

Robotondersteuning voor Reparatiewerk bij KLM Engine Services: Aanzet tot een Transdisciplinaire Aanpak

Mol, N.; Ianniello, A.; Siebinga, O.; Rozendaal, M.C.; Verhoef, E.S.; Prendergast, J.M.; Peternel, L.; Abbink, David

Publication date

2024

Document Version

Final published version

Published in

Tijdschrift voor Human Factors

Citation (APA)

Mol, N., Ianniello, A., Siebinga, O., Rozendaal, M. C., Verhoef, E. S., Prendergast, J. M., Peternel, L., & Abbink, D. (2024). Robotondersteuning voor Reparatiewerk bij KLM Engine Services: Aanzet tot een Transdisciplinaire Aanpak. *Tijdschrift voor Human Factors*, 49(3), 7-12.
<https://www.humanfactors.nl/tijdschrift/download/nummer-3-oktober-2024/379>

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Robotondersteuning voor reparatiewerk bij KLM Engine Services

Aanzet tot een transdisciplinaire aanpak

Dit artikel beschrijft de vorderingen in het Brightsky-project, waarin de potentie voor robotondersteuning wordt onderzocht, met en voor vakmensen bij KLM Engine Services die daar reparatiewerk uitvoeren. Door de samenwerking met vakmensen centraal te stellen, wordt er onderzocht hoe robotondersteuning niet alleen fysiek werk kan verlichten, maar ook kan bijdragen aan een betekenisvolle werkervaring. Hiermee wordt gepoogd een brug te slaan tussen de traditionele focus van human factors zoals we die kennen als discipline, en een meer holistische benadering die diepe kennis van vakmensen, innovatie-experts, robotici, ontwerpers, psychologen en organisatiewetenschappers aanwendt.

Nicky Mol, Alessandro Ianniello, Olger Siebinga, Marco Rozendaal, Eva Verhoef, J. Micah Prendergast, Luka Peternel en David Abbink

Robotica op de werkvloer

Traditionele industriële robots die eenvoudige, voor-geprogrammeerde taken autonoom kunnen uitvoeren, verhogen al decennia de productiviteit – mits geïmplementeerd in werkomgevingen waar de variabiliteit in het proces kan worden geminimaliseerd. Dit beeld kennen we vooral uit de auto-industrie, waar robots in grote veiligheidskooien gescheiden worden van vakmensen – die dan werk kunnen doen dat robots niet kunnen. Dit scheiden van mens en machine lijkt logisch, en zo zou je taken dus ook kunnen verdelen: taken waarin machines beter zijn en taken waarin mensen beter zijn – en dat dan scheiden op de werkvloer (Fitts, 1951). Maar wanneer werkprocessen niet volledig kunnen worden opgesplitst of gestandaardiseerd, blijven menselijke vaardigheden, zoals flexibiliteit, dynamische besluitvorming en interpersoonlijke relaties, cruciaal om werkzaamheden goed te laten verlopen. Dit type werk, zoals verpleegkundige zorg, onderhoud, reparatie en logistiek, laat zich niet eenvoudig automatiseren.

Maar is dat niet aan het veranderen? Er zijn inmiddels nieuwe type robots die zo ontworpen zijn dat ze op een veilige manier in de nabijheid van mensen kunnen werken en zelfs door fysieke interactie met mensen kunnen samenwerken: de collaboratieve robot, ofwel de cobot. Collaboratieve robots zijn inherent veiliger, door andere keuzes in hardware, sensoren en aansturing.

