

De robot-arm als collega: aan de slag met mensgerichte technologie implementatie

Milan Wolffgramm, Stephan Corporaal en Maarten van Riemsdijk

Trefwoorden: mens-technologie samenwerking, joint optimisation, kwaliteit van arbeid

Nieuwe collega's betreden de werkvloer: collaboratieve robots (cobots). Deze robotarmen kunnen de productiviteit van medewerkers en de flexibiliteit van het productieproces vergroten. Zij zijn een welkome oplossing voor de aanhoudende personeelstekorten in de industrie en de toenemende vraag naar maatwerk producten. Wij verkenden hoe cobots in de Nederlandse maakindustrie worden ingezet en wat dat betekent voor operators in die bedrijven. We zien dat er wordt geëxperimenteerd, dat de techniek domineert en er weinig oog is voor arbeidskwaliteit. HR speelt nauwelijks een rol en laat een belangrijke kans liggen.

Inleiding

Ondanks een enorme impact van Covid19 zijn en blijven er structurele tekorten aan technici (ROA, 2019; UWV, 2020). Daarom is er een urgente behoefte om de productiviteit van (potentiële) medewerkers te verhogen met slimme technologie (FME, 2020; WRR, 2020). Bovendien eisen klanten steeds meer producten en diensten op maat. Daarvoor is vergaande flexibilisering van het productieproces noodzakelijk. Investeren in slimme technologie is een voorwaarde om rendabel en levensvatbaar te blijven.

Een veelbelovende technologie is de collaboratieve robot (robotarm of cobot). Cobots zijn fundamenteel anders dan de industriële robots die sinds de jaren 60 gebruikt worden: er is directe fysieke interactie tussen cobot en medewerker, ze zijn goedkoper en gemakkelijker te programmeren en te bedienen (Calitz, Poisat & Cullen, 2017). Een cobot heeft de potentie om de productiviteit en flexibiliteit van productiesystemen te verhogen als de kwaliteiten van de machine (zoals betrouwbaarheid, snelheid) en de kwaliteiten van de operator (zoals flexibiliteit en snel kunnen omschakelen) elkaar wederzijds versterken (Johnson, 2014).

Tot nu toe zijn cobots nog erg nieuw en daarom het terrein van technici. Technici zijn vooral gefocust op zo optimaal mogelijk gebruik maken van technische kwaliteiten (Libert, Cadieux & Mosconi, 2020). Dat is begrijpelijk, maar om optimaal gebruik te maken van deze nieuwe techniek is vooral de samenwerking met medewerkers cruciaal. Het is bekend dat 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 et al., 2019). Het werk wordt dan zodanig slecht dat medewerkers het niet volhouden en allerlei prestatie-, motivatie- en gezondheidsproblemen ontstaan. Het wordt daarom tijd dat naast ingenieurs ook HR-professionals een stevige positie in het technologie-implementatie proces innemen door relevante expertise op het gebied van mens en arbeid in te brengen.

In dit artikel verkennen we de kansen en tekortkomingen van huidige mens-cobot samenwerkingen in de maakindustrie in termen van (1) taakverdeling tussen mens en cobot, (2) benodigde vaardigheden (3) kwaliteit van arbeid, en (4) regelcapaciteit en ondersteuning. De lessen daaruit vertalen we naar conclusies en aanbevelingen voor een bijdrage van HR aan een meer mensgerichte technologie-implementatie die medewerkers aan *willen* gaan, aan *kunnen* gaan en kunnen *volhouden*. We presenteren eerst een theoretisch raamwerk, daarna onze methode voor dit verkennende onderzoek, de resultaten, onze conclusies en de aanbevelingen die we de HR gemeenschap zouden willen doen.

Effectieve mens-technologie samenwerking

Intensieve samenwerking tussen medewerker en technologie

Dat medewerker en machine elk over unieke kwaliteiten beschikken is al tijden bekend. 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-beter-at’ (MABA-MABA) vergelijking, houdt deze in de basis nog steeds stand, ook voor de nieuwe cobot-technologie (De Winter & Dodou, 2014; De Winter & Hancock, 2015).

