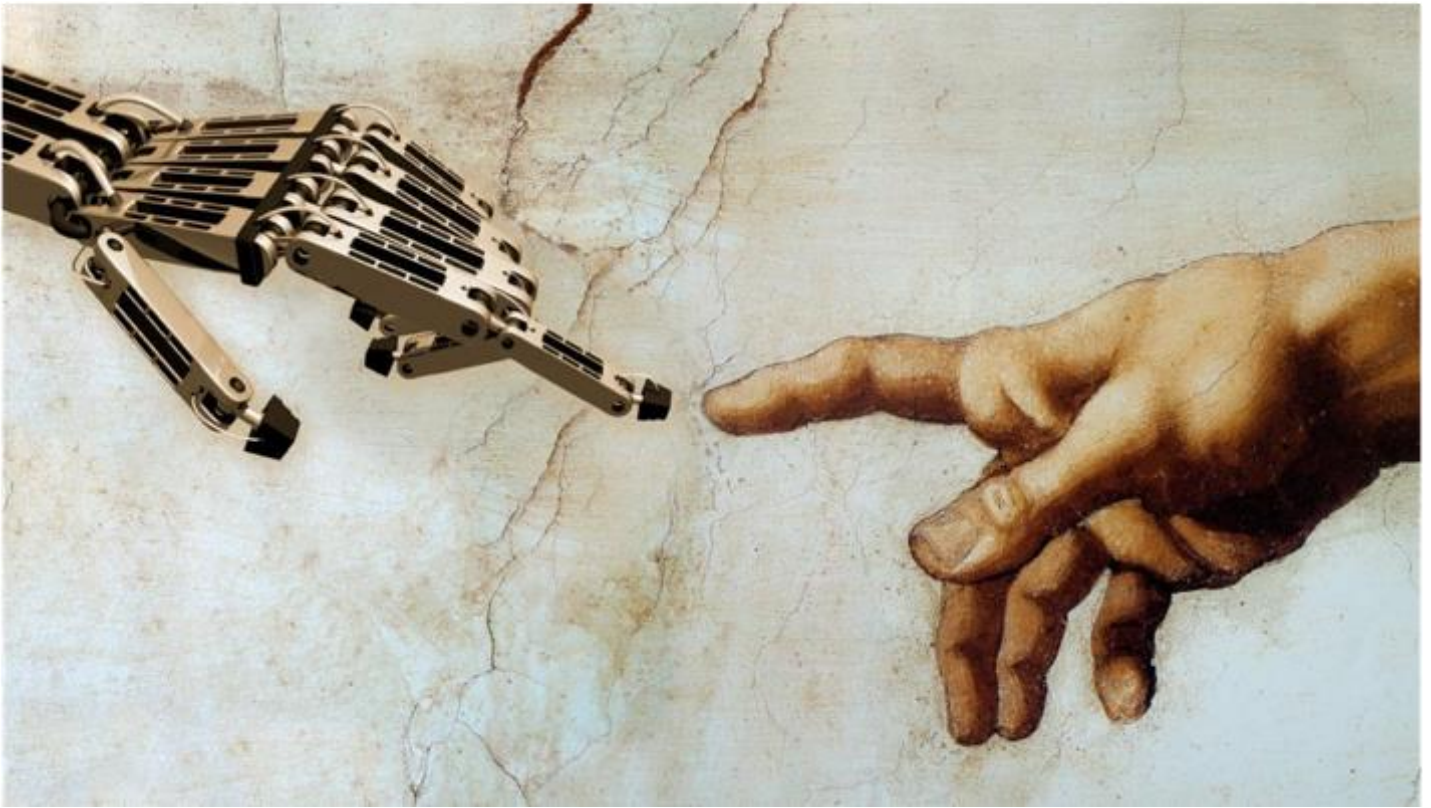




Onvoorspelbaarheid verleden tijd?

Een kwantitatief onderzoek naar de effectiviteit van lichtpatronen op transport robots.