Deze veiligheid maakt dat veel bedrijven in sectoren met personeelstekorten willen onderzoeken wat de potentie van cobots is op hun werkvloer. Maar: is veiligheid genoeg? Bij Amazon werken dit soort veilige robots samen met personeel in distributiecentra, maar er zijn grote zorgen over het werkproces dat daardoor ontstaat (Dzieza, 2023). Hoewel cobots kunnen bijdragen aan beter werk (bijvoorbeeld productiever werk, of het verlichten van fysiek zwaar werk) kunnen ze ook zorgen voor een verslechtering van andere aspecten van de werkomstandigheden (bijvoorbeeld de ervaren autonomie of een gebrek aan zingeving). Daarom is het van belang dat werknemers actief worden betrokken bij zowel het ontwerp als de implementatie van cobots, omdat dit directe implicaties heeft voor de individuele werkbeleving van de medewerkers. Zo kunnen cobots ervoor zorgen dat niet alleen de productiviteit wordt verhoogd, maar ook dat er aandacht is voor de werker-ervaring en het algemene welzijn van de medewerkers.

Taken die routinematig of fysiek belastend zijn, worden vaak als eerste overgenomen door robots omdat deze taken vanuit technologisch en financieel oogpunt vaak makkelijker te automatiseren zijn. Dit leidt tot een verschuiving van de rol van de werknemer, van actieve uitvoerder naar toezichthouder die het resterende werk, dat de robot niet kan uitvoeren, voor zijn rekening neemt. Dit kan voor de medewerker ten koste gaan van het gevoel van autonomie en zingeving in het

werk, omdat het niet altijd meer als motiverend of betekenisvol wordt ervaren (zie ook het artikel 'Technologische innovatie begint bij de werknemer' in dit nummer). Ook het gevoel van erkenning dat vakmensen ervaren door het beoefenen van hun vakmanschap komt zo onder druk te staan. Een ander nadelig bijeffect is dat impliciete vakkennis en vaardigheden verloren gaan. Het is daarom cruciaal dat de integratie van robots in werkprocessen niet alleen vanuit een technologisch en financieel oogpunt wordt benaderd, maar dat er met en voor de werknemer onderzocht wordt wat aantrekkelijk werk is.

Om deze integratie te bewerkstelligen is een langetermijn transdisciplinaire aanpak nodig ervaren (zie ook het artikel 'Technologische innovatie begint bij de werknemer' in dit nummer) waarbij er een voortdurende interactie tussen onderzoek, innovatie en praktijk plaatsvindt. Daarbij is het doel dat vakmensen, innovatie-experts en wetenschappers van elkaar kunnen leren, betere vragen stellen en kennis en kunde ontwikkelen waar de werkvloer beter van wordt. In dit artikel laten we FRAIM's (transdisciplinair onderzoeks- en innovatiecentrum, zie het introductieartikel op pagina 4 e.v.) eerste verkenning zien van hoe transdisciplinair onderzoek en innovatie zou kunnen werken binnen het BrightSky-project (Mol, 2024). We reflecteren op verschillende fases in het project en hoe dit tot nieuwe academische vragen en kennis heeft geleid, maar ook tot beginnende veranderingen op de werkvloer.

Een praktijkvoorbeeld: exploratie van robotondersteuning

BrightSky is een project waarin de TU Delft samen met andere bedrijven en kennisinstellingen leert hoe reparatie- en onderhoudswerk van vliegtuigonderdelen productiever, lichter en aantrekkelijker kan worden. Bij KLM Engine Services leefde de vraag om te kijken wat de potentie van robotische oplossingen is om hun organisatie toekomstbestendig te maken: in de nabije toekomst is het tekort aan vakmensen een bedreiging voor de organisatie.

Op dit project zijn aangesteld: (1) een robotica promovendus, (2) een postdoc vanuit industrieel ontwerpen, (3) innovatie-experts bij RoboHouse en (4) een senior onderzoeker met een achtergrond in de cognitieve wetenschappen. Daarnaast was het project toegankelijk voor het grotere consortium van wetenschappers rondom FRAIM, zodat we konden experimenteren met transdisciplinair werken in de praktijk.



Afbeelding 1. Een illustratie van een deel van het huidige werkproces om titanium rotorbladen te repareren: het slijpen is fysiek zwaar werk dat vakmanschap vereist.