Zo blijken cobots geschikter om producten op een uiterst precieze en constante manier te bewerken, raken ze niet uitgeput en leveren ze constante kwaliteit. Cobots kunnen echter niet omgaan met producten, fouten en andere afwijkingen waar ze niet voor geprogrammeerd zijn (Wang, Kemédy, Váncza & Wang, 2017). Dit is met name problematisch in productiesystemen die gekenmerkt worden door veel verandering en flexibiliteit. In zulke systemen moet een sterk beroep gedaan worden op de menselijke kwaliteiten van de medewerker. De medewerker moet de cobot kunnen instellen op nieuwe producten, ingrijpen bij storingen, moeilijk te programmeren handelingen zelf uitvoeren en inspelen op verandering in de omgeving. Belangrijke uitdaging voor robuustheid en flexibiliteit is dus het optimaal afstemmen van kwaliteiten van medewerker en cobot.

Volgens Johnson (2014) bepaalt de intensiteit van de samenwerking tussen medewerker en cobot de robuustheid van de eenheid. Hij noemt dit *wederzijdse interdependentie*. Die is afhankelijk van “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). In zijn proefschrift laat hij aan de hand van verschillende casestudies zien dat naarmate medewerker en cobot meer wederzijds interdependent met elkaar samenwerken, zij meer profiteren van elkaars kwaliteiten en beter in staat zijn om met veranderingen in de omgeving om te gaan en dat is cruciaal in een veranderlijk productiesysteem.

Johnson (2014) voegt daaraan toe dat de interdependentie tussen medewerker en cobot voor een belangrijk deel door de vaardigheden van de medewerker wordt bepaald. Er zijn drie voorwaarden voor goede wederzijdse taakafstemming. Ten eerste, er moet sprake zijn van

waarneembaarheid. De medewerker moet signalen van de cobot kunnen waarnemen, interpreteren en van een adequate respons voorzien. Daarnaast moet de medewerker door de cobot waargenomen kunnen worden (e.g., via sensoren). Ten tweede, er moet sprake zijn van voorspelbaarheid. De medewerker moet in staat zijn het gedrag van de cobot te voorspellen en moet zich daarnaast voorspelbaar gedragen richting de cobot, bijvoorbeeld door producten op de juiste manier aan te bieden. Ten derde, er moet sprake zijn van wederzijdse bestuurbaarheid. De medewerker moet over de juiste controlemiddelen beschikken om de uitvoer van de cobot te kunnen beïnvloeden. Daarnaast moet hij, tot op zekere hoogte, aangestuurd worden door de cobot (e.g., via signalen). De benodigde vaardigheden op het gebied van waarnemen, voorspellen en besturen hangen af van de beoogde interdependentie, aldus Johnson (2014). De medewerker zal ondersteund moeten worden als zijn huidige vaardigheden ontoereikend zijn.

Een duurzame samenwerking tussen mens en technologie

Het is belangrijk dat medewerkers de samenwerking met de cobot aan willen gaan, aan kunnen gaan en langdurig volhouden. Daarvoor is werkplezier vereist, maar ook motivatie, acceptatie van de technologie en niet te vergeten veiligheid en gezondheid tijdens het werk.

De belangrijkste arbeidskwaliteitseisen worden in de *work design* traditie (Parker, Morgeson & Johns, 2017 en de organisatiepsychologie (met name Karasek, 1979 en recent Bakker & Demerouti, 2007) al decennia onderzocht. Mensen presteren beter, zijn productiever en vertonen minder verzuim en gezondheidsklachten bij werk met voldoende taak-variatie, -complexiteit, en -identiteit en veel autonomie en feedback uit het werk. De fysieke belasting moet verantwoord zijn. De gevolgen van arbeid die niet aan deze kwaliteitseisen voldoet zijn bekend: verminderde prestaties en meer verzuim, stress en ontevredenheid (Humphrey, Nahrgang & Morgeson, 2007). Hoe dergelijke goede banen ontworpen moeten worden kunnen we leren van de moderne sociotechniek.

