten op de arbeidskwaliteit zijn afhankelijk van hoe de cobot wordt ingezet en hoe het werken ermee wordt ingericht. Indien het productieontwerp waarin de cobot wordt toegepast wordt gemaakt met oog voor de effecten op de arbeidsinhoud van medewerkers, dan kan dat leiden tot beter, minder zwaar, minder hectisch, afwisselender en meer autonoom werk. Dan krijgen we uitspraken van productiemedewerkers die deze positieve effecten ook laten zien. Wordt in het ontwerp van het productieproces daarentegen weinig rekening gehouden met de effecten op het werk van productiemedewerkers, dan ontstaan negatieve effecten en krijgen we antwoorden die dat weerspiegelen. Het ontwerp doet ertoe en daar komen we in onze aanbevelingen op terug.

Daarbij lijkt bij de bedrijven onder studie het situatiebewustzijn van productiemedewerkers, op twee gerapporteerde incidenten na, in orde. Productiemedewerkers zijn zich over het algemeen goed bewust van wat de machine doet en welke risico's er zijn. In beide incidenten stond de medewerker op de verkeerde plaatst en werd deze geraakt door de cobot: *“Toen stond ik zelf eigenlijk op de verkeerde plek ... en toen kreeg ik een robotarm tegen mijn schouder aan ... Ik had het zelf ook niet in de gaten. Ik was druk en bezig.”*

Op het gebied van gemakzucht als gevolg van te veel vertrouwen in de techniek is het beeld gemengd. Zo geven productiemedewerkers van drie maakbedrijven aan regelmatig de status van de cobot te controleren door langs de cobot te lopen of een blik richting de cobot te werpen vanaf de plaats waar dan gewerkt wordt. Van vaste monitortijden is nergens sprake. In twee maakbedrijven gaan productiemedewerkers echter soms aan het werk op andere plekken in de productie die zodanig ver van de cobot afliggen dat de cobot niet meer in het blikveld van de productiemedewerker valt; *“Soms ben ik gewoon in de fabriek, heb ik het gereedschap allemaal daar, dan komt ik er soms een paar uur niet in de ruimte van de cobot ben ... Dan hoop ik maar dat het goed gaat”*. Hij zou moeten kijken, maar meestal gaat het goed en dus waagt hij de gok.

4 Regelcapaciteit

Uit de interviews komt naar voren dat er tijdens de implementatie van de cobot op vijf manieren invloed uitgeoefend kan worden op de inrichting van de mens-cobot-samenwerking: 1) door te bepalen in welk productieproces de cobot komt te staan; 2) door de taken tussen mens en cobot te verdelen; 3) door de cobot te installeren en het programma te schrijven; 4) door cobot programma's aan te mogen passen; 5) door storingen op te lossen. We lich-

ten hieronder deze vijf regelmogelijkheden toe. Wat opvalt is dat, op enkele uitzonderingen na, vrijwel alle deze regelmogelijkheden belegd zijn bij productie-engineers en niet bij de productiemedewerkers.

1. In alle maakbedrijven bepaalden engineers, meestal samen met productiemanagement, *waar in de productie* de cobot kwam te staan, waarvoor diepgaande kennis over de werking van het productieproces en te hantieren productspecificaties nodig was.
2. In zestien maakbedrijven bepaalde de engineer *de taakverdeling* tussen productiemedewerker en cobot. De engineer verkende de technische mogelijkheden van de cobot en besliste, al dan niet met tussenkomst van de lijnmanager, hoe de taakverdeling eruit kwam te zien. In zeven van deze zestien maakbedrijven lieten engineers zich wel vrijblijvend informeren door productiemedewerkers. In acht andere maakbedrijven werden productiemedewerkers helemaal niet betrokken in de besluitvorming.
3. Het *installeren van de cobot en het schrijven van de cobotprogramma's* lag in veertien bedrijven uitsluitend bij de engineers. Die moesten over de vaardigheden beschikken om de cobot te koppelen aan randapparatuur en de beoogde samenwerking omzetten in de nodige programmatuur. In drie gevallen waren ook nog externe engineers (cobot-integrators) betrokken bij het schrijven van het cobotprogramma.
4. Zes van deze veertien maakbedrijven gaven tevens aan dat als er *wijzigingen aan het programma* aangebracht moesten worden, anders dan het eventueel invoeren van productafmetingen, alleen engineers daartoe bevoegd waren: *“Productiemedewerkers blijven van de programmatuur af”*.
5. ok het *oplossen van storingen* ligt grotendeels bij de engineers. Zo benadrukten vijf maakbedrijven dat alle storingen die niet opgelost konden worden door de medewerkers middels het uit- en aanzetten van de cobot en het herladen van het programma, opgelost moesten worden door engineers. Productiemedewerkers moesten hiervoor kunnen bepalen wanneer de cobot suboptimaal of onjuist functioneerde, de aan-uitknop kunnen bedienen en een voorgeprogrammeerd programma kunnen herstarten. Vier maakbedrijven gaven aan dat iedere vorm van foutoplossing door engineers uitgevoerd werd: *“Als je er geen verstand van hebt, afblijven, handjes ervan af”*.