Selectie van het werkproces en exploratie van mogelijke robotondersteuning

Het team bezocht de werkvloer van KLM Engine Services meerdere malen om het werk, de organisatie en de vakmensen beter te begrijpen. Zo maakten we gebruik van georganiseerde werkbezoeken waarbij verschillende wetenschappers (ingenieurs – waaronder human factors experts, ontwerpers, psychologen en organisatiewetenschappers) tegelijk dezelfde werkprocessen konden zien, waarna hun verschillende perspectieven op huidig en toekomstig werk besproken konden worden. Iedereen zag wat anders, en het totaalbeeld werd daardoor snel scherper. Ook zijn robotici de medewerkers gaan 'schaduwen': een etnografisch-geïnspireerde activiteit, een dag meelopen op de werkvloer.

Al snel leerden de academici dat veel van het reparatiewerk zeer complex is, diepe expertise vereist, en daarmee een schoolvoorbeeld is van werk dat niet overgenomen kon worden door automatisering. Robots hoeven echter niet puur te dienen voor volledige automatisering; ze kunnen ook ingezet worden om specifieke aspecten van het werk te ondersteunen, en die mogelijkheden willen we samen met de vakmensen en de organisatie verkennen.

Op basis van deze bezoeken besloten we gezamenlijk om ons te focussen op de reparatie van titanium rotorbladen uit vliegtuigmotoren. Dit is een fysiek zwaar en variabel proces waarbij handmatig beschadigingen op de complex gevormde rotorbladen worden weggevijld (zie afbeelding 1).

Wanneer een gasturbine voor onderhoud binnenkomt, worden alle rotorbladen gedemonteerd en onderzocht op schade. Deze schade is vaak moeilijk met het blote oog waarneembaar en zit altijd op andere plekken. Het repareren van deze rotorbladen vereist echter diepgaande expertise, die over de tijd ontwikkeld wordt. Maar het werk is ook fysiek zwaar, wat in sommige gevallen leidt tot klachten en uitval.

Het viel ons op dat onderzoekers van verschillende disciplines andere observaties deden: robotici zagen bijvoorbeeld lichamelijk zware taken die mogelijk met een robotarm ondersteund konden worden, terwijl psychologen zich afvroegen welke onderdelen van het werk leuk gevonden werden, en welke saai. De industrieel ontwerper keek naar mogelijkheden en ruimte voor vernieuwing. En de innovatie-expert dacht na over hoe dit werk anders kon door het inzetten van robotica.

Ontwikkelen en testen van een robot prototype

Een van de vakmensen bij KLM bleek een cruciale rol te spelen. Hij wordt gezien als dé expert voor deze reparatiewerkzaamheden. Met en voor hem ontwikkelden we een prototype van een robotarm, dat zijn fysiek zware werk zou kunnen verlichten door ondersteuning te bieden.

Dit prototype, zoals te zien is in afbeelding 2, werd in oktober 2022 tijdens een volgend bezoek aan de werkvloer meegenomen, en bestond uit een KUKA-arm uit het TU Delft Cognitive Robotics lab. Doordat het prototype flexibel en modulair is opgebouwd, zowel qua hardware als software, kon het eenvoudig worden aangepast aan de specifieke behoeften en voorkeuren van individuele werknemers tijdens de demonstratie op de werkvloer.

Tijdens dit bezoek kwamen er zo'n tien medewerkers langs, maar ook teamleiders en managers die nieuwsgierig waren. Het prototype prikkelde tijdens het bezoek de verbeelding van alle aanwezigen; voor veel vakmensen was het de eerste keer dat ze in aanraking kwamen met een robot in een praktische werkomgeving. Deze kennismaking bood hen de kans om te ervaren wat robots daadwerkelijk kunnen, wat vaak sterk afweek van de beeldvorming die ze kenden uit films en media. De interactie verliep vrij natuurlijk. In eerste instantie was er een afwachtende houding vanuit de medewerkers, maar toen de eerste medewerker met de robot begon te werken volgden er snel meer. Dankzij hun vergaande inhoudelijke vak kennis konden de medewerkers snel inschatten welke vormen van ondersteuning wenselijk zouden zijn.