Onvoorspelbaarheid verleden tijd?

Een praktijkgericht onderzoek naar de effectiviteit van lichtpatronen op transport robots, uitgevoerd binnen het RAAK-MKB-project Close Encounters with Co-bots met als penvoerder het lectoraat Mens en Technologie.

Auteur: Danique van Schoonhoven

Studentnummer: 3292347

Datum en plaats: 30 maart 2021, Sittard

In opdracht van: Het Lectoraat Mens en Technologie

Docent sr. Onderzoeker: Marijke Bergman

Instituut: Fontys Hogeschool HRM en Psychologie

Eerste assessor: Suzanne Sterk

Tweede assessor: Kazimier Helfenrath

Voorwoord

Deze scriptie is geschreven ter afsluiting van de Hbo-bachelor Toegepaste Psychologie aan de Fontys hogeschool. Mijn afstudeerscriptie heeft betrekking op de effectieve samenwerking tussen mens en robot op de industriële werkvloer. De relatie tussen mens en robot vind ik een fascinerend onderwerp waarin de psychologie, om tot een goede onderliggende communicatie te komen, absoluut niet mag ontbreken. Deze afstudeeropdracht heeft mij uitgedaagd en mijn kennis vergroot.

Graag wil ik Marijke Bergman bedanken voor de goede begeleiding en het gegeven vertrouwen. Ook heeft zij mij gestimuleerd om nieuwe uitdagingen aan te gaan. Ook wil ik Mariëlle Rosendaal bedanken voor alle hulp, betrokkenheid en de leuke lectoraat bijeenkomsten. Verder wil ik Kazimier Helfenrath bedanken voor zijn betrokkenheid en ondersteuning. Tijdens nuttige bijeenkomsten voelde ik mij door hem als student gehoord en gezien. Suzanne Sterk dank ik voor de nuttige feedback. Ook dank ik alle respondenten die mee hebben gewerkt aan dit onderzoek.

Tevens wil ik mijn medestudent Saskia de Jong en mijn huisgenoot Margot vial bedanken voor alle sparmomenten en goede gesprekken. Zij hebben mij moreel ondersteunt en gaven mij waardevolle feedback. Tot slot wil ik mijn ouders in het bijzonder bedanken. Hun luisterend oor en wijze raad hebben mij geholpen tijdens dit proces.

Danique van Schoonhoven

Maart 2021, Sittard

Samenvatting

Collaboratieve robots (Co-bots) winnen de laatste jaren steeds meer terrein. Co-bots zijn in staat om zowel met als naast mensen te werken. In dit onderzoek staat de Co-bot variant transport robot centraal. Transportschroeven- en machinefabriek Van Beek bezit een transport robot en heeft een drietal kleuren als lichtpatronen. Deze worden als te abstract ervaren door de medewerkers. Dit zorgt voor een lage mate van voorspelbaarheid en dat heeft een ongunstig effect op de gebruikerservaring. Om deze gebruikerservaring te verbeteren is er via het RAAK-MKB-project Close encounters with Co-bots extra ruimte vrijgemaakt om te experimenteren met nieuwe lichtpatronen die de richting intentie weergeven. Daarvan uit is onderzocht in hoeverre er effect is van deze lichtpatronen op de gebruikerservaring.

Om een antwoord te geven op de onderzoeksvraag is er een video experiment uitgevoerd waarbij een digitale vragenlijst is verstrekt. Er zijn drie video's opgenomen waarin de transport robot de camera tegemoet rijdt. In elk videofragment zendt de transport robot een ander lichtpatroon uit. Tijdens het experiment zijn de bestaande lichtpatronen van de transport robot afgeplakt om dubbelzinnigheid te voorkomen. Tijdens dit onderzoek is er geëxperimenteerd met drie groepen van elk 30 respondenten. Elke groep heeft een ander videofragment beoordeeld aan de hand van een algemeen opgestelde- en dus voor ieder gelijke- vragenlijst.