Bij betrokkenheid gaat het om de vraag in hoeverre productiemedewerkers betrokken zijn bij de keuze voor en de implementatie van de cobot (dus hoe hij wordt ingezet). Dat blijkt in deze bedrijven nauwelijks het geval. Engineers beslissen, samen met management, over het type en het proces waarin de cobot wordt geïmplementeerd. In het beste geval (enkele bedrijven) worden productiemedewerkers gehoord en worden hun eventuele suggesties door engineers meegenomen in de besluitvorming. Wat opvalt is dat de betrokkenheid van de productiemedewerker in het ontwerpproces z'n weerslag lijkt te hebben op de beleefde arbeidskwaliteit. In vier maakbedrijven werden pro-

ductiemedewerkers niet betrokken in de besluitvorming. Zij rapporteerden verhoogde taakcomplexiteit, minder autonomie en meer fysieke belasting. In drie maakbedrijven waar productiemedewerkers wel werden geraadpleegd door engineers, werd het werk juist als prettiger en afwisselender en minder fysiek belastend ervaren. Ondanks dat dit in de lijn der verwachtingen ligt, merken we gelijk op dat dit onderzoek te verkennend is om ook maar enige vorm van causaliteit te veronderstellen.

5. Ondersteuning

Productiemedewerkers rapporteerden vier vormen van ervaren ondersteuning: 1) werksessie over de inzet van de cobot; 2) aanwezigheid van een engineer; 3) training; 4) aanwezigheid van een handboek op de werkplek. Hieronder gaan we dieper in op deze vier hulpbronnen. Tien maakbedrijven hebben twee of meer van deze hulpbronnen georganiseerd.

1. Zeven maakbedrijven organiseerden een werksessie voor de productiemedewerker waarin een engineer, lijnmanager of directielid uitleg kwam geven over de inzet van de cobot. Naast uitleg over het waarom achter de komst van de cobot werd uitgelegd hoe de cobot ingezet zou worden. De aanwezige productiemedewerkers werd vervolgens tijdens of na de sessie door engineers gevraagd op de plannen te reageren of alternatieven in te brengen.
2. Vijf maakbedrijven onderstreepten dat gedurende alle diensten een engineer aanwezig was. Productiemedewerkers konden de engineer inschakelen voor het beantwoorden van cobot-gerelateerde vragen of het oplossen van storingen.
3. Van acht maakbedrijven is bekend dat een deel van de productiemedewerkers op de werkplek getraind is door engineers. Van vier maakbedrijven is bekend dat zij hun engineers een training hebben laten volgen. Een lijnmanager zegt het volgende over deze vorm van kennisontwikkeling *“Eigenlijk vonden we deze manier niet zo effectief ... als ik kijk naar de inzet van de cobot zoals wij dat doen, dan is productiemedewerkers op dure cursus sturen niet effectief”*.
4. Tot slot hadden vijf maakbedrijven een handboek beschikbaar gesteld voor de productiemedewerkers die met de cobot werkten. Deze documenten waren opgesteld door engineers of aangeleverd door de cobot integrator of leverancier. In de handboeken werd stapsgewijs uitleg gegeven over: waar de productiemedewerker op moest letten, het juist klaarleggen van producten, het aan en uit zetten van de cobot, procedures voor het oplossen van storingen en het gebruik van het bedieningspaneel.

