

Opiniërend

Veiligheid van geavanceerde mens-robot interactie vraagt grondige herziening risicobeheersing op diverse systeemniveaus

Dolf van der Beek MSc.¹ en Coen van Gulijk²

Trefwoorden: robotisering, Machineverordening, AI, hybride intelligentie, cobots

Samenvatting

Hoewel de adaptatie van cobots in de Nederlandse markt vooralsnog enkel op kleine schaal plaatsvindt in vooral de maakindustrie, is de realiteit en verwachting dat zij mede onder druk van macro-economische en maatschappelijke krachtenvelden aan toepassing zullen winnen. Totale automatisering zonder tussenkomst van menselijke werknemers is echter niet realistisch. Veel van wat er in een flexibele fabriek gebeurt, vereist nog altijd menselijk vernuft (vindingrijkheid, het beoordelingsvermogen en de behendigheid van menselijke werknemers), en het vermogen om te leren en zich aan te passen aan veranderende (markt)omstandigheden. Een hybride samenwerking tussen mens en machine in productieprocessen, waar beiden doen waar ze goed in zijn, blijkt veel efficiënter en goedkoper. De voorspelling is dat cobots taken die saai, vies, gevaarlijk en duur zijn steeds vaker zullen gaan overnemen van de mens. Waardoor onze werkplekken in potentie interessanter, veiliger en schoner worden. Toch is het van cruciaal belang om naast de kansen van robotisering voor veiligheid en gezondheid ook te kijken naar de potentiële risico's, met name de software kant. Intelligente samenwerking tussen mens en robot gedreven door slimme algoritmen vraagt om herziening van veiligheidsbeheersing op diverse systeemniveaus. Nieuwe EU wetgeving stelt alvast strengere aanvullende eisen aan (geavanceerde) mens-machine interactie in de ontwerpfasen van de robot. Fabrikanten en ontwikkelaars van robots zullen hier dus meer en beter aandacht aan moeten gaan besteden; vooralsnog zonder industriestandaarden die hen daarin ondersteunen maar het denken daarover is reeds gestart. Ook de rol van de veiligheidskundige gaat drastisch veranderen: de AI-veiligheidsdeskundige is in opmars.

Abstract

Although the adaptation of cobots in the Dutch market is currently only taking place on a small scale, especially in the manufacturing industry, the reality and expectation is that they will gain in application, partly under pressure from macroeconomic and social forces. However, total automation without human intervention is not realistic. Much of what happens in a flexible factory still requires human ingenuity (the ingenuity, judgment and agility of human workers),

and the ability to learn and adapt to changing (market) conditions. A hybrid collaboration between man and machine in production processes, where both do what they are good at, turns out to be much more efficient and cost-effective. The prediction is that cobots will increasingly take over tasks that are boring, dirty, dangerous and expensive for humans. This potentially makes our workplaces more interesting, safer and cleaner. Nevertheless, it is crucial to look at the potential risks, especially the software side, in addition to the opportunities of robotization for safety and health. Intelligent human-robot collaboration driven by smart algorithms requires a review of safety controls at various system levels. New EU legislation already sets stricter additional requirements for (advanced) human-machine interaction in the design phase of the robot. Manufacturers and developers of robots will therefore have to pay more and better attention to this; for the time being without industry standards to support them in this, but thinking about such standards has already started. The role of the safety expert will also change drastically: the AI safety expert is on the rise. (post)graduate training and education of safety experts.

1. Samenwerken met robots

Robots zijn in de afgelopen vijftig jaar veel sneller en nauwkeuriger geworden maar het blijven nu nog vaak locatie- of railgebonden machines die automatisch een (enkele) taak uitvoeren binnen een vastgestelde gevarenzone of binnen een veiligheidskooi. Echter, steeds vaker worden intelligente en flexibele robots ingezet op de arbeidsplaats waar ze nauw samenwerken met werknemers, de zogenaamde collaborative robots of kortweg cobots (Luijckx en Van der Beek, 2017a, 2017b). Volgens voorspellingen van de International Federation of Robotics zullen in 2021 en 2022 1,7 miljoen nieuwe robots in fabrieken over de hele wereld worden geïnstalleerd en zullen hun activiteiten in de nabije toekomst aanzienlijk veranderen (Müller et al., 2020). Met name voor cobots speelt digitalisering een steeds belangrijker rol omdat slimme software nodig is om de interactie mogelijk te maken. Cobots leveren aan de ene kant veiligheidswinst op doordat mensen kunnen vervangen of ondersteunen bij repetitieve, gevaarlijke of vieze arbeidstaken maar

¹ TNO; email: dolf.vanderbeek@tno.nl

² TNO, Technische Universiteit Delft, University of Huddersfield; email: coen.vangulijk@tno.nl
Correspondentie adres: TNO Leiden-Schipholweg, Postbus 3005, 2301 DA Leiden

tegelijktijd is er nog veel onduidelijk over hoe de nieuwe gevaren ervan in praktijk beheerd moeten worden.

Wij poneren onze stelling:

Intelligente samenwerking tussen mens en robot is de toekomst van productie, en vraagt om herziening van veiligheidsbeheersing op diverse systeemniveaus.

1.1 Robots uit de kooi

Cobots zijn een nieuwe generatie robots die de kooi hebben verlaten en samenwerken met de mens in een gedeelde werkruimte dan wel in onmiddellijke nabijheid van mensen hun taken uitvoeren. Zij kunnen deze taken uitvoeren door de inzet van sensoren en controle systemen (eventueel aangestuurd door machine learning algoritmen).