De moderne sociotechniek (De Sitter, Den Hertog & Dankbaar, 1997) is een ontwerpbenadering voor productieprocessen met als uitgangspunt *wederzijdse* optimalisatie van het technische- en sociale systeem (joint optimization). Samenwerken met techniek lukt alleen als de medewerker zelf zijn werk kan inrichten, zo bleek al in de Engelse kolenmijnen (Trist & Bamforth, 1951). Later wordt daar vanuit het systeemdenken (Ashby's 'law of requisite variety', Ashby, 1965) aan toegevoegd dat in dynamische en complexe omgevingen de hoeveelheid beslissingsmacht op operationeel niveau de robuustheid van het systeem bepaalt. Goed productieontwerp vereist volgens deze twee benaderingen daarom een forse regelcapaciteit op medewerker niveau; niet helemaal voorgeschreven taakroutines, maar minimale voorschriften en zowel de mogelijkheden als het vermogen om het ontwerp van het eigen werk (mede) vorm te geven. Het is niet vanzelfsprekend dat iedereen met de beschikbare regelcapaciteit kan omgaan (Fruytier, 1994). Daarvoor hebben medewerkers ook noodzakelijke hulpbronnen nodig, zoals door de organisatie beschikbaar gestelde ondersteuning, leermogelijkheden, kennisbronnen, systematiek en op te roepen assistentie.

Dat alles blijkt tevens voorwaardelijk voor de acceptatie van technologie (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT): Venkatesh et al., 2003; Liu et al., 2019) en wordt onderschreven in meer moderne benaderingen, zoals in het Europese Workplace Innovation project (Oeij et al, 2017). Pas als medewerkers veel invloed hebben op de inrichting van hun werktaken, in ons geval dus op de verdeling van taken tussen de cobot en henzelf,

ontstaan productieprocessen met goede afstemming tussen het technische en het sociale systeem die kwalitatief goede arbeid opleveren.

Een suboptimale taakverdeling tussen medewerker en cobot werkt ook operator-out-of-the-loop problemen in de hand. Die ontstaan als de techniek een te prominente rol in de samenwerking inneemt en de medewerker daardoor vooral bezig is met monitoren (Berberian, Somon, Sahaï & Gouraud, 2017). Operator-out-of-the-loop problemen leiden tot verminderd situatiebewustzijn van de medewerker (Jones & Endsley, 1996, p. 507). Bovendien neemt in sterk geautomatiseerde systemen de gemakszucht (*complacency*) van medewerkers toe door overmatig vertrouwen op de techniek (Gouraud, Delorme & Berberian, 2017). Beiden gaan gepaard met een vertraagd reactievermogen, langere hersteltijden bij storingen, meer fouten en een grotere kans op ongelukken (Reichenbach, 2015).

Bovenstaande gecombineerde kennis uit production engineering, job design, sociotechniek, en technologie-acceptatie onderzoek, biedt inzicht in de voorwaarden die van belang zijn voor het inrichten van een effectieve samenwerking tussen mens en technologie: (1) een wederzijds interdependente taakverdeling tussen mens en technologie; dan gaat het over een adequate taakverdeling tussen machine en medewerker (2) waarnemen, voorspellen en besturen van de technologie, dus de mate waarin de medewerker goed kan zien wat de machine doet, goed kan voorspellen wat er gaat gebeuren en goed kan ingrijpen in het handelen van de machine. (3) werk met voldoende autonomie, afwisseling en complexiteit (4) voldoende regelcapaciteit, dus de ruimte, de kennis en de hulpbronnen om het werk zelf aan te passen. Met deze kenmerken verkennen we in dit onderzoek de kansen en tekortkomingen van de huidige mens-cobot samenwerking in de maakindustrie.

Methode van onderzoek

Met 60 semigestructureerde interviews in 21 maakbedrijven is de huidige mens-cobot samenwerking verkend. 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. Het ging daarom nadrukkelijk om een eerste kennismaking met deze nieuwe techniek en om een fase van experimenteren 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.

Tabel 1: karakteristieken participerende maakbedrijven

	Totaal <i>N</i> =25 ⁽⁵⁾		Interviewstudie 1 <i>N</i> =17		Interviewstudie 2 <i>N</i> =8 ⁽⁵⁾	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Bedrijfsgrootte						
MKB (≤ 250 mw.)	15	60	10	59	5	63
Groot (> 250 mw.)	10	40	7	41	3	37

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 (ingenieurs) en uitvoerend medewerkers (operators). In totaal hebben er 61 respondenten aan de studies deelgenomen; 59 ervan zijn individueel geïnterviewd en een

tweetal nam deel aan een duo interview. Tabel 2 geeft inzicht in de kenmerken van de geïnterviewden.