Uit de antwoorden op de vragenlijst is gebleken dat alle nieuwe lichtpatronen een positieve invloed hebben op de mate van voorspelbaarheid. Vooral knipperlicht heeft een positief effect op de waargenomen veiligheid. Dit betekent dat in dit onderzoek toegepaste lichtpatronen op de transport robot de gebruikerservaring optimaliseert. De transport robot is hierdoor voorspelbaarder en het knipperlicht zorgt voor meer veiligheid.

Door het introduceren van het knipperlicht patroon op de transport robot binnen het Transportschroeven- en machinefabriek Van Beek zal de samenwerking direct voorspelbaarder worden en de gebruikerservaring van medewerkers bevorderen. Om deze in combinatie met de bestaande lichtpatronen toe te passen is het wel noodzakelijk om de medewerkers op een leuke en informatieve wijze op de hoogte te brengen van de nieuwe lichtpatronen in combinatie met de bestaande.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
1. Inleiding	7
1.1 Doelstelling	10
1.2 onderzoeksvragen.....	10
2. Theoretisch kader.....	11
2.1 Human-Robot interaction (HRI)	11
2.2 Human robot communication (HRC) in een industriële context.	12
2.3 Voorspelbaarheid en leesbaarheid	13
2.4 Begrijpelijkheid en intuïtief gedrag	14
2.5 Aangenaamheid	15
2.6 Non-verbale communicatie	16
2.7 Licht als non-verbaal communicatiemiddel.....	17
2.7.1 Effect van kleur	19
2.8 Conclusie.....	20
3. Methode	21
3.1 Respondenten	21
3.2 Meetinstrument.....	22
3.3 Procedure	24
3.3.1 Pre-test.....	24
3.3.2 Experiment opzet: de sociale regels.....	25
3.3.3 Soorten lichtpatronen	26
3.4 Onderzoeklocatie	26
3.4.1 Test materiaal	27
3.5 Analyse	27
4. Resultaten	28
5 Discussie	29
5.1 Conclusie.....	29
5.2 Discussie	30
5.3 Aanbevelingen.....	32

Literatuurlijst.....	34
Bijlagen.....	41
1. Meet instrument.....	41
2. E-mail werving respondenten.....	44
3. Mock up kaart.....	44
4. Onderzoek locatie foto's.....	45
5. Specificaties materiaal en montage.....	46
6. Extra toelichting drie scenario's	48
7. Analyse plan	51
8. Syntax.....	52
9. Relevante output	55
10. Ethische verantwoording.....	58

1. Inleiding

Slimme machines, robotarmen en vergaande automatisering worden op de industriële markt steeds vaker ingezet en ontwikkelen zich razendsnel (Peters, Corporaal & Vos, 2018). Volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek zet namelijk 29% procent van de bedrijven een industriële of service robot in. De industrie is dan ook momenteel de grootste bedrijfstak waarin robots actief zijn (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2019). In het bijzonder winnen de zogeheten Collaboratieve robots (Co-bots) de laatste jaren meer terrein. Door hun betere interactiemogelijkheden worden ze steeds interessanter en zetten daarmee de volgende stap in het proces van de samenwerking tussen mens en machine. Deze gaat bij Co-bots verder en is complexer dan bij industriële robots, die vaak worden ingezet binnen (sterk) gestandaardiseerde productieprocessen zoals bijvoorbeeld in de auto-industrie waar ze onder meer afgebakende handelingen verrichten m.b.t. laswerkzaamheden en spuitverven (OLMIA Robotics, z.d.). Co-bots daarentegen vinden, naast hun toepassingen in industriële omgevingen, steeds meer hun weg in publieke ruimtes. Deze bredere inzetbaarheid hebben ze te danken aan hun flexibele, anticiperende en responsieve gedrag. Co-bots draaien onder meer mee als ondersteuning en bij het uitvoeren van taken met betrekking tot de schoonmaak in supermarkten, bezorging van post in kantoorgebouwen en service in ziekenhuizen. In deze omgevingen kan de Co-bot in contact komen met mensen die mogelijk nog niet eerder een robot hebben gezien, of ermee hebben samengewerkt. Bij dit soort ontmoetingen is het van essentieel belang dat de robot en zijn bewegingen vertrouwen opwekt en daarnaast geen stress veroorzaakt. Ook dienen er ingebouwde veiligheidsmaatregelen te worden opgenomen waardoor medewerkers geen gevaar oplopen. Pas als aan deze voorwaarden is voldaan zal de mens zich op zijn gemak voelen en de samenwerking ook als veilig worden ervaren (Pacchierotti et al., 2006). Het belang – en de noodzaak - van een hoogwaardige en veilige samenwerking wordt ook benadrukt door Freese et al. (2018). Hancock et al. (2011) pleiten tevens voor het smeden van effectieve mens-co-bot partnerschappen om succes te verzekeren (Hancock et al., 2011).