De nieuwe generaties cobots gaan direct interacteren met medewerkers op de werkvloer, bewegen zich autonoom door een ruimte waarin ook medewerkers zich bevinden maar ook stationaire intelligente robots nemen autonoom beslissingen op basis van hun taakstelling en hun eigen sensorinformatie en andere informatiebronnen in gedeelde ruimtes (WRR, 2015). Het gaat uiteindelijk om een vrij grote verscheidenheid aan nieuwe robots die diverse vormen van rekencapaciteit en algoritmen gebruiken om verschillende vormen van intelligentie na te bootsen. In dit artikel gebruiken we de term 'cobot'³ om die brede groep te beschrijven. De crux is dat de interactie tussen mens en machine fundamenteel verandert. Niet alleen is de fysieke afstand tot de machine kleiner maar de machine gaat ook meedenken over het arbeidsproces, als ware zij een menselijke collega.

Cobots zijn met name wenselijk als het gaat om het terugdringen van arbeidstaken die in de 3D categorie vallen: Dull, Dirty and Dangerous. Dat komt ten goede aan de veiligheid en gezondheid van werknemers. Inmiddels hebben McAfee en Brynjolfsson (2017) daar een vierde D (Dear) aan toegevoegd. Zij voorspellen dat robots ook precisiewerk met waardevolle materialen en grondstoffen of taken die duur zijn (zoals diepzeeduiken) steeds vaker zullen overnemen.

In Nederland vinden we cobots in eerste instantie bij kleinschalige assemblage, medicijnuitgifte- en zorgrobots in ziekenhuizen, bewakingsrobots in magazijnen, drones voor inspectie- en beveiligingsdoeleinden en plukrobots in de tuinbouw. Het betreft dan veelal professionele servicrobots die een relatief eenvoudige cognitieve functie ondersteunen in veelal gestructureerde en gecontroleerde omgevingen. Op dit moment maakt nog maar een relatief klein deel van de Nederlandse bedrijven gebruik van cobots; het gaat dan voor het merendeel om middelgrote en grote

bedrijven in de maakindustrie (Maslowski et al., 2021). De technologie is nog niet zo ver doorontwikkeld dat cobots ook voor een groot aantal kleinere bedrijven en bedrijven die kleine series produceren een interessante optie zijn. Toch zijn er ontwikkelingen gaande om de robots breder inzetbaar te maken. In de zin dat ze met meer verschillende omstandigheden om kunnen gaan (producten, materialen of onderdelen van verschillende vormen) zodat ze breder inzetbaar zijn; d.w.z. buiten de setting van gecontroleerde fabriekshallen kunnen worden toegepast (bijv. in de bouw).

Ondanks de vrees van mensen dat technologie - met name robots - mensen vervangt, laat de geschiedenis zien dat technologische vooruitgang - inclusief die welke aanleiding geven tot industriële revoluties - eigenlijk netto banen schept (Freese et al., 2018). Voorheen was de kans dat routinematig werk, zowel manueel als cognitief, werd overgenomen door technologie het grootst (Autor et al., 2003). Echter, ditmaal kunnen alle opleidingsniveaus door automatisering worden getroffen (van Est en Kool, 2015).

1.2 Versnelling en inzet van cobots in productieketens

De verwachting is dat de impact van robots in de komende tien jaar gaat toenemen (Freese et al., 2018; Müller et al., 2020). De inzet van geavanceerde robot- en cobotsystemen voorziet namelijk in een maatschappelijke behoefte aan een gevarieerd aanbod van consumentenproducten. Producten worden steeds vaker aangepast aan lokale markten en de individuele behoeften van de klant (Haller et al., 2020). Moderne eisen van massa-aanpassing, hogere productvariabiliteit en strengere kwaliteit (en duurzaamheid) en snellere productcycli creëren complexe, dynamische uitdagingen voor fabrikanten. Met de komst van AI-gestuurde intelligente automatisering in de toeleveringsketen (ondersteund door ontwikkelingen in 5G-netwerken, in de sensor- en chiptechnologie en intelligente proces automatisering) is juist bij dit type robots steeds meer mogelijk. De adoptie ervan in de detailhandel en de consumentenproductenindustrie zal naar verwachting stijgen van 40 procent van de bedrijven vanaf 2019 naar meer dan 80 procent in drie jaar (Lee et al., 2019; Chao et al., 2019).

1.3 Cobots lossen maatschappelijke problemen op

De evolutie naar meer mens-robot samenwerking vormt ook de kern van de recentelijk gepubliceerde Industrie 5.0 visie (in wording) die Europa heeft voor een meer duurzame en groene industrie. Hierin volgt Europa het equivalente Society 5.0 concept van Japan (Keidanren, 2016) om technologische innovatie in te zetten voor maatschappelijke problemen. Japan investeert veel in robotisering om bijv. het gebrek aan arbeidskrachten voor de verzorging van ouderen en zieken op te vangen en het tekort aan (jonge)

³ Robots en cobots verschillen van elkaar, wij gebruiken de volgende definities voor het onderscheid: "Een robot is een machine die kan worden geprogrammeerd, sensoren heeft, en een bepaalde gradatie van mobiliteit heeft waardoor de robot autonoom (zelfstandig) een taak kan uitvoeren." (Steijn et al., 2016). En: "Een cobot of co-robot (van collaboratieve robot) is een robot die is ontworpen met het doel om fysieke interactie te kunnen hebben met mensen in een gedeelde werkomgeving (co-locatie). Dit in tegenstelling tot andere robots, die ontworpen zijn om zelfstandig met beperkte (of geen) interactie met de mens te werken." (Jansen et al., 2018).

boeren. In Nederland speelt deels hetzelfde probleem in de land- en tuinbouw en dat is aanleiding om een innovatiesamenwerking op dit vlak op te zetten met Japan voor verdere digitalisering en robotisering (RVO, 2020).

Binnen Europa moet technologische innovatie verder gaan dan het creëren van banen en groei. Er moet oog zijn voor het welzijn van de industriële werknemer (Breque et al., 2021). En productie(technologie) moet de grenzen van onze planeet respecteren en in een groene economie voorzien. Ook moet de productieflexibiliteit vergroot worden in tijden van disruptie door productieprocessen robuuster te maken (zoals tijdens COVID19 pandemie, maar denk ook aan geopolitieke instabiliteit en natuurrampen). En dat betekent het inzetten van technologie die zich aanpast aan de werknemer, in plaats van andersom. Daarmee wordt het draagvlak voor digitale technologie vergroot in een tijd van exponentiele groei en voortschrijdende ontwrichting van traditionele arbeidsprocessen.