Tabel 2: kenmerken geïnterviewden

	<i>Totaal</i> <i>N=61</i>		<i>Operators</i> <i>N=27</i>		<i>Lijnmanagers</i> <i>N=16</i>		<i>Ingenieurs</i> <i>N=18</i>	
	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
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	-	-	-	-

Het interview bestond 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 operator 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 operators 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 van beide studies zijn opgenomen en verbatim getranscribeerd. De transcripten zijn door drie onderzoekers onafhankelijk op deductieve wijze gecodeerd (Fereday & Muir-Cochrane, 2006). Voorafgaand aan het codeerproces is een codeerschema opgesteld. In het codeerschema zijn de volgende variabelen opgenomen: mens-cobot interdependentie, benodigde vaardigheden, werkbeleving, ondersteuning en regelcapaciteit. De variabelen zijn op basis van bestaande meetinstrumenten van begrippen voorzien. De begrippen zijn gebruikt om de transcripties op tekstfragmenten te filteren die voor deze studie relevant zijn.

Voor de variabelen *mens-cobot interdependentie* en *benodigde vaardigheden* is gebruik gemaakt van Johnson's (2014) coactive design theorie. *Mens-cobot interdependentie* werd opgesplitst in twee begrippen: taken operator en taken cobot en in hoeverre werkzaamheden van de een noodzakelijk waren voor die van de ander. *Benodigde vaardigheden* is opgesplitst in zes begrippen: cobot waarnemen, door cobot waargenomen worden, cobot voorspellen, voorspelbaar zijn, cobot besturen, door cobot gestuurd worden.

Voor de variabele *werkbeleving* zijn het Extended Work Design model (Humphrey et al., 2007), de situational awareness taxonomy van Endsley (1996) en de complacency benadering van Parasuraman et al. (2010) gebruikt. *Werkbeleving* is opgesplitst in zes begrippen:

gepercipieerde vrijheid om keuzes te maken in taakuitvoer (autonomie), gepercipieerde afwisseling in het werk (taakvariatie), gepercipieerde moeilijkheid van de werkinhoud (taakcomplexiteit), gepercipieerde lichamelijke inspanning (fysieke belasting), grip op de werksituatie (situatiebewustzijn) en tekortschietend monitorgedrag (gemakzucht als gevolg van te veel vertrouwen in de techniek).

Voor de variabele *ondersteuning* is het UTAUT model (Venkatesh et al., 2003) gebruikt. *Ondersteuning* is opgesplitst in vier begrippen: beschikbare informatiebronnen, beschikbare hulpbronnen, aansluiting van de cobot op het bestaande productiesysteem en beschikbare storingsdienst. Voor de variabele *regelcapaciteit* is gebruik gemaakt van het job-demands control model van Karasek (1979). *Regelcapaciteit* is opgesplitst in twee begrippen: invloed op de inrichting van het werk (taakverdeling) en invloed op de uitvoering van het werk (uitvoering). De rol van HR is op open wijze gecodeerd.

Transcripties zijn eerst per bedrijf gecodeerd om inhoud te geven aan de gebruikte begrippen. Vervolgens hebben we de codes tussen bedrijven vergeleken. We hebben vergeleken in hoeveel bedrijven soortgelijke codes voorkomen en op welke codes bedrijven van elkaar afwijken. De uitkomsten uit de vergelijking tussen bedrijven vormen de resultaten van deze studie.

Resultaten

We beschrijven de mens-cobot samenwerking in de onderzochte bedrijven in termen van: (1) taakverdeling tussen mens en cobot (2) wederzijdse waarneembaarheid, voorspelbaarheid en bestuurbaarheid (3) afwisseling, complexiteit en autonomie (4) het betrekken en ondersteunen van medewerkers en (5) de rol van HR professionals.