Afbeelding 2. Een van de co-creatieprocessen met een van de vakmensen van KLM, waarbij een KUKA-robotarm gebruikt werd om te onderzoeken welke mogelijke robot-ondersteuning daadwerkelijk zou bijdragen aan een aantrekkelijker werkproces.

De interactie leidde tot veel creativiteit, plezier en nuttige gedeelde kennis op de werkvloer: vakmensen kwamen met nieuwe ideeën en brachten ook naar voren waarom bepaalde vormen van ondersteuning helemaal niet wenselijk of praktisch zijn. De betrokkenheid van de werknemers gedurende het hele proces zorgde voor een gevoel van eigenaarschap en vertrouwen, wat bijdroeg aan een positieve houding ten opzichte van de robot en de onderzoekers. Voor de wetenschappers leverde dit tevens waardevolle en inspirerende onderzoeksvragen op die relevant zijn voor wetenschappelijk onderzoek, waarvan we er één in het onderstaande zullen toelichten.

Alle betrokkenen wilden meteen verder, en praatten regelmatig na over dat bezoek. De vakmensen lieten weten dat zij het vertrouwen hebben gekregen dat zij gehoord worden en een bepalende rol spelen in het vormgeven van hun toekomst van werk.

Transdisciplinair onderzoek en innovatie: met en voor vakmensen

Die start was mooi, maar hoe ga je door zonder te snel in een oplossing te schieten? Tijdens het BrightSky-project werden diverse methoden toegepast die verder gingen dan human factors-onderzoek zoals we dat kenden. We lieten ons inspireren door etnografische methodes (het schaduwen van vakmensen), door transdisciplinaire methodes (het gezamenlijk bezoeken van de werkvloer met experts vanuit verschillende disciplines, om daarna observaties van onderzoekers en personeel te delen), co-creatie activiteiten, en het ontwikkelen van prototypes.

Omdat er een roboticus en ontwerper op het project aangesteld waren, is er vooral ook veel geleerd over hoe Robotica en Industrieel Ontwerpen zowel verschillende als aanvullende vakgebieden zijn – en wat die kunnen leren van de werkvloer. Waar de roboticus naar



Afbeelding 3. Drie parallelle activiteiten van onderzoek en innovatie: (1) academisch onderzoek, (2) bezoeken op de werkvloer, (3) innovatie middels prototypes waarmee nieuwe werkprocessen ervaren kunnen worden.

taakanalyses en optimalisaties kijkt, verkent de ontwerper nieuwe mogelijkheden om naar een gewenste toekomstige situatie te kunnen bewegen, bekeken vanuit een creatieve en kritische bril. De vakmensen op de werkvloer brachten hun eigen ervaringen mee, net als experts van hun eigen vakgebied. Transdisciplinair werken integreert deze verschillende manieren van kennis en kunde, zowel academisch als praktisch.

Ruwweg kunnen de activiteiten die we sinds oktober 2022 hebben ontplooid, samengevat worden in drie parallelle fases (zie ook afbeelding 3).

Activiteit 1: academisch onderzoek

Voor een gestructureerde setting waarin mogelijke vormen van robotondersteuning gedetailleerd en reproduceerbaar bestudeerd kunnen worden, hebben we een abstractie van de taak gemaakt (2-dimensionaal, zie afbeelding 4). Deze opstelling biedt de mogelijkheid om aspecten te onderzoeken die op de werkvloer lastiger te isoleren en controleren zijn, zoals bijvoorbeeld de rolverdelingen tussen mens en robot bij fysieke mens-robot-samenwerking (De Santis, 2008). Meer specifiek: robots kunnen vakmensen op verschillende manieren ondersteunen: door krachten te leveren, nauwkeurige posities aan te houden, of door specifieke vrijheidsgraden van beweging te controleren. Welke vorm van ondersteuning het meest effectief is, hangt af van de specifieke taak en de behoeften van de vakmensen. Er ontstonden daarmee academische vragen op het grensvlak van robotica en human factors, zoals: 'Wat is de impact van verschillende vormen van robotondersteuning op de werkervaring, algehele prestaties en de fysieke en mentale belasting van de mens?' Deze vragen worden onderzocht aan de hand van vier verschillende experimentele condities:

1. *Volledige controle door de mens.* De mens is verantwoordelijk voor zowel het positioneren van de robot als het uitoefenen van de neerwaartse kracht.
2. *Gedeelde controle.* De mens positioneert de robot, terwijl de robot de neerwaartse kracht levert.
3. *Gedeelde controle.* De robot beweegt naar de juiste posities, terwijl de mens de kracht uitoefent op het te repareren oppervlak.