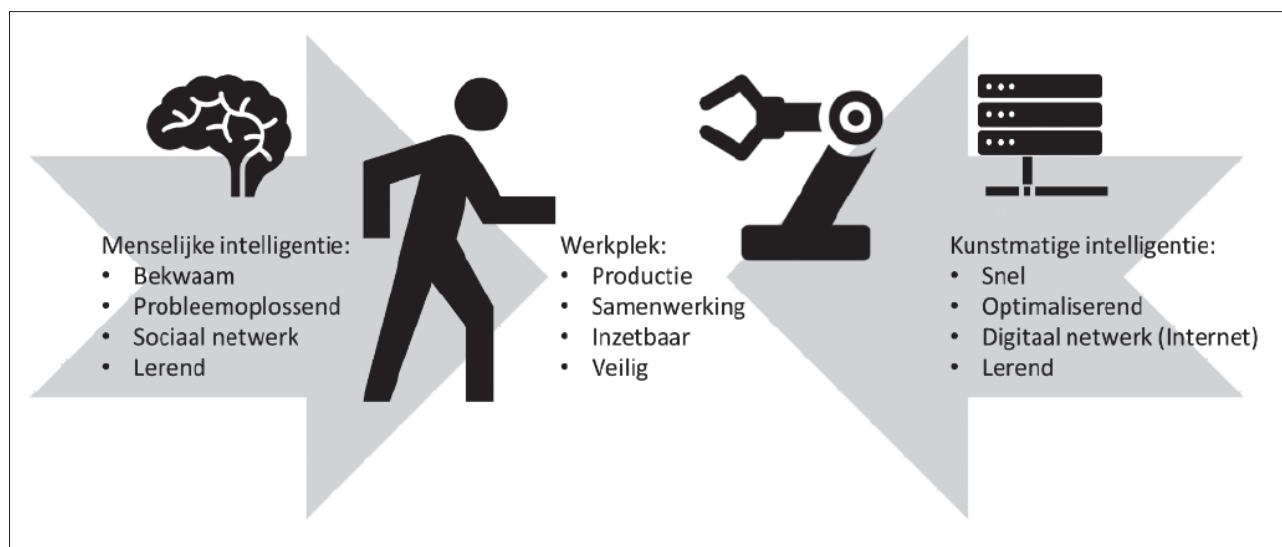
1.4 Hybride samenwerking is efficiënter en effectiever

Mensgerichte technologie ontwikkeling betekent slim combineren van capaciteit van de mens en machine. In het geval van robots is dan de beste keuze om de kracht, precisie en snelheid van industriële robots te combineren met de vindingrijkheid, het beoordelingsvermogen en de behendigheid van menselijke werknemers. Op deze manier kunnen werknemers taken op zich nemen die flexibiliteit

vereisen, terwijl de robots taken uitvoeren waarbij hun kracht en snelheid optimaal worden benut. Bijvoorbeeld taken die veel kracht vergen, precisiewerk of eentonig werk. Door de herverdeling van taken is het werk efficiënter in te richten: mens en robot doen beide waar ze goed in zijn en vullen elkaar aan (de Looze en de Jong, 2016). Onderzoek toont aan dat productieprocessen inderdaad sneller, efficiënter en kosteneffectiever zijn wanneer mensen en robots samenwerken. Shah (2011) toonde aan dat de inactieve tijd in productieprocessen met 85% vermindert wanneer mensen samenwerken met een robot vergeleken met wanneer ze in volledig menselijke teams werken.

Samenwerking is tevens interessant omdat volledige automatisering lang niet altijd de goede oplossing is voor de industrie. De investering in totale automatisering is duur en alleen effectief wanneer hetzelfde product decennialang kan worden geproduceerd. Het idee dat de toekomst van fabricage in de "dark factories" ligt, waar geen productiemedewerkers meer te vinden zijn, lijkt daarmee vooralsnog een idee-fixe (Østergaard, 2018). Veel van wat er in een flexibele fabriek gebeurt, vraagt nog altijd onderhoud door mensen, vereist menselijk vernuft, en het vermogen om te leren en zich aan te passen aan veranderende (markt)omstandigheden.