1 Taakverdeling 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 *operator steeds verantwoordelijk* voor het beladen en lossen van de cobot. Dat betekent dat de operator de te bewerken producten op de juiste plek klaarlegde, de cobot aanzette, het juiste cobot programma 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 operator in al deze gevallen bezig met het uitvoeren van andere werkzaamheden binnen of buiten de afdeling, zoals het bedienen van andere machines. In de overige (4) gevallen was sprake van automatische aan- en/of afvoer waardoor nog meer nadruk kwam te liggen op de uitvoer van parallelle werkzaamheden.

Bij geen van deze bedrijven zien we wederzijdse interdependentie, de afhankelijkheid is volgtijdelijk (sequentieel, in termen van Thompson, 1967). Operators voeren bovendien nergens zelf handelingen uit op het product, dat doet de cobot. De mens is het verlengstuk -en de vazal- van de machine. Wat gedaan moet worden, in welk tempo het gedaan moet worden en wanneer, wordt allemaal door de autonomie van de machine bepaald. Het ontbreken van

interdependentie wordt nog duidelijker doordat operators 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 cobot programma's gebruik gemaakt. Zo hadden twee van deze maakbedrijven voor 50 tot 80 procent van hun productassortiment tientallen aparte cobot programma's geschreven. Hier waren operators in alle gevallen verantwoordelijk voor het omstellen.

Dat maakt de samenwerking tussen operator en cobot iets nauwer, maar nog steeds worden geen handelingen op het product zelf uitgevoerd door de operators. 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 operators tegen gekomen.

2 Waarneembaarheid, voorspelbaarheid en bestuurbaarheid

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 operator die waarneemt. Uit de interviews blijkt dat operators adequaat kunnen bepalen of de cobot normaal functioneert, dit blijft doen of dat sprake is van 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 operator 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 operator was om 'regelmatig' zicht te houden op de cobot opstelling en eventuele geluidssignalen op te vangen. Hier werden geen vaste intervallen voor gehanteerd.

De *voorspelbaarheid*, het gedrag dat zowel operator 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 afleg ruimte nodig om hun programma's uit te kunnen voeren. Operators 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 operator 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."

Operators 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 operators bestuurden de cobots door deze zelf in te stellen op de te bewerken producten. De operator moest de cobot kunnen aanzetten, eventueel het juiste cobot programma opzoeken

en de cobot starten. Vijf maakbedrijven voegden daaraan toe dat hun operators verantwoordelijk waren voor het invoeren van de productafmetingen in het opgeroepen programma. Anderzijds werden operators ook tot op zekere hoogte aangestuurd door de cobot vanwege de bevoorradingstaken 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 operator 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 operator zo snel mogelijk de cobot weer in bedrijf zien te krijgen of een ingenieur inschakelen.

We kunnen vaststellen dat operators 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 operator 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. Hier zien we dat het handelen van de operator voorwaardelijk is voor het werken van de cobot, maar dat de operator met de eigenlijke productiehandelingen weinig te maken heeft, dat doet de cobot autonoom.

Welke vaardigheden moeten operators 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 maakbedrijven nam de cobot zodanig veel werk over dat een arbeidsplaats kwam te vervallen. In zeven gevallen kregen operators nieuwe taken toebedeeld of kregen zij meer tijd om de overgebleven taken uit te voeren.

Uit de interviews met operators 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 operators 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 operator: *“Eerst was het bij elke draaibank één operator. 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 ervoeren operators 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. Operators uit twee andere maakbedrijven spraken deze ervaringen tegen 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 hoef te lopen”*.

Verder meldden operators van drie maakbedrijven dat hun autonomie voelbaar is afgenomen. De status van de cobot bepaalde *wanneer* zij *wat* moesten doen. Als de cobot in storing viel of bevoorradat 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 operators van drie maakbedrijven op dat de cobot de fysieke belasting beïnvloedde. In twee maakbedrijven werd minder fysieke belasting ervaren omdat operators: 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 operators vaker heen en weer liepen voor bevoorradings- en storingstaken.