4. *Volledige controle door de robot.* De robot neemt zowel de positionering als het leveren van de kracht over, terwijl de mens enkel toezicht houdt en ingrijpt als de robot fouten maakt.

Dit academisch onderzoek, dat momenteel uitgevoerd wordt door de promovendus, heeft niet alleen het leveren van wetenschappelijke inzichten als doel, maar biedt ook praktische handvatten voor het ontwerpen van robotondersteuning die aansluit bij de behoeften van vakmensen in de praktijk.



Afbeelding 4. De gecontroleerde labopstelling, waarmee op een reproduceerbare manier empirisch onderzoek gedaan kan worden om zo robotondersteuning in fysieke mens-robot-interactie te ontwerpen die de ervaring van de werknemer ondersteunt.

Activiteit 2: bezoeken op de werkvloer

Academici en innovatie-experts leren tijdens deze bezoeken van de vakmensen, en vice versa. Door de gezamenlijke inzichten kan er een rijkere exploratie rondom toekomstig werk plaatsvinden. In dit project werkten we onder andere met *speculative design*: een ontwerpgerichte benadering in dit project heeft werknemers geholpen om vanuit het heden na te denken over hun toekomst. Door fictieve ontwerpvoorstellen te ontwikkelen en te ervaren, kunnen zij hun huidige en mogelijke toekomstige situaties beter vergelijken. Dit geeft hen meer controle over het innovatieproces, waardoor ze meer vertrouwen krijgen en daarmee meer inspraak en handelingsvrijheid binnen het Brightsky-project.

Activiteit 3: innovatie middels prototypes

In het consortium ontwikkelden de robotici aanvankelijk ideeën rondom cobot-ondersteuning, met de focus op het verlagen van neerwaartse krachten zonder het vakmanschap te vervangen. Een van de vakmensen introduceerde echter een mechanisch prototype dat hij al jaren in gedachten had, maar dat nooit werd gerealiseerd. Hoewel hij actief bijdroeg aan het ontwerp van het robotprototype, had hij ook alternatieve ideeën die geen robotimplementatie vereisten. Aanvankelijk werd dit mechanische concept door de academische robotici als minder wetenschappelijk interessant beschouwd, waardoor het onopgemerkt bleef. Pas later, tijdens een werkbezoek waarbij ook innovatie-experts aanwezig waren, werd het team zich bewust van de potentie van dit mechanische systeem als substantiële verbetering ten opzichte van de bestaande methoden en gereedschappen. Het zou ook een oplossing kunnen zijn die redelijk economisch kon worden uitgevoerd (dat wil zeggen zonder een dure robot). Aan de andere kant zou een robotoplossing nog meer flexibiliteit kunnen bieden voor verschillende types *fan blades*. Het idee van de vakman bleek echter ook een goede manier om de robotondersteuning te simuleren, waar geen roboticus op geko-

men was. Het team besloot parallel beide oplossingsrichtingen te ontwikkelen: een robotprototype én een mechanisch prototype – zodat beide vergeleken konden worden door de vakmensen. Via een iteratief co-ontwerpproces werd een eerste mechanisch prototype ontwikkeld. Naast het bieden van een potentiële oplossing voor het verbeteren van de blending-taak en een inspiratie voor ontwerp van robotondersteuning, wordt verwacht dat dit prototype zal dienen als een belangrijke benchmark bij de evaluatie van de zich ontwikkelende cobot-oplossingen. Het heeft ook gediend als een belangrijk communicatiemiddel tussen de vakman en het transdisciplinaire team, en de organisatie.