Een type Co-bot waarbij het oplossen van deze vraagstukken centraal staat is de zogenoemde Automated Guided Vehicle (AGV). Een AGV is een volledig geautomatiseerd onbemand voertuig die zichzelf op basis van opdrachten met behulp van navigatietechnieken voortbeweegt. AGV's worden ingezet binnen magazijnen waaronder die van Amazon (Jungheinrich, 2020). Echter zijn deze volgens Gibas, (2021) wel beperkt doordat ze vaste routes moeten volgen en zijn hierdoor minder flexibel inzetbaar zijn. Inmiddels is ook een intelligentere variant ontwikkeld namelijk de Autonomous Mobile Robot (AMR). In de basis zijn deze twee varianten gelijk want beide type robots verplaatsen materialen door magazijnen en productiehallen. Echter de AMR vindt, in tegenstelling tot de AGV, dankzij de toevoeging van camera's en sensoren geheel zelfstandig zijn weg. Deze AMR transport robot stelt zelf een plattegrond samen van de ruimte en rijdt, zonder tegen objecten aan te botsen zijn voorgenomen pad af. Dit maakt de robot een stuk autonomer en veiliger dan de AGV (OLMIA Robotics B.V., z.d.). In dit onderzoek staat een AMR-variant: de Mobile Industrial Robot (MiR 100) met zijn communicatiemogelijkheden centraal. Om verwarring tussen de verschillende varianten te voorkomen zal in dit onderzoek de term transport robot worden gebruikt.

Een van de organisaties waar een transport robot wordt ingezet is bij de firma Van Beek. Uit een gehouden vooronderzoek is gebleken dat begrijpelijkheid en voorspelbaarheid sterk afhankelijk zijn van het gedrag van de transport robot ("Oriëntatiegesprek Van Beek"). Van Beek is een machinefabriek met een duidelijke focus op één product namelijk schroeftransport. Binnen het logistieke proces van dit bedrijf is een transport robot opgenomen (de MiR 100). Deze transport robot bepaalt zijn weg op basis van een geprogrammeerde plattegrond, die door middel van rechte lijnen op de grond door de fabriek zijn aangegeven. Het bedrijf werkt actief om de acceptatie te vergroten tussen de transport robot en de medewerkers. De transport robot heeft zelfs al een naam gekregen en heet "Arie". Arie klinkt namelijk minder abstract dan gewoonweg transport robot en het voelt menselijker en collegialer aan. Uit het oriëntatiegesprek bij Van Beek kwam naar voren dat de feedback van "Arie" nog te beperkt is en dat deze transport robot nog niet voldoende begrijpelijk en voorspelbaar is. Dat zorgt ervoor dat medewerkers soms minder vertrouwen ervaren. Omdat de omgeving te luidruchtig is geeft de transport robot geen verbale signalen zoals geluid af, maar maakt wel gebruik van lichtpatronen. Momenteel zijn dat een drietal kleuren met elk een eigen betekenis. De medewerkers reageren weinig tot niet op de kleuren omdat deze toch nog als te onduidelijk worden ervaren. Ook kwam uit het oriëntatiegesprek bij Van Beek naar voren dat de transport robot nog over (te) weinig non-verbale communicatiemiddelen beschikt, maar is er ook twijfel of medewerkers er daadwerkelijk baat bij zouden hebben als de transport robot meer en duidelijker feedback terug zou geven. Met teruggevende feedback wordt bedoeld dat de transport robot zijn geplande bewegingen in een bepaalde vorm aan de medewerker kan doorgeven, zodat de medewerker hierop kan anticiperen ("Oriëntatiegesprek Van Beek").