De kwaliteit van het werk van de operators 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 operators 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 operators 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 operators, 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 operators, op twee gerapporteerde incidenten na, in orde. Operators zijn zich over het algemeen goed bewust van wat de machine doet en welke risico's er zijn. In beide incidenten stond de operator op de verkeerde plaats 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 teveel vertrouwen in de techniek is het beeld gemengd. Zo geven operators 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 operators 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 operator 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 Betrokkenheid en ondersteuning bij de mens-cobot samenwerking

Uit de interviews komt naar voren dat de medewerker op vijf manier invloed kan uitoefenen 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 operator 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 zien dat vrijwel alle regelmogelijkheden belegd zijn bij productie ingenieurs en niet bij de operators. Er zijn uitzonderingen.

1. In alle maakbedrijven bepaalden ingenieurs, meestal samen met productie management, *waar in de productie* de cobot kwam te staan, waarvoor diepgaande kennis over de werking van het productieproces en te hanteren productspecificaties nodig was.

2. In zestien maakbedrijven bepaalde de ingenieur *de taakverdeling* tussen operator en cobot. De ingenieur 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 ingenieurs zich wel vrijblijvend informeren door operators. In acht andere maakbedrijven werden operators helemaal niet betrokken in de besluitvorming.

3. Het *installeren van de cobot en het schrijven van de cobot programma's* lag in 14 bedrijven uitsluitend bij de ingenieurs. Die moesten over de vaardigheden beschikken de cobot te koppelen aan randapparatuur en de beoogde samenwerking omzetten in de nodige programmatuur. In drie gevallen waren ook nog externe ingenieurs (cobot integrators) betrokken bij het schrijven van het cobot programma. 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 ingenieurs daartoe bevoegd waren: *"Operators blijven van de programmatuur af."* 5. Ook het *oplossen van storingen* ligt grotendeels bij de ingenieurs. Zo benadrukten vijf maakbedrijven dat alle storingen die niet opgelost konden worden door de operator middels het uit- en aanzetten van de cobot en het herladen van het programma, opgelost moesten worden door ingenieurs. Operators 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 ingenieurs uitgevoerd werd: *"Als je er geen verstand van hebt, afblijven, handjes er vanaf"*

Operators rapporteerden vier vormen van ervaren ondersteuning: 1) werksessie over de inzet van de cobot; 2) aanwezigheid van een ingenieur; 3) training; 4) aanwezigheid van een handboek op de werkplek. Tien maakbedrijven hebben twee of meer van deze vier hulpbronnen georganiseerd.

1. Zeven maakbedrijven organiseerden een *werksessie* voor de operator waarin een ingenieur, 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 operators werden vervolgens tijdens of na de sessie door ingenieurs gevraagd op de plannen te reageren of alternatieven in te brengen. 2. Vijf maakbedrijven onderstreepten dat gedurende alle diensten een *ingenieur aanwezig* was. Operators konden de ingenieur inschakelen voor het beantwoorden van cobot-gerelateerde vragen of het oplossen van storingen. 3. Van acht maakbedrijven is bekend dat een deel van de *operators op de werkplek getraind* is door ingenieurs. Van vier maakbedrijven is bekend dat zij hun ingenieurs 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 operators op dure cursus sturen niet effectief."* 4. Tot slot hadden vijf maakbedrijven een *handboek* beschikbaar gesteld voor de operators die met de cobot werkten. Deze documenten waren opgesteld door ingenieurs of aangeleverd door

de cobot integrator of leverancier. In de handboeken werd stapsgewijs uitleg gegeven over: waar de operator 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 betrokkenheid gaat het om de vraag in hoeverre operators 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. Ingenieurs beslissen, samen met management, over het type en het proces waarin de cobot wordt geïmplementeerd. In het beste geval (enkele bedrijven) worden operators gehoord en worden hun eventuele suggesties door ingenieurs meegenomen in de besluitvorming.

Bij ondersteuning gaat het om de vraag of operators voldoende worden geholpen om met de nieuwe technologie 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.

5 Rol 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 ingenieurs:

“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

We beginnen met te benadrukken dat dit een verkennende studie is naar de inzet van nieuwe techniek, collaborative robots, in de Nederlandse maakindustrie. Het ging steeds om tijdelijke opstellingen om de nieuwe techniek te verkennen en ermee te experimenteren. Dus voor alle betrokkenen was het nieuw, een fase van uitproberen en testen. Het is ook echt een verkenning, met een kleine steekproef, kwalitatief en met allerlei haken en ogen, dat zijn we ons bewust, maar het is ook een eerste inkijkje in hoe Nederlandse maakbedrijven met deze techniek omgaan.