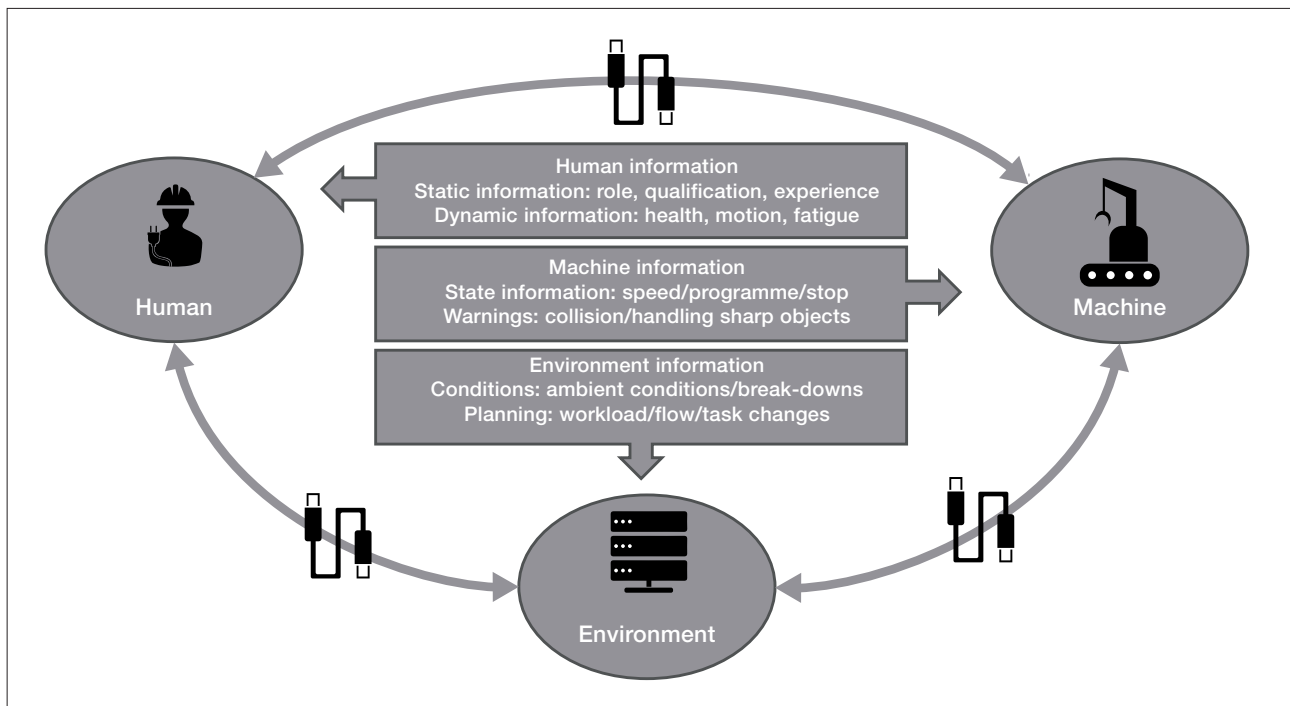
Met de introductie van AI en AI gestuurde conversationale software⁴ ontstaat wat hybride intelligentie⁵ wordt genoemd, waarbij het menselijk intellect wordt versterkt door, en doel-



Figuur 1. Hybride intelligentie: hoe mens en machine samen gaan denken en werken (©TNO)

⁴ Eén van de grootste technologische doorbraken zal komen als machines een begrip van natuurlijke taal ontwikkelen (in software termen 'natural language processing', omgezet in conversational software) dat vergelijkbaar is met de gemiddelde menselijke prestaties op dat vlak, dat wil zeggen, als computers het vermogen krijgen om de concepten in de dagelijkse communicatie tussen mensen te herkennen waardoor het technische potentieel voor automatisering in verschillende sectoren drastisch wordt vergroot (Chui et al., 2016).

⁵ Hybride intelligentie (HI) is de combinatie van menselijke en machine-intelligentie, waarbij laatstgenoemde het menselijk intellect uitbreidt in plaats van deze vervangt. HI houdt rekening met menselijke expertise en intentionaliteit bij het nemen van relevante beslissingen en het uitvoeren van gepaste acties, samen met ethische, juridische en maatschappelijke waarden. De nadruk ligt op het oplossen van complexe problemen door middel van een doelbewuste taakverdeling tussen verschillende heterogene algoritmische en menselijke agenten. Zowel de menselijke als de kunstmatige agenten van dergelijke systemen kunnen dan samen evolueren door te leren en een superieur resultaat op systeemniveau bereiken (Dellermann et al., 2019).



Figuur 2. Driedelig systeem voor veiligheid in de toekomst (IEC, 2020)

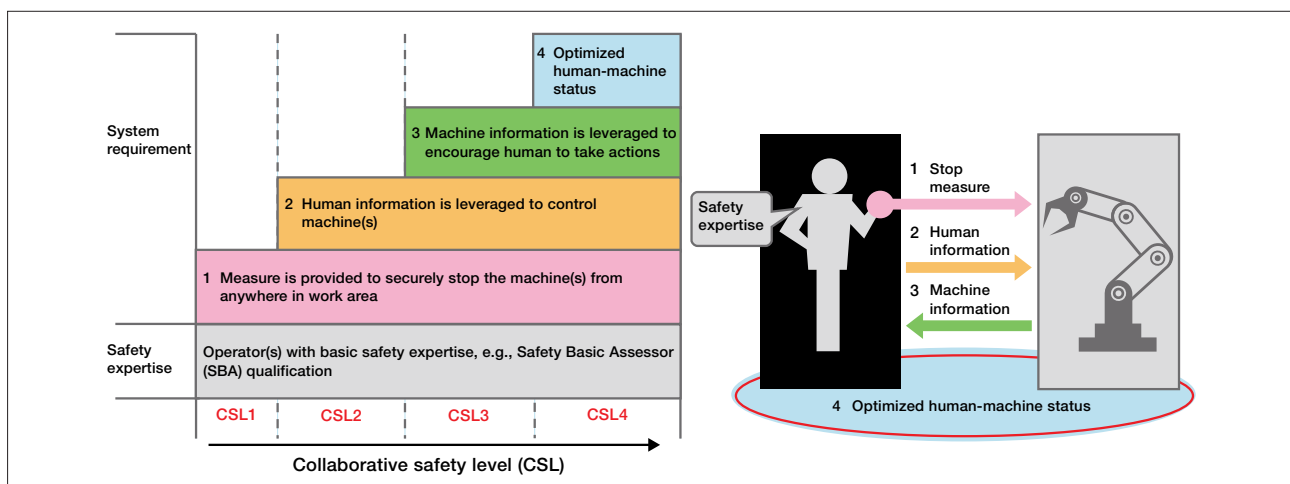
bewust wordt gecombineerd met, kunstmatige intelligentie om complexe taken of problemen op te lossen (Dellermann et al., 2019). Het is daarom van cruciaal belang om naar het arbeidsrisico van robotisering te kijken zowel gericht op de hardware als de software kant. Juist door de innovaties op het digitale vlak worden niet alleen robots maar hele bedrijfstakken en productieprocessen getransformeerd op ongekende schaal. De complexe interactie tussen mens, machine en de (digitale en fysieke) omgeving zoals TNO het voorziet in de toekomst in lijn met bovenstaande, is schematisch weergegeven in Figuur 1.