Volgens Freese et al. (2018) is er bij bedrijven zeker nog veel ruimte voor verbetering bij transport robots m.b.t. inzet en communicatiemogelijkheden. Zij vinden de schaal waarop er geëxperimenteerd wordt met betrekking tot de interactie tussen mens en robot op de werkvloer te bescheiden. Dit draagt ook bij aan de gedachte dat robots vaak niet financieel aantrekkelijk zijn en dat heeft volgens Freese et al. (2018) alles te maken met de nog onbenutte mogelijkheden en daarmee hun concurrentiepositie ten opzichte van de mens (Freese et al., 2018).

Bovenstaande geeft aan dat voorspelbaarheid van fundamenteel belang is voor de samenwerking tussen een transport robot en de mens. Echter in de praktijk schiet dit vaak nog tekort. Dit wordt bevestigd door recent onderzoek van Koppenborg, Nickel, Naber, Lungfiel, & Huelke (2017) waaruit blijkt dat een lagere voorspelbaarheid bij robots ervoor zorgt dat er bij de mens een hoger gevoel van angst en werkbelasting wordt ervaren. Dat leidt uiteindelijk tot lagere taakprestaties (Koppenborg, Nickel, Naber, Lungfiel, & Huelke, 2017). Anderzijds blijkt, volgens Villani, Pini, Leali, & Secchi (2018) dat als er goede samenwerking tussen robot en mens plaats vindt, dat de productiviteit van de werknemer wordt verhoogd. Dit omdat de transport robot werk uithanden kan nemen en daardoor stress en vermoeidheid van de mens, door een lagere taakbelasting en minder fysieke belasting zoals het tillen/verplaatsen van producten zal afnemen. (Villani, Pini, Leali, & Secchi 2018). Het bepalen van voorspelbaarheid verdient dus veel aandacht. De taakuitvoering van de mens wordt grotendeels beïnvloed door de mate waarin de transport robot-bewegingen duidelijk zijn.

Om tot een verbetering van deze communicatiemogelijkheden te komen richt dit onderzoek zich op lichtpatronen. Door het adequaat toepassen van lichtpatronen, die de toekomstige robotbewegingen duiden, kan de transport robot zijn intenties duidelijk maken aan de mens. Volgens Fernandez et al. (2018) kan met behulp van lichtpatronen, die als richting aanwijzing dienen voor het beoogde pad van de Co-bot, de kans worden geminimaliseerd dat er conflicten tussen mens en co-bot ontstaan in de vorm van elkaar kruisende trajecten (Fernandez et al., 2018). Tevens is de beschikbaarheid van intuïtieve manieren om met de transport robot te communiceren een erg belangrijke factor dat zorgt voor een grotere acceptatie van transport robots. Door deze intuïtieve benaderingswijze toe te passen kan helder en direct met de transport robot gecommuniceerd worden, zonder dat er gespecialiseerde kennis te pas hoeft te komen en worden gebruikersfouten uiteindelijk geminimaliseerd (Villani et al., 2018). Dit zal dan ook meegenomen worden in de keuze van lichtpatronen, zodat de betekenis van de lichtpatronen eenvoudig te interpreteren zijn.