Onbenutte potentie samenwerking mens en machine

Cobots hebben het potentieel om van enorme toegevoegde waarde te zijn voor de Nederlandse maakindustrie, juist omdat zij fysiek samenwerken tussen mens en machine mogelijk maken.

Dat maakt hun inzet in flexibele productie mogelijk en dat is de richting waarin de Nederlandse maakindustrie zich beweegt: de productie van kleine series van op maat gemaakte producten (Smart Industry, 2018). Voorwaardelijk is dan wel dat er wederzijdse interdependentie tussen mens en machine ontstaat in de uitvoering van productietaken (Johnson, 2014). Alleen dan ontstaan robuuste systemen en kunnen de sterke kanten van mens en machine worden benut.

Van dergelijke interdependente mens-machine samenwerking is in deze verkenning echter niets gebleken. Zeker zijn cobots voor hun functioneren afhankelijk van mensen, maar alleen als instellers, omstellers, beladers en verhelpers van storingen. Eenmaal voorzien van materiaal en in bedrijf gesteld, werken de cobots als kleine industriële robots hun programma zelfstandig (autonoom) af, daar komt verder geen mens aan te pas. In de opstellingen die wij hebben onderzocht worden medewerkers door de ‘behoeften’ van de cobot aangestuurd en gedwongen op tijd, volgens specificatie en precies de cobot op zijn ‘wenken’ (met stoplicht, piepjes of alarmen) te bedienen.

De mens als sluitstuk van de techniek

De keuze van bedrijven om cobots als mini robots in te zetten is begrijpelijk gegeven de context waarin ze ingezet worden: veelal plekken waar grote aantallen soortgelijke producten voorbij komen (massaproductie). Ingenieurs onderzoeken wat de machine 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 operators rond deze systemen minimaal. Natuurlijk worden zij geïnformeerd, zeker ook geïnstrueerd en waar nodig bij storingen ondersteund, maar veel verder gaat het (nog) niet.

Dit heeft in alle gevallen geleid tot een beperkte inzet met niet bewust ontworpen, maar eerder ‘resterende’ taken voor medewerkers. De techniek stelt eisen om te kunnen functioneren en mensen worden ingezet om die randvoorwaarden te vervullen. Het leidt tot werk dat soms eenvoudiger, soms wat complexer, soms jachtiger en soms rustiger wordt, maar werk dat operators ‘overkomt’. Mogelijkheden om hun taken aan te passen, de taken anders te verdelen of het samenwerken met de cobot anders in te richten hebben deze operators niet. Van regelcapaciteit is dus geen sprake.

Hier zit het zorgpunt en ook de uitdaging voor onze HR professie. De inzet van cobots lijkt verdacht veel op hoe eerdere automatisering zich telkens heeft onttolt, zoals in de automobiellindustrie (Heßler, 2008) en logistiek (Smids, Nyholm & Berkers, 2020), met de mens in eerste instantie als sluitstuk van de techniek, hetgeen dan soms later hersteld werd. Dat is de basis onder -en aanleiding voor- de human relations benadering en daarna de sociotechniek-, job design-, job demand-control-, sociale innovatie- en nu de workplace innovation benaderingen geweest.

Werk aan de winkel voor HR professionals

Dat kan ook anders. Laten we de bovenstaande kennis serieus nemen en van ingenieurs en productiemangers vragen productiesystemen te ontwerpen met deze nieuwe technologie, die van meet af aan rekening houden met de kwaliteiten en werkvoorkeuren van operators. Dat betekent productiesystemen met wederzijdse interdependentie tussen mens en machine, maar waarbij de mens uiteindelijk de baas is en de machine het gereedschap. Het betekent voorts dat operators 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 operators 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 ingenieurs 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 allen buiten spel staat, maar zelfs een beetje buiten spel wordt gezet, getuige de uitspraken van betrokkenen. Dat vraagt per direct om actie. Onze oproep aan HR professionals is dus: verdiep je in deze nieuwe technologie. Verken wat cobots in het productieproces van je bedrijf zouden kunnen betekenen. Ga met productiemanagers, ingenieurs en operators in gesprek. Doe mee met de plannen en breng je expertise in. Hoe? Toon welke voorwaarden aan goed werk moeten worden gesteld en bespreek hoe deze voorwaarden bij het ontwerp van productie met een cobot kunnen worden meegenomen. Betrek medewerkers vroegtijdig bij het implementeren van nieuwe technologie en monitor de veranderingen in kwaliteit van arbeid. Uw argument is duidelijk: robuuste, geautomatiseerde en flexibele productie is alleen mogelijk als mensen het kunnen, willen én volhouden. Werk aan de winkel!