Bij ondersteuning gaat het om de vraag of productiemedewerkers voldoende worden geholpen om met de nieuwe techniek te (leren) werken. Daar lijkt bij alle bedrijven aandacht voor te zijn, er worden verschillende vormen van hulp georganiseerd. Maar ieder bedrijf doet het wel op zijn eigen wijze en

niet een bedrijf lijkt dit zeer gestructureerd aan te pakken. Nemen we alle bedrijven samen, dan komen alle ondersteuningsmogelijkheden aan bod, maar nergens zien we dat alle mogelijkheden gelijktijdig worden benut.

6. Rol van HR-professionals

Tenslotte de betrokkenheid van HR-professionals bij de inrichting van de mens-cobot-samenwerking in de bedrijven onder studie. Daar kunnen we kort over zijn: HR is niet betrokken. In geen enkel interview wordt de betrokkenheid van HR genoemd. Integendeel, er blijkt expliciet geen behoefte aan betrokkenheid van HR-professionals, zo blijkt uit verschillende uitspraken van managers en engineers:

“Nee, dat doen we gewoon zelf. We hebben zelf de training uitgezocht en ingekocht.”

“Nee, HR is echt personeelsgericht. Hier had een technische afdeling bij betrokken moeten worden.”

“Ik heb ze niet gemist. ... Ik denk dat op ons niveau ook goed genoeg was nagedacht over HR.”

“Ik denk dat het niet veel toegevoegde waarde heeft ... Kijk, je praat hier eigenlijk over iets totaal technisch ... Wij hebben nogal een hele menselijke benadering.”

Conclusies

In deze studie is eerste verkenning uitgevoerd naar de inzet en implementatie van cobots in de Nederlandse maakindustrie. In deze verkenning stond de volgende vraag centraal: hoe ziet mens-cobot-samenwerking in de Nederlandse maakindustrie eruit en hoe is deze tot stand gebracht? Onze studie leidt tot een drietal conclusies:

1 *Weinig samenwerking tussen mens en cobot*

Cobots kunnen van grote toegevoegde waarde zijn voor de flexibiliseringsambitie van de Nederlandse maakindustrie, juist omdat zij fysieke interactie tussen mens en techniek mogelijk maken. Ons onderzoek toont dat van een dergelijke intensieve samenwerking tussen mens en cobot echter nog weinig sprake is. In een aantal gevallen werden de cobots als kleine industriële robots ingezet en werkten hun programma zelfstandig af. Daar kwam geen mens aan te pas. In een aantal gevallen was er wel een beperkte (sequentiële) samenwerking tussen mens en cobot. Cobots werden ingezet voor de bewerking van grote series en hoefden maar beperkt omgesteld te worden. De rol van de productiemedewerker werd daarbij gereduceerd tot ‘insteller’, ‘belader’ en ‘verhelpster van storingen’. Productiemedewerkers werden daarbij door de ‘behoefte’ van de cobot aangestuurd en gedwongen deze op tijd, volgens specificatie en ‘op zijn wenken’ (met stoplicht, piepjes of alarmen) te bedienen.

Dergelijke – weinig interdependente – mens-cobot-samenwerking is niet uitzonderlijk en wordt bijvoorbeeld ook veelvuldig in Duitsland teruggevonden (Bauer, 2016). Het biedt de onderzochte maakbedrijven ook een belangrijk voordeel. Door de cobot simpel routinewerk te laten doen wordt niet alleen de productiviteit van productiemedewerkers verhoogd. Er ontstaan ook kansen om productiemedewerkers complexere en vaak wisselende taken te laten uitvoeren. Zo kunnen bedrijven de productie van kleinere maatwerkseries mogelijk maken. Kortom, door cobots als mini robots in te zetten creëren maakbedrijven ‘ruimte’ om meer en flexibeler te produceren. Dat pakt wisselend uit. Afhankelijk van de keuzes die door management en vooral door productie-ingenieurs worden gemaakt, wordt het uitvoerende werk beter, want afwisselender en wat uitdagender, of slechter, want minder autonoom, onoverzichtelijk en hectisch.

Maar de echte potentie van de cobot wordt nog nergens benut. Dat is de mogelijkheid van directe, wederzijds afgestemde samenwerking, waarin mens en cobot elkaar over en weer helpen tijdens de productie van kleine series of enkel stuks producten. Een productie-eenheid bestaande uit mens en machine, die volstrekt zelfstandig complexe- en steeds wisselende producten kan voortbrengen, tegen massaproductie kosten en met hoge precisie en kwaliteit. Zo ver zijn we blijkens dit onderzoek nog lang niet, maar die oplossing lonkt wel. Het is technisch haalbaar met deze nieuwe machines. Het zou de arbeidskwaliteit van mensen minstens op peil houden. Het verhoogt flexibiliteit, vergroot productiemogelijkheden en productkwaliteit. En gegeven de verwachte grote personeelstekorten in de techniek biedt het zowel een uitweg voor de Nederlandse maakindustrie als een kans om de flexibele productie tegen lage kosten die de markt vraagt, te realiseren.