Deze situatie illustreert hoe robotici vaak een onderzoeksagenda hebben gericht op het genereren van nieuwe kennis over robots en mens-robotinteractie, waarbij de commerciële of praktische toepasbaarheid van alternatieve oplossingen minder centraal staat. Innovators, zoals de vertegenwoordigers van Robohouse, hanteren echter een pragmatischer benadering, waarbij de focus ligt op het behalen van resultaten, ongeacht of dat door middel van robotica of andere technieken gebeurt. Dit benadrukt de verschillende prioriteiten en perspectieven binnen het consortium.

Bijdrage aan het HF-kennisdomein

In dit artikel wordt gepleit voor een bredere aanpak dan gebruikelijk binnen het Human Factors-domein, waarbij niet alleen de fysieke, maar ook de psychologische dimensies van mens-robot-interactie worden bekeken. In het Brightsky-project wordt de *usecase* van het repareren van *fan blades* beschouwd als een *socio-technisch systeem* waarin vakmensen, robots en de werkomgeving op elkaar inwerken. Deze aanpak erkent dat robottechnologieën niet alleen in laboratoria ontwikkeld kunnen worden, maar dat het betrekken van vakmensen en het integreren van inzichten uit andere disciplines, onder andere de werk- en organisatiepsychologie, essentieel is om de impact van deze technologieën op het welzijn van werknemers te begrijpen. In de traditionele Human Factors-aanpak blijft dit bredere perspectief vaak onderbelicht.

Door een transdisciplinaire methodiek te hanteren, waarbij academici, innovatie-experts en vakmensen van elkaar leren, ontstaat een rijkere, meer genuanceerde benadering van robotimplementatie. In plaats van technologisch gedreven oplossingsdenken en ‘techno-optimisme’ – waarin technologie wordt gezien als dé oplossing voor alle problemen – bepleit dit project een meer kritische, reflectieve houding. Deze benadering stimuleert het vinden van nieuwe ingangen voor innovatie, waarbij de *menselijke ervaring* en *systeemprestaties* elkaar versterken.

Zodoende is het implementeren van robotondersteuning in dit project, gericht op het *herontwerpen van bestaande werkprocessen*, waarbij vakmensen op een actieve manier fysiek samenwerken met robots in plaats van taken volledig te automatiseren. Door deze vorm van samenwerking behouden werknemers controle over cognitieve aspecten van het werk, terwijl de robot ondersteuning biedt bij de fysieke aspecten van de werkzaamheden. Het idee achter dit ontwerpprincipe is dat medewerkers op deze manier autonomie en zingeving blijven ervaren, terwijl ze worden ontlast van het fysiek zware werk. Door taken te verdelen volgens de principes van Fitts (Fitts, 1951), waarbij de robot fysieke taken overneemt en de mens cognitieve controle behoudt, verwachten we niet alleen dat de *systeemprestaties* in de vorm van productiviteit toe zullen nemen, maar ook dat medewerkers meer autonomie ervaren en het werk bevredigender vinden ten opzichte van andere vormen van ondersteuning. Om deze en andere veronderstellingen te valideren, wordt de impact van verschillende rolverdelingen tussen mens en robot, de productiviteit en werkervaring geëvalueerd in een gecontroleerde labopstelling, die parallel aan het prototype op de werkvloer is ontwikkeld. Deze opstelling, die de daadwerkelijke reparatietask zo dicht mogelijk benadert, maakt het mogelijk om de inzichten uit de labstudies direct te vertalen naar de praktijk.