1.5 Het 'derde' been: een achterliggend cloud-systeem

De IEC identificeert een derde intelligente actor die ingrijpt in de arbeidsplaats. In het rapport 'The future of Safety' (IEC, 2020) worden drie soorten intelligentie genoemd die ingrijpen in de activiteiten van de arbeidsplaats, die van: 1)

de mens, 2) de robot (lokaal) en 3) die vanuit een achterliggend cloud-systeem wordt geleverd (Figuur 2).

De intelligentie van de mens is relatief evident. De intelligentie van de robot is vooral ingebed in haar capaciteit om efficiënte handelingen uit te voeren, de omgeving om zich heen te monitoren op basis van sensoren, en om tot een effectieve interactie met de mens te komen. De intelligentie van het achterliggende cloud-systeem is er met name op gericht om de productie in zijn totaliteit aan te sturen. Bijvoorbeeld door productieprocessen op verschillende locaties met elkaar af te stemmen, om over te schakelen op de productie van een ander product omdat de klantvraag veranderd is of om de HR afdeling te adviseren om ander personeel aan te nemen omdat daar een tekort aan is. Deze laatste actor, de zogenaamde 'corporate management' actor is op zijn eigen manier een samenwerking tussen mens



Figuur 3. Collaboratieve mens-robot veiligheid niveaus (Dohi et al., 2018)

en machine maar dan is de interface geen machine maar een beeldscherm.

Het IEC model geeft heel specifiek aan dat deze drie intelligente actoren continu onderling informatie uitwisselen. Nu is uitwisseling tussen een cloud-service en een machine al niet heel eenvoudig maar de interactie met 'onvoorspelbare' mensen is helemaal een uitdaging. Om een idee te geven hoe de mens-machine interactie in praktijk 'gestandaardiseerd' zou kunnen plaatsvinden hebben Dohi en collega's (2018) een interactiemodel ontworpen om aan te geven dat er verschillende niveaus van samenwerking mogelijk is met oplopende veiligheidsvereisten; de zogenaamde Collaborative Safety Levels, het menselijke equivalent van technische Performance Levels (zie Figuur 3). Vanaf niveau 3 en 4 wordt de interactie tussen mens en machine grotendeels gestuurd door datastromen afkomstig van sensoren (bijv. uitkomsten van een hartslagsensor op de mens, als indicatie van vermoeidheid, geeft automatisch een signaal aan de machine om harder dan wel zachter te gaan draaien).

2. Risicomanagement voor collaboratie tussen intelligente actoren.

Als intelligente samenwerking tussen mens en robot de toekomst wordt van productie, dan vraagt dat om grondige herziening van de veiligheidsbeheersing op diverse systeemniveaus. Met name de recente wetgeving op het vlak van machineveiligheid en artificiële intelligentie sorteren voor op deze nieuwe toekomstige werkelijkheid. Ook standaardiseringsbureaus denken hard na over de ontwikkeling van nieuwe industriestandaarden om te kunnen voldoen aan vigerende EU wet- en regelgeving. Maar ook de rol van de veiligheidskundige verandert om de risico's van geavanceerde mens-robot interactie adequaat te kunnen blijven beheersen en kansen voor veiligheid en gezondheid te benutten. We behandelen ze stuk voor stuk.

2.1 Machineverordening

De veiligheidskundige heeft instrumenten nodig om maatregelen te kunnen nemen die risico's van geavanceerde robotisering en AI-gestuurde intelligente automatisering in geïntegreerde productielijnen en -ketens beheersbaar maken. De wettelijke kaders om dat te kunnen doen zijn recentelijk gewijzigd door de lancering van de concept wettekst van de Machineverordening (in mei 2021) die vergezeld is door parallelle introductie van de nieuwe Artificial Intelligence Act (European Commission, 2021a en 2021b). De Machineverordening (let op: het betreft hier een transitie van Richtlijn naar Verordening, en is daarmee zonder tussenkomst van Nederlandse wetten kracht) is coherent aan het bredere Europese beleid ten aanzien van Artificiële Intelligentie.

De bepalingen van de Artificial Intelligence Act die de risico's adresseert die een impact hebben op de veiligheid van AI-systemen zijn onder de toekomstige regelgeving voor machineproducten primair van toepassing wanneer het AI-systemen betreft die zijn ingebed in een machine of in veiligheidscomponenten; deze worden aangemerkt

als hoogrisico systemen (zie Bijlage 1 Machineverordening punten 24 en 25). Wanneer het machineproduct een kunstmatige intelligentiesysteem integreert, moeten de risico's die tijdens de risicobeoordeling worden vastgesteld, ook de risico's omvatten die tijdens de levenscyclus van het machineproduct kunnen optreden als gevolg van een beoogde evolutie van het gedrag ervan om met verschillende niveaus van autonomie te werken (art. 29 Machineverordening).

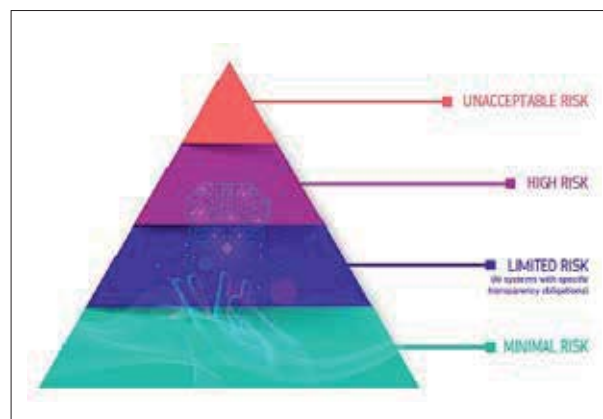
Ten aanzien van mens-machine interactie in zijn algemeenheid zijn er tevens additionele eisen opgenomen in Bijlage 3; o.a. aanpassing van de Essentiële Veiligheids- en Gezondheidseisen in §1.1.6 over ergonomie (toevoegingen sub e en f), §1.2.1 over veiligheid en betrouwbaarheid van controlesystemen en 1.3.7 over risico's in verband met bewegende delen en psychologische stress.