Aanbevelingen

Deze studie leidt tot vijf aanbevelingen voor HR professionals om bij te dragen aan een mens-machine samenwerking die medewerkers kunnen en willen volhouden:

1. Doe mee in het primaire proces.

De kenmerken van het primaire proces zijn het vertrekpunt voor het ontwerpproces van een effectieve mens-machine samenwerking. 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 serie grootte? 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 huidige productiewerk uit te voeren. Een kwestie van meekijken, bij voorkeur meedoen, en op laagdrempelige en geïnteresseerde manier praten met productiemedewerkers over de inhoud van hun werk.

2. Ken de mogelijkheden en beperkingen van de techniek

Naast de inrichting van het primaire proces is het zaak dat je kennis neemt van de te implementeren techniek. De inrichting van de mens-technologie samenwerking 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 technologie binnen de eigen afdeling hoeven te focussen. Verbreed dit kader en verdiep je ook in technologie op productie niveau. Verdiep je in gebruikerservaringen, ga in gesprek met productiemanagers en ingenieurs 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.

3. Bemoei je – zo vroegtijdig mogelijk - met technologie implementatie

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

4. Organiseer ondersteuning en regelruimte

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

5. Monitor de ontwikkeling van de mens-technologie samenwerking

Tot slot is het belangrijk dat de HR professional de mens-technologie samenwerking 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 technologie langdurig wordt volgehouden. Ook zal data over het aantal technologie-gerelateerde incidenten en de prestaties verzameld moeten worden. Verslechterende arbeidskwaliteit, meer incidenten en teruglopende prestaties zijn indicaties dat de voortgang van de mens-technologie samenwerking slecht loopt (Gouraud et al, 2017). Indien nodig zal samen met de medewerkers gezocht moeten worden naar een passend herontwerp.

Literatuur

Ashby, W. R. (1965). Measuring the internal informational exchange in a system.

Cybernetica, 8(1), 5-22

Bakker, A. B., Demerouti, E., & Euwema, M. C. (2005). Job resources buffer the impact of job demands on burnout. *Journal of occupational health psychology*, 10(2), 170

Berberian, B., Somon, B., Sahaï, 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

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

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), pp. 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

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

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

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), pp.1332-1356

Johnson, M. (2014). *Designing Support for Interdependence in Human-Robot Teamwork* (Dissertation)

Jones, D. G., & Endsley, M. R. (1996). *Sources of situation awareness errors in aviation. Aviation, space, and environmental medicine*

Karasek Jr, R. A. (1979). Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job redesign. *Administrative science quarterly*, 285-308

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*

Liu, D., Maimaitijiang, R., Gu, J., Zhong, S., Zhou, M., Wu, Z., ... & Hao, Y. (2019). Using the unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT) to investigate the intention to use physical activity apps: Cross-sectional survey. *JMIR mHealth and uHealth*, 7(9), e13127

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), pp. 907-928

Reichenback, 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*

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

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. (2015). 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), pp.425-478

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

Engelstalige samenvatting

Dutch industrial manufacturers are confronted 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 what the consequences are for operators 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 operators 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.

Eindnoten

¹ Milan R. Wolffgramm, MSc. is promovendus mens-cobot samenwerking bij Saxion en TechYourFuture

² Dr. Stephan Corporaal is lector human capital bij Saxion en TechYourFuture

³ Dr. Maarten J. van Riemsdijk is lector HRM bij Saxion en TechYourFuture

⁴ Waar 'hij' staat kan ook 'zij' gelezen worden

⁵ Twee MBK-bedrijven en twee grootbedrijven participeerden ook in interviewstudie 2