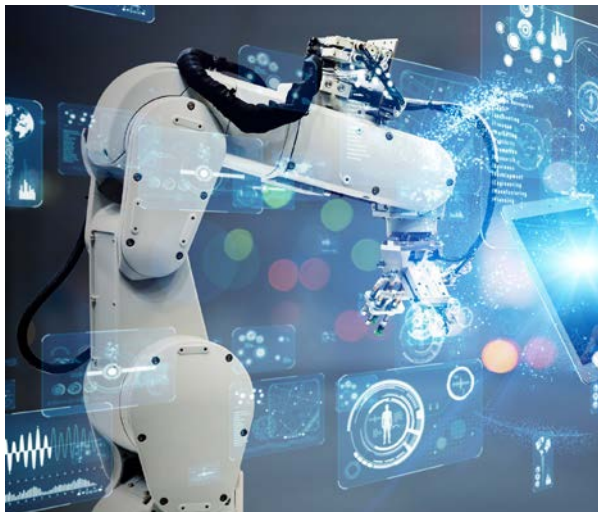
Conclusie

In dit artikel schetsen we een beeld van het *proces* waarmee we verschillende manieren van kennis en kunde proberen te contrasteren om bij te kunnen dragen aan beter werk rondom robotica. Er is nog geen 'oplossing' in de vorm van een geïmplementeerd prototype, maar er is een verandering ontstaan in de academici, innovatie-experts en vakmensen die op dit project werken – ze proberen van elkaar te leren.

Een belangrijk onderdeel van deze aanpak is om voorbij te gaan aan de valkuil van technologisch gedreven oplossingsdenken en een zeker 'techno-optimisme': dat we met het zoeken naar de juiste technologie alle problemen kunnen oplossen. Transdisciplinair werken verbindt de potentie van techniek met een kritisch onderzoekende houding die genuanceerde inzichten oplevert en nieuwe ingangen creëert voor innovatie. Voor het Human Factors-vakgebied liggen er kansen wanneer het proces belicht wordt vanuit transdisciplinariteit. Bijvoorbeeld hoe kennis die ontwikkeld wordt binnen het vakgebied kan veranderen wanneer het proces vanuit andere disciplines bekeken wordt, maar ook hoe Human Factors-specialisten nieuwe rollen binnen een innovatieproces kunnen gaan oppakken en nieuwe expertise nodig hebben wanneer ze deelnemen binnen transdisciplinaire vormen van samenwerking.

Referenties

- De Santis, A., Siciliano, B., De Luca, A., & Bicchi, A. (2008). An atlas of physical human-robot interaction. *Mechanism and Machine Theory*, 43(3), 253-270. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2007.03.003>.
- Dzieza, J. (2020, February 27). *Robots aren't taking our jobs – they're becoming our bosses*. The Verge. URL: <https://www.theverge.com/2020/2/27/21155254/automation-robots-unemployment-jobs-vs-human-google-amazon>.
- Fitts, P.M. (Ed.) (1951). *Human engineering for an effective air navigation and traffic control system*. National Research Council.
- Mol, N., et al. (2024). *Achieving meaningful collaboration: Worker-centered design of a physical human-robot collaborative blending task*. Presented at the 40th Anniversary of the IEEE Conference on Robotics and Automation (ICRA@40).



Over de auteurs



Nicky Mol
Promovendus Mens-Robot Interactie
Werktuigbouwkunde, Department of
Cognitive Robotics
TU Delft, Delft
nicky.mol@tudelft.nl



Alessandro Ianniello
Postdoctoraal onderzoeker Mens-
Robot Interactie
Werktuigbouwkunde, Department of
Cognitive Robotics
TU Delft, Delft



Olger Siebinga
Werktuigbouwkunde, Department of
Cognitive Robotics
TU Delft, Delft



Marco Rozendaal
Industrieel Ontwerpen, Human-
centered Design
TU Delft, Delft



Eva Verhoef
RoboHouse
TU Delft, Delft, Nederland



J. Micah Prendergast
Werktuigbouwkunde, Department of
Cognitive Robotics
TU Delft, Delft



Luka Peterel
Universitair Hoofddocent in Mens-
Robot Interactie
Department of Cognitive Robotics
TU Delft, Delft



David Abbink
Werktuigbouwkunde/Cognitive
Robotics
Industrieel Ontwerpen/Sustainable
Design Engineering FRAIM
TU Delft, Delft