De Machineverordening is naast deze bepalingen op diverse aspecten ingrijpend gewijzigd en vraagt een grondige bestudering van betrokken veiligheidskundigen. Met de introductie van deze wetgeving stelt de EU kaders vast voor de (directe) interactie tussen de actoren mens en intelligente machine maar de achterliggende Cloud-actor wordt niet genoemd.

2.2 AI verordening

Sinds juni 2018 bespreekt de Europese Commissie richtingen voor de toekomst van kunstmatige intelligentie (AI) in Europa (European Commission, 2019). Een onderscheidend kenmerk van haar aanpak is het combineren van economische impulsen en ethische principes om het voordeel van AI voor de samenleving te vergroten en de risico's die aan deze technologieën zijn verbonden, te beperken. Het nieuwe voorstel voor een verordening over kunstmatige intelligentie is een nieuwe mijlpaal in de ontwikkeling van deze strategie en beoogt een op risico's gebaseerde benadering; hoe hoger het risico voor iemands leven en integriteit door toepassing van AI, hoe strenger de regels.

De regelgeving wordt weergegeven in een piramide die wordt gevormd door vier risicocategorieën van laag tot onacceptabel (Figuur 4).



Figuur 4. Risico's AI op vier niveaus (European Commission, 2021c)

In relatie tot onderhavig artikel is de hoogrisico categorie van belang die ingeval van robots bijv. kan verwijzen naar AI toepassingen die een veiligheidscomponent vormen. Het gaat dan om toepassingen zoals beschreven in Bijlage 1 van de Machineverordening, en die lijst zal in de toekomst geregeld worden bijgewerkt op basis van nieuwe systemen die de markt op komen. Dergelijke AI systemen worden onderworpen aan een aparte conformiteitsbeoordeling door een onafhankelijke derde partij. En de AI wet stelt zeven eisen, te weten:

1. De AI-aanbieder moet een risicobeheersysteem opzetten en onderhouden
2. Data moet van hoge kwaliteit zijn om vooringenomen resultaten of discriminatie te voorkomen
3. Er moet gedetailleerde documentatie worden verstrekt om de AI-systemen te beschrijven en moet de autoriteiten in staat te stellen om te kunnen beoordelen of de systemen voldoen aan de vereisten
4. Incidenten moeten automatisch gelogd worden om traceerbaarheid van de werking van AI te waarborgen
5. Informatievoorziening aan gebruikers moet transparant zijn om hen te helpen AI-systemen te "begrijpen" en correct te gebruiken
6. Een passend niveau van menselijk toezicht moet mogelijk zijn bij zowel het ontwerp als bij de implementatie van AI-systemen
7. Het ontwerp ervan moet voldoen aan de hoogste normen op het gebied van cyberbeveiliging en nauwkeurigheid

2.3 Industriestandaarden

Er zijn een groot aantal industriestandaarden die zich richten op de veiligheid van machines. Zij representeren afspraken tussen industriële partners over hoe de veiligheid van machines moet worden bepaald en hoe je bepaalt of dat conform de wet is. Huidige standaarden geven veel steun aan veiligheidsexperts maar tegelijkertijd zijn er veel nieuwe standaarden nodig voor met kunstmatige intelligentie doordrenkte machines (IEC, 2020).

De IEC geeft in haar rapport de volgende aandachtspunten voor nieuwe standaarden:

1. Zij moeten de mens centraal zetten; dit is in lijn met de EU verordeningen en dat gedachtengoed wordt dus doorgetrokken in internationale standaarden
2. Standaardiseringsbureaus moeten een nieuwe groep standaarden ontwikkelen die zich richt op de conformiteitsbeoordeling van brede maatschappelijke doelen. Daarmee beoogt de IEC de groeiende afstand tussen een terugtrekkende overheid en de industrie te verkleinen. Een onderdeel daarvan is dat een veel bredere groep van belanghebbenden betrokken worden in standaardiseringstrajecten, zodat een breder sociaal doel wordt gediend
3. Het tripartite veiligheidsmodel (zie Figuur 2) geeft diverse aanhaakpunten voor het ontwikkelen van nieuwe industriestandaarden ten aanzien van het borgen van veilige interactie tussen mens en machine, en machines

onderling. De Machineverordening speelt ook in op dat punt daar waar zij eist dat de operationele data van machines moet worden bewaard om incidenten te kunnen analyseren

4. De IEC verwacht dat intelligente softwaresystemen bewijsmateriaal zullen gaan verzamelen om te toetsen tegen digitale standaarden (machinale conformiteitstoetsen). Daarmee wordt een vorm van 'online assessment' uitgevoerd waardoor machines continue worden gecontroleerd

2.4 De veiligheidskundige

Voor veiligheidsmanagers betekent de digitale transformatie dat zij naar een toekomst bewegen waarin mensen niet de enige intelligente actoren op de arbeidsplaats zijn. Van hen wordt verwacht dat zij begrijpen hoe dat het risico-spectrum werkt en welke maatregelen daarvoor relevant zijn.