2 De medewerker is nog steeds het sluitstuk van de techniek

De keuze van bedrijven om cobots als mini robots in te zetten is begrijpelijk gegeven de stand van de kennis en context waarin ze ingezet worden: veelal plekken waar grote aantallen soortgelijke producten voorbijkomen. Engineers onderzoeken wat de techniek kan en bedenken een mogelijke toepassing in de staande productie, die dan maar eens wordt geprobeerd. In het optimaliseren van die inzet is de aandacht voor de taken van productiemedewerkers rond deze systemen minimaal. Natuurlijk worden zij geïnformeerd, zeker ook geïnstrueerd en waar nodig bij storingen ondersteund, maar veel verder gaat het (nog) niet. Kortom, de engineer bedenkt, bouwt en perfectioneert de mens-cobot-samenwerking en de productiemedewerker voert deze uit.

Dit heeft in alle gevallen geleid tot een beperkte inzet met niet bewust ontworpen, maar eerder ‘resterende’ taken voor productiemedewerkers. De techniek stelt eisen om te kunnen functioneren en mensen worden ingezet om die randvoorwaarden te vervullen. Het leidt tot werk dat eenvoudiger, soms wat complexer, soms jachtiger en soms rustiger wordt, maar werk dat productiemedewerkers ‘overkomt’. Mogelijkheden om hun taken aan te pas-

sen, de taken anders te verdelen of het samenwerken met de cobot anders in te richten hebben deze productiemedewerkers niet. Van regelcapaciteit is dus geen sprake.

Hier zit het zorgpunt en ook de uitdaging voor onze HR-professie. De inzet van cobots lijkt veel op hoe eerdere automatisering zich telkens heeft ontrold, zoals in de automobiellindustrie (Heßler, 2008) en logistiek (Berkers et al., 2020), met de mens in eerste instantie als sluitstuk van de techniek. Dit is de restarbeid waar Engbersen, Kremer, Went en Boot (2020) en Commissie Borstlap (Commissie Regulering van Werk, 2020) in hun rapporten voor waarschuwden. De geschiedenis leert ons dat productiemedewerkers dit type arbeid niet volhouden (Trist et al., 1951; Karasek, 1979; Parker, Andrei & Van den Broeck, 2019), productiesystemen stagneren en een meer mensgerichte techniek implementatie nodig is. Dat is de basis onder - en aanleiding voor - de human relations benadering (Roethlisberger & Dickson, 1939) en daarna de sociotechniek- (De Sitter et al., 1997), job design- (Morgeson et al., 2006) en nu de workplace innovation benaderingen (Oeij et al., 2017) geweest.

3 Er is werk aan de winkel voor HR-professionals

Dat kan ook anders. Laten we de bovenstaande kennis serieus nemen en van engineers en productiemanagers vragen productiesystemen te ontwerpen met deze nieuwe techniek, die van meet af aan rekening houden met de kwaliteiten en werkvoorkeuren van productiemedewerkers. Dat betekent productiesystemen met wederzijdse samenwerking tussen mens en techniek, maar waarbij de mens uiteindelijk de baas is en de techniek het gereedschap. Het betekent ook dat productiemedewerkers meedenken en meebeslissen over de implementatie en daarvoor ook opgeleid en ondersteund worden, dat ze met andere woorden voldoende regelcapaciteit krijgen. Ook nádat de mens-cobot-unit draait, zodat er aandacht blijft voor de verdeling van taken tussen productiemedewerkers en cobots en ruimte om afwisseling, autonomie en verantwoordelijkheid te realiseren. Gelukkig zijn dat ook productiesystemen die robuust zijn, heel flexibel en die betere productiviteit opleveren.