Dit onderzoek wordt uitgevoerd bij het lectoraat “Mens en Technologie” (Hogeschool Fontys) hier staat de wederzijdse beïnvloeding van mens en machine centraal. Studenten en docenten voeren praktijkgericht onderzoek uit met een focus op het raakvlak van technologie en psychologie. Hierbij is via het RAAK-MKB-project Close Encounters with Co-bots extra ruimte vrijgemaakt voor een onderzoek naar de verbeterde interactie tussen transport robot en de mens. Dit project is onder leiding van Marijke Bergman in november 2018 van start gegaan. Het project is een interdisciplinaire samenwerking tussen de vakgebieden psychologie, mechatronica en ICT binnen Fontys Hogescholen en Saxion Hogeschool waarbij negen participerende bedrijven betrokken. Hun activiteiten variëren van industriële productie, robotica ontwikkeling, systeem- en robotleverancier, productieautomatisering en sociale werkvoorziening. Daarnaast zijn kennisinstellingen TU/e, coöperatie Brainport Industries en Holland Robotics nauw betrokken. De ambitie van het project is het verbeteren van de effectieve samenwerking tussen medewerker en co-bot op de industriële werkvloer.

Op basis van de geraadpleegde literatuur en overig verkregen informatie kan gesteld worden dat de intenties van de transport robot door de mens als niet voldoende begrijpelijk en voorspelbaar worden ervaren. Dat heeft geen positieve invloed op de gebruikerservaring en de productiviteit. Er is dan ook binnen het MKB een grote behoefte om meer grip te krijgen op deze mens gerelateerde aspecten. Dit om succesvol te werk te gaan en om uiteindelijk ruimte te creëren voor nieuwe ideeën en ontwikkelingen. De mate van voorspelbaarheid, waargenomen veiligheid en de beleving zijn belangrijke begrippen die bepalend zijn voor de gebruikerservaring van en het gebruik van de transport robot. Om deze te verhogen en respectievelijk te verbeteren wordt er onderzocht in welke mate (verschillende) lichtpatronen hierbij als voorspeller van de intenties van de transport robot kunnen bijdragen. De transport robot (MiR 100) uit dit onderzoek bezit momenteel over een drietal kleuren met elk een eigen betekenis. De medewerkers reageren weinig tot niet op de kleuren omdat deze toch nog als te onduidelijk worden ervaren. De behoefte dat de transport robot meer duidelijkheid geeft over zijn geplande bewegingen in een bepaalde vorm aan de medewerker is er, zodat de medewerker hierop kan anticiperen. Ook dienen lichtpatronen van de transport robot naar de mens eenvoudig en eenduidig ontvangen en begrepen te worden. Bij voorkeur op intuïtieve wijze zodat de mens “aanvoelt” wat er van hen verwacht wordt en weet hoe vervolgens te reageren. Het onderzoek zal zich daarom richten op de

diverse vormen en toepasbaarheden van lichtpatronen om vervolgens te bepalen welke lichtpatronen het meest voorspelbare en veilige effect hebben en welke een prettige beleving veroorzaken en dus optimaal bijdragen aan de samenwerking tussen transport robot en mens. De insteek van dit onderzoek is praktijkgericht en heeft tot doel om de resultaten ook direct van waarde te laten zijn voor een betere samenwerking tussen transport robot en de mens.

1.1 Doelstelling

Het RAAK-MKB-project Close Encounters with Co-bots streeft naar een nog betere voorspelbare en begrijpelijke interactie tussen transport robot en mens met waarborging van de veiligheid. Het is daarbij van fundamenteel belang dat de medewerkers de intenties, met betrekking tot de route van de transport robot kunnen voorspellen en dat deze signalen op zo'n natuurlijk en intuïtieve manier verlopen. Communicatie kan worden ingezet om de intentie over te brengen om de mens. Het gebruikte communicatiekanaal is in dit onderzoek lichtpatronen. Dit door inzicht te krijgen in: welke al dan niet bedoelde communicatieve informatie zendt de transport robot uit en hoe wordt deze door de medewerker geïnterpreteerd en beleefd? Ook is het van belang om helder te krijgen hoe