Grofweg voorzien wij drie expertisegebieden in de toekomst:

1. De ARBO deskundige; deze expert wordt geconfronteerd met een arbeidsplaats waar drie vormen van intelligentia samenwerken en wordt geacht daar een RI&E voor te kunnen (laten) maken. Voor deze expert is de Arbeidsomstandighedenwet relevant met de kanttekening dat hij of zij met de introductie van cobots en intelligente robots met een zeer complex systeem te maken krijgt van geïntegreerde robot productielijnen tot complete IT gekoppelde supply chain oplossingen
2. De machineveiligheidsdeskundige; deze expert wordt geconfronteerd met veranderende wetgeving die op bepaalde punten verzwaard wordt en wordt geacht om 'hoog risico' kunstmatige intelligentie op te nemen in het haar risicoanalyses. Voor deze expert levert nu de Machinerichtlijn, en straks de Machineverordening het belangrijkste kader met de kanttekening dat hij of zij zich wellicht ook moet verdiepen in de gelieerde AI wetgeving of industrie standaarden op dat vlak
3. De AI veiligheidsdeskundige; deze deskundige is vaak een machineveiligheidsdeskundige met een digitale specialisatie maar wellicht kunnen er in de toekomst specifieke cursussen worden opgezet of kunnen AI-deskundigen in de productveiligheid discussie betrokken worden. Voor hem of haar is de AI verordening het belangrijkste wettelijke kader. En is het vooral de uitdaging om a) de complexiteit van het totale systeem te begrijpen, en b) de borging van de productveiligheid aantoonbaar te maken middels de vereiste conformiteitsbeoordeling van als hoog risico geclassificeerde AI-systemen die zijn ingebed in een machine of die in veiligheidscomponenten zijn verwerkt

3. Conclusie en discussie

De adoptie van professionele servicerobots vindt in de Nederlandse markt vooralsnog enkel op kleine schaal plaats (en dan voornamelijk in de maakindustrie) maar het is de verwachting dat robotisering en digitalisering alle bedrijfstakken gaat beïnvloeden. De totale automatisering zonder

tussenkomen van menselijke werknemers niet realistisch. Veel van wat er in een flexibele fabriek gebeurt, vereist menselijk vernuft (vindingrijkheid, het beoordelingsvermogen en de behendigheid van menselijke werknemers), en het vermogen om te leren en zich aan te passen aan veranderende (markt)omstandigheden. Een hybride samenwerking tussen mens en machine in productieprocessen blijkt veel efficiënter en goedkoper.

Voor arbeidsveiligheid vraag dat wel dat de herverdeling van taken in het werk ook daadwerkelijk efficiënter worden ingericht. Dat betekent concreet dat de mens en robot beide doen waar ze goed in zijn, elkaar aanvullen en binnen die samenwerking de mens centraal wordt gesteld. De voorspelling is dat robots de taken die saai, vies, gevaarlijk en duur zijn steeds vaker zullen gaan overnemen van de mens. Dit heeft voordelen voor veilig en gezond werken omdat onze werkplekken daardoor in potentie interessanter, veiliger en schoner worden. De kans dat routinematig werk, zowel manueel als cognitief, wordt overgenomen door technologie is het grootst. Er zal een zekere verschuiving en vernieuwing van werkzaamheden en functies ontstaan naast de creatie van volledig nieuwe banen die waarschijnlijk veel attractiever zullen zijn voor de mens.

Het is van cruciaal belang om naar het arbeidsrisico en de kansen van robotisering voor veiligheid en gezondheid te kijken zowel gericht op de hardware als de software kant. De nieuwe Machineverordening stelt strengere, aanvullende eisen aan deze mens-machine interactie in de ontwerp-fase van de robot. Fabrikanten en ontwikkelaars van robots zullen hier dus meer en beter aandacht aan moeten gaan besteden. Ook normalisatie instituten buigen zich over de vraag hoe risico's verbonden aan geavanceerde mens-robot interactie beheerst kunnen worden bijvoorbeeld via de ontwikkeling van nieuwe veiligheidsconcepten als Collaborative Safety Levels en nieuwe standaarden (bijv. voor AI).

De sluipende intocht van intelligente robots en cobots lijkt in eerste instantie geen grote problemen met zich mee te brengen, maar het neemt in haar kielzog een zeer complexe wereld met zich mee: meerdere intelligente actoren moeten soepel samenwerken, mensen moeten met robots en cobots communiceren en meerdere lagen complexe software worden geïntroduceerd. Dat levert voor de meeste veiligheidskundigen op dit vlak een verzwaring van het takenpakket mee en introduceert software als risicofactor. Daarnaast introduceert het een nieuwe veiligheidsdeskundige op: de AI-veiligheidsdeskundige. Een rol waarvoor bijzonder hoge kwalificatie-eisen te verwachten zijn. Het ligt voor de hand dat hiertoe certificatieschema's op product, proces en persoonsniveau ontwikkelt gaan worden zoals inmiddels het geval is voor cybersecurity in de EU (zie de Bijlage van de Cybersecurity Act, Regulation (EU) 2019/881).

Voor eindgebruikers, werknemers en wellicht ook voor de arbodeskundige is de verzwaring van de wetgeving geen

slecht nieuws: als de machine- en AI-veiligheidsdeskundigen hun werk goed doen zijn de machines ten tijde van de plaatsing inherent veilig.

Met dit betoog hebben de auteurs aangetoond dat samenwerking tussen mens en robot de toekomst van productie is (gedreven door macro-economische en politieke drijfveren) en dat deze om herziening van robot-gerelateerde veiligheidsbeheersing op diverse systeemniveaus vraagt. Het goede nieuws is dat er al een aantal stappen door de EU zijn gezet. De implementatie in de praktijk van deze wetgevende kaders zal moeten gaan uitwijzen hoe goed de veiligheid in de praktijk daadwerkelijk beheerst gaat worden. Het slechte nieuws is dat er een enorme complexiteit wordt geïntroduceerd met schijnbaar eenvoudige machines gedreven door geavanceerde software in zichzelf optimaliserende productie- en toeleveringsketens.

Verantwoording

Dit onderzoek is mogelijk gemaakt door steun van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) aan het TNO onderzoeksprogramma MAPA Arbeidsveiligheid 2021.