De ontwikkeling is te belangrijk om volledig aan productiemanagers en engineers over te laten. HR heeft de kennis in huis om de huidige ontwikkeling om te buigen. Het is dan ook zorgelijk dat HR in onze studie niet alleen buitenspel staat, maar zelfs een beetje buitenspel wordt gezet, getuige de uitspraken van betrokkenen. Dat vraagt per direct om actie. In de aanbevelingen-sectie adviseren wij HR-professionals hoe zij kunnen bijdragen aan mens-machine-samenwerking die medewerkers kunnen en willen volhouden.

Beperkingen

We benadrukken dat dit een verkennende studie is met een eerste inkijkje in de inzet van cobots in de maakindustrie. De cobots waren minimaal een maand ingezet in de productie, maar nooit langer dan enkele maanden. Lange termijneffecten van de mens-cobot-samenwerking op de kwaliteit van

arbeid konden we daardoor niet onderzoeken. Bovendien waren de maakbedrijven nog volop bezig met het optimaliseren van de mens-cobot-samenwerking. In een volgende studie zullen we de mens-cobot-opstellingen gedurende een langere tijd volgen om meer inzicht te geven in kwaliteit en effecten van de mens-cobot-samenwerking.

Aanbevelingen

Deze studie leidt tot vijf aanbevelingen voor HR-professionals om bij te dragen aan een mens-technieksamenwerking die medewerkers kunnen en willen volhouden. Maar we beginnen met een belangrijke oproep aan HR-professionals: verdiep je in techniek. Verken wat die techniek, zoals cobots, in het productieproces van je bedrijf zou kunnen betekenen. Ga met productiemangers, engineers en productiemedewerkers in gesprek. Doe mee met de plannen en breng je expertise in. Waarom je mee moet doen is duidelijk: robuuste, geautomatiseerde en flexibele productie is alleen mogelijk als mensen het kunnen, willen én volhouden. Hoe? Door met de volgende vijf aanbevelingen aan de slag te gaan.

1. Bemoei je – zo vroegtijdig mogelijk - met techniek-implementatie

Voorkom dat de mens een sluitstuk wordt van de machine, en kom zo vroeg mogelijk aan tafel bij de implementatie van nieuwe machines. Rekening houdend met het doel waarmee de techniek is aangeschaft, zal je met de betrokkenen de unieke kwaliteiten van medewerker en techniek boven tafel moeten krijgen. Ook moet duidelijk zijn op welke punten de arbeidskwaliteit wordt beïnvloed en de benodigde skills van medewerkers veranderen. Betrek medewerkers bij de (her)inrichting van de mens-technieksamenwerking. Breng je kennis op het gebied van werkinrichting in om samen te komen tot banen en een mens-technieksamenwerking die medewerkers kunnen en willen volhouden. Kortom, zorg dat er vroegtijdig een multidisciplinaire groep wordt ingericht met kennis vanuit engineering, productie, HR en procesoptimalisatie.

2. Weet wat er speelt in het primaire proces en doe mee

De kenmerken van het primaire proces zijn het vertrekpunt voor het ontwerpproces van een effectieve mens-technieksamenwerking. Om van toegevoegde waarde te zijn moet je als HR-professional dus op de hoogte zijn van wat zich op de werkvloer afspeelt. Wat wordt er gemaakt? Hoe wordt het stap-voor-stap gemaakt? In welke seriegrootte? Hoe vaak moet er omgesteld worden? Hoe goed wordt er geproduceerd; waar liggen kansen voor meer efficiency en betrouwbaarheid? Naast deze meer taakhoudelijke inzichten is het ook belangrijk dat je zicht hebt op de vaardigheden die nodig zijn om het huidig productiewerk uit te voeren. Een kwestie van meekijken, bij voorkeur meedoen, en op laagdrempelige en geïnteresseerde manier in gesprek gaan productiemedewerkers over de inhoud van hun werk. Ons onderzoek toont de aandachtspunten waarop je in ieder geval zou moeten letten: de regelcapaciteit die mensen hebben om bij te dragen aan de inrichting van de mens-technieksamenwerking, de (verwachte) invloed op afwisseling, complexiteit en de fysieke belasting.