Literatuur

- Autor DH, Levy FS, Murnane RJ. The skill content of recent technological change: An empirical exploration. SSRN Electron J [Internet]. 2001; Beschikbaar vanaf: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.272691> (benaderd: 4 mei 2021)
- Breque M, De Nul L, Petridis A. Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Luxembourg, LU: European Commission, Directorate-General for Research and Innovation; 2021. Beschikbaar vanaf: [EC_Industry5.0.pdf \(euramet.org\)](https://euramet.org/EC_Industry5.0.pdf) (benaderd: 4 mei 2021)
- Chao G, Cheung J, Wong CK, Tyson L. The artificial intelligence revolution in retail and consumer products. IBM Institute for Business Value. January; 2019. Beschikbaar vanaf: <https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/report/ai-retail-consumer-products> (benaderd: 4 mei 2021)
- Chui M, Manyika J, Miremadi M. Where machines could replace humans—and where they can't (yet). July; 2016. Beschikbaar vanaf: [Where machines could replace humans--and where they can't \(yet\) | McKinsey](https://www.mckinsey.com/industries/artificial-intelligence/our-insights/where-machines-could-replace-humans-and-where-they-cant-yet) (benaderd: 18 augustus 2021)
- Dellermann D, Ebel P, Söllner M, Leimeister JM. Hybrid intelligence. Bus inf syst eng. 2019;61(5):637–43.
- De Looze M en DJ, T. Robotisering en arbeidsbelasting – Razende robots. Arbo. 2016;(12). Beschikbaar vanaf: [artikel-deloozedejong-arbo-nr-12-2016.pdf \(humanfactories.nl\)](https://www.arbo.nl/publicaties/artikel-deloozedejong-arbo-nr-12-2016.pdf) (benaderd: 30 april 2021)
- Dohi M, Okada K, Maeda I, Fujitani S, Fujita T. Proposal of Collaboration Safety in a Coexistence Environment of Human and Robots. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 1924-1930. Australia; 2018.

European Commission. Ethics Guidelines for Trustworthy AI. 8 April; 2019. Beschikbaar vanaf: https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=60419 (benaderd: 18 augustus 2021)

European Commission. Machinery Directive – revision, Brussels, 21 April; 2021a. Beschikbaar vanaf: [Machinery Directive - revision \(europa.eu\)](#) (benaderd: 30 april 2021)

European Commission. Artificial Intelligence Act, Brussels, 21 April; 2021b. Beschikbaar vanaf: [Artificial intelligence – ethical and legal requirements \(europa.eu\)](#) (benaderd: 30 april 2021)

European Commission. Regulatory framework proposal on Artificial Intelligence. 1 July; 2021c. Beschikbaar vanaf: [Regulatory framework on AI | Shaping Europe's digital future \(europa.eu\)](#) (benaderd: 18 augustus 2021)

Freese C, Dekker F, Kool L, Dekker R, van Est R. Robotisering en automatisering op de werkvloer – bedrijfskeuzes bij technologische innovaties. Den Haag: Rathenau Instituut; 2018.

Haller K, Lee J, Cheung J. Meet the 2020 consumers driving changes. IBM Institute for Business Value. January; 2020. Beschikbaar vanaf: [Meet the 2020 consumers driving change - Why brands must deliver on omnipresence, agility, and sustainability \(ibm.com\)](#) (benaderd 18 augustus 2021)

IEC (2020). IEC White Paper Safety in the future; 2020. Beschikbaar vanaf: [IEC White Paper Safety in the future:2020 | IEC Webstore](#) (benaderd 16 augustus 2021)

Jansen A, Beek D, Cremers A, Neerincx M, Middelaar J. Opkomende risico's voor arbeidsveiligheid: werken in dezelfde ruimte als een cobot; 2018. TNO report, TNO 2017 R11463.

Keidanren. Society 5.0 - Co-creating the future; 2016. Beschikbaar vanaf: [Society 5.0 \[Booklet\] \(keidanren.or.jp\)](#) (benaderd 4 mei 2021)

Lee JS, Chao G, Cheung J. Intelligent automation for consumer products and retail supply chains. IBM Institute for Business Value. May; 2019. Beschikbaar vanaf: [Intelligent automation for consumer products and retail supply chains | IBM](#) (benaderd 16 augustus 2021)

Luijff HAM, Beek FA. De robot in de RIE: hoe door robotisering een nieuw arborisico ontstaat. Arbo Rendement. 2017a; 16–17.

Luijff HAM, Beek FA. Snelle opmars van robots. Beveiliging. 2017b; 38–39.

Maslowski R, Vlasblom JD, Rözer J. Robotisering en de kwaliteit van werk. Een kennissynthese. Sociaal en Cultureel Planbureau Den Haag; Februari; 2021.

McAfee A, Brynjolfsson E. Machine, platform, crowd: Harnessing our digital future. WW Norton & Company; 2017.

Müller C, Graf B, Pfeiffer K, Bieller S, Kutzbach N, Röhrich K. World Robotics 2020 – Service Robots, IFR Statistical Department. Frankfurt am Main, Germany: VDMA Services GmbH; 2020.

Østergaard EH. The Factory of 2035. 25 March; 2018. Beschikbaar vanaf: [The factory of 2035 - Universal Robots Collaborative Robots \(universal-robots.com\)](#) (benaderd 20 mei 2021)

R V O. Innovatiesamenwerking Japan op terrein van robotisering en digitalisering in glastuinbouw en open teelt. 17 juni; 2020. Beschikbaar vanaf: [Achtergronden webinar Japan Agrifood robotics.pdf \(rvo.nl\)](#) (benaderd 11 mei 2021)

Shah JA. Fluid coordination of human-robot teams. Massachusetts Institute of Technology; 2011.

Steijn W, Luijff E, Beek D. Opkomend risico voor arbeidsveiligheid door inzet van robots op de werkvloer; 2016. TNO report, TNO 2016 R10643.

Van Est R, Kool L. Werken aan de robotsamenleving: visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid, Den Haag, Rathenau Instituut; 2015.

WRR. De robot de baas: De toekomst van werk in het tweede machinetijdperk. Amsterdam University Press, Amsterdam; 2015.