3. Ken de mogelijkheden en beperkingen van techniek

Naast de inrichting van het primaire proces is het zaak dat je kennisneemt van de te implementeren techniek. De inrichting van de mens-technieksamenwerking wordt immers sterk bepaald door stand van die techniek. Dat de HR-professional zich ook op het technisch domein moet begeven is bekend (Ulrich, Ulrich, Kryscynski & Slade, 2016; Technology and Media Integrator). Maar tot dusver hebben de meeste collega's zich enkel op techniek binnen de eigen afdeling hoeven te focussen. Verbreed dit kader en verdiep je ook in techniek op productieniveau. Verdiep je in gebruikerservaringen, ga in gesprek met productiemangers en engineers of ga misschien eens op bezoek bij externe partijen die de techniek leveren. Dat verruimt de blik. Zo krijg je een idee van wat er kan en wat daarvoor nodig is.

4. Organiseer ondersteuning en regelruimte: betrek medewerkers

Organiseer passende ondersteuning voor engineers en leidinggevenden. Engineers, maar zeker leidinggevenden, zullen op hoogte zijn van de vaardigheden waarover de medewerkers beschikken voorafgaand aan de techniekimplementatie. Zorg dat zij de medewerkers niet overvallen met techniek, maar vroegtijdig informeren over en ook betrekken bij de implementatie van de nieuwe techniek. Bied ook on-the-job ontwikkelingsprogramma's voor medewerkers om te leren werken met de nieuwe techniek. Bijvoorbeeld door hen stap voor stap kennis te laten maken met de nieuwe techniek in een afgezonderde productie-eenheid. Dat voorkomt onzekerheid en weerstand rond de nieuwe techniek.

5. Monitor de ontwikkeling van de mens-technieksamenwerking

Tot slot is het belangrijk dat de HR-professional de mens-technieksamenwerking door de tijd heen bewaakt. In het begin intensief, om de ervaren effecten op arbeidskwaliteit goed in de gaten te houden, maar ook langdurig om te zien of de samenwerking tussen mens en techniek langdurig wordt volgehouden. Ook zal data over het aantal techniekgerelateerde incidenten en de prestaties verzameld moeten worden. Verslechterende arbeidskwaliteit, meer incidenten en teruglopende prestaties zijn indicaties dat de voortgang van de mens-technieksamenwerking slecht loopt (Gouraud et al, 2017). Indien nodig zal samen met de medewerkers gezocht moeten worden naar een passend herontwerp.

SUMMARY

Dutch industrial manufacturers are confronted with a new and promising industrial robot: the collaborative robot (cobot). These small robotic arms are revolutionary as they allow direct and safe interaction with production workers for the very first time. The direct interaction between production worker and cobot has the potential to not only increase efficiency, but also enhance flexibility as it can align the strengths of (wo)man and machine more thoroughly. Currently, Dutch manufacturers are experimenting with cobots. To obtain a first understanding about the use of cobots in Dutch industrial practice and to see what the consequences are for production workers and production work, we conducted an exploratory interview study (N=61). We learnt that most cobots under study are used for the production of one or a few large product batches (mass production) and work highly autonomous. The interaction between cobot and production worker is limited and reduced to production workers preventing the cobot from falling into a standstill. The results tend to be in line with traditional industrial automation practices: an overemphasis on leveraging the technology's potential and limited attention for the production workers' work design and decision latitude. HR professionals were not involved and, therefore, miss out on a crucial opportunity to be of an added value.

Literatuur

- Aheleroff, S., Philip, R., Zhong, R. Y., & Xu, X. (2019). The degree of mass personalisation under Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 81, 1394-1399.
- Annett, J. (2003). Hierarchical task analysis. *Handbook of cognitive task design*, 2, 17-35.
- Ashby, W. R. (1965). Measuring the internal informational exchange in a system. *Cybernetica*, 8(1), 5-22.
- Bauer, W., Bender, M., Braun, M., Rally, P., & Scholtz, O. (2016). Lightweight robots in manual assembly—best to start simply. Examining companies' initial experiences with lightweight robots. *Fraunhofer IAO: Stuttgart*.
- Benders, J., Dhondt, S., & Van Hootegem, G. (2015). Gereedschap is belangrijk, maar wat doe je ermee?; *Techniek, functie-ontwerp en het niveau van toekomstige banen*. *Tijdschrift voor Arbeidsvraagstukken*, 31(2), 142-146.
- Berberian, B., Somon, B., Sahai, A., & Gouraud, J. (2017). The out-of-the-loop Brain: a neuroergonomic approach of the human automation interaction. *Annual Reviews in Control*, 44, 303-315.

- Berkers, H. A., Smids, J., Nyholm, S. R., & Le Blanc, P. M. (2020). Robotisering en betekenisvol werk in distributiecentra: Bedreigingen en kansen. *Gedrag en Organisatie*, 33(4), 324-347.
- Blackhurst, J. L., Gresham, J. S., & Stone, M. O. (2011). The autonomy paradox. *Armed Forces Journal*, 20-24.
- Bradshaw, J. M., Jung, H., Kulkarni, S., Johnson, M., Feltovich, P., Allen, J., ... & Uszok, A. (2005, July). Kaa: policy-based explorations of a richer model for adjustable autonomy. In *Proceedings of the fourth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems* (pp. 214-221).
- Calitz, A.P., Poisat, P., & Cullen, M. (2017). The future African workplace: The use of collaborative robots in manufacturing. *SA Journal of Human Resource Management/SA Tydskrif vir Menslikehulpbronbestuur*, 15(0), a901.
- Commissie Reguleren van Werk. (2020). In wat voor land willen wij werken? Naar een nieuw ontwerp voor de regulering van werk. Eindrapport van de Commissie Regulering van werk. 23 januari 2020.
- Cordero, R. (1999). Developing the knowledge and skills of R&D professionals to achieve process outcomes in cross-functional teams. *The journal of high technology management research*, 10(1), 61-78.
- Corporaal, S., Vos, M., van Riemsdijk, M., & de Vries, S. (2018). Werken in de nieuwe industriële revolutie Verwachtingen van werkgevers in de techniek over de werknemer van de toekomst. *Tijdschrift voor HRM*, 21(2), 20-44.
- De Sitter, L.U., Den Hertog, J.F., Dankbaar, B. (1997). From complex organizations with simple jobs to simple organizations with complex jobs. *Human Relations*, 50(5), 497-534.
- De Winter, J. C. F., & Hancock, P. A. (2015). Reflections on the 1951 Fitts list: Do humans believe now that machines surpass them? *Procedia Manufacturing*, 3, 5334-5341.
- De Winter, J. C., & Dodou, D. (2014). Why the Fitts list has persisted throughout the history of function allocation. *Cognition, Technology & Work*, 16(1), 1-11.
- Endsley, M. R. (1996). Automation and situation awareness. *Automation and human performance: Theory and applications*, 20, 163-181.
- Engbersen, G.B.M., Kremer, M., Went, R.C.P.M., & Boot, A.W.A. (2020). Het betere werk. De nieuwe maatschappelijke opdracht. Den Haag: WRR.

- Europese Commissie. (2019). Analysis of shortage and surplus occupations based on national and Eurostat Labour Force Survey data: Shortages and surpluses 2019.
- Feigh, K. M., & Pritchett, A. R. (2014). Requirements for effective function allocation: A critical review. *Journal of cognitive engineering and decision making*, 8(1), 23-32.
- Feltovich, P. J., Bradshaw, J. M., Clancey, W. J., Johnson, M., & Bunch, L. (2007). Progress appraisal as a challenging element of coordination in human and machine joint activity. In *International Workshop on Engineering Societies in the Agents World* (pp. 124-141). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Fereday, J., & Muir-Cochrane, E. (2006). Demonstrating rigor using thematic analysis: A hybrid approach of inductive and deductive coding and theme development. *International journal of qualitative methods*, 5(1), 80-92.
- Fitts, P. M. (1951). Human engineering for an effective air-navigation and traffic-control system.
- FME. (2020). COVID-19 Rapport: Enquête 24-29 april 2020.
- Fong, T., Thorpe, C., & Baur, C. (2001). Collaborative control: A robot-centric model for vehicle teleoperation (Vol. 1). Pittsburgh: Carnegie Mellon University, The Robotics Institute.
- Fruytier, B.G.M. (1994). Organisatieverandering en het probleem van de Baron van Münchhausen: een systeemtheoretische analyse van de overgang van het Tayloristisch Productie Concept naar het Nieuwe Productie Concept. Delft: Eburon.
- Gouraud, J., Delorme, A., & Berberian, B. (2017). Autopilot, mind wandering, and the out of the loop performance problem. *Frontiers in neuroscience*, 11, 541.
- Hearst, M. A., Allen, J., Guinn, C., & Horvitz, E. (1999). Mixed-initiative interaction: Trends and controversies. *IEEE Intelligent Systems*, 14(5), 14-23.
- Heßler, M. (2014). Die Halle 54 bei Volkswagen und die Grenzen der Automatisierung. Überlegungen zum Mensch-Maschine-Verhältnis in der industriellen Produktion der 1980er-Jahre.
- Humphrey, S.E., Nahrgang, J.D., & Morgeson, F.P. (2007). Integrating motivational, social, and contextual work design features: A meta-analytic summary and theoretical extension of the work design literature. *Journal of Applied Psychology*, 92(5), 1332-1356.
- Johnson, M. (2014). Designing Support for Interdependence in Human-Robot Teamwork. Technische Universiteit Delft (Dissertatie).

- Kaber, D. B., & Riley, J. M. (1999). Adaptive automation of a dynamic control task based on secondary task workload measurement. *International journal of cognitive ergonomics*, 3(3), 169-187.
- Karasek Jr, R. A. (1979). Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job redesign. *Administrative science quarterly*, 285-308.
- Kuipers, H., van Amelsvoort, P., Kramer, E. H., & Leuven, A. (2010). *Het nieuwe organiseren*. Leuven: Acco.
- Libert, K., Mosconi, E., & Cadieux, N. (2020). Human-Machine Interaction and Human Resource Management Perspective for Collaborative Robotics Implementation and Adoption. In *Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Merritt, S. M., Ako-Brew, A., Bryant, W. J., Staley, A., McKenna, M., Leone, A., & Shirase, L. (2019). Automation-induced complacency potential: Development and validation of a new scale. *Frontiers in psychology*, 10, 225.
- Roethlisberger, F., & Dickson, W. (1939). *Management and the worker*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Morgeson, F. P., & Humphrey, S. E. (2006). The Work Design Questionnaire (WDQ): developing and validating a comprehensive measure for assessing job design and the nature of work. *Journal of applied psychology*, 91(6), 1321.
- Murphy, R. R., Casper, J., Micire, M., & Hyams, J. (2000). Mixed-initiative control of multiple heterogeneous robots for urban search and rescue. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*.
- Oeij, P., Rus, D., & Pot, F. (2017). *Workplace Innovation: Theory, Research and Practice*. Springer International Publishing AG.
- Parasuraman, R., & Manzey, D. H. (2010). Complacency and bias in human use of automation: An attentional integration. *Human factors*, 52(3), 381-410.
- Parker, S. K., Morgeson, F. P., & Johns, G. (2017). One hundred years of work design research: Looking back and looking forward. *Journal of applied psychology*, 102(3), 403-420.
- Parker, S.K., Andrei, D.M., & Van den Broeck. (2019). A. Poor Work Design Begets Poor Work Design: Capacity and Willingness Antecedents of Individual Work Design Behaviours. *Journal of Applied Psychology*, 104(7), 907-928.

- Reichenbach, J. (2015). Human Performance Consequences of Automated Decision Aids: The Impact of Degree of Automation, System Experience, and Operator Functional State (Dissertation).
- ROA. (2019). De arbeidsmarkt naar opleiding en beroep tot 2024.
- Sheridan, T. B., & Verplank, W. L. (1978). Human and computer control of undersea teleoperators. Massachusetts Inst of Tech Cambridge Man-Machine Systems Lab.
- Smart Industry. (2014). Smart Industry: Dutch Industry Fit for the Future.
- Smart Industry. (2018). Smart Industry Implementation Agenda 2018-2020: Dutch Industry Fit for the Future.
- Smids, J., Nyholm, S., & Berkers, H. (2020). Robots in the Workplace: a Threat to—or Opportunity for—Meaningful Work?. *Philosophy & Technology*, 33(3), 503-522.
- Thompson, J. D. (1967). *Organizations in action: Social science bases of administrative theory*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Trist, E. L., & Bamforth, K. W. (1951). Some social and psychological consequences of the longwall method of coal-getting: An examination of the psychological situation and defences of a work group in relation to the social structure and technological content of the work system. *Human relations*, 4(1), 3-38.
- Ulrich D.W., Ulrich, M., Kryscynski, D., & Slade, J. (2016). The 2016 HR Competency Model. Human Resource Competency Conference 2016.
- UWV. (2020). UWV barometer arbeidsmarkt industrie (augustus 2020).
- Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B., & Davis, F.D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS quarterly*, 157-178.
- Wang, X. V., Kemény, Z., Váncza, J., & Wang, L. (2017). Human–robot collaborative assembly in cyber-physical production: Classification framework and implementation. *CIRP annals*, 66(1), 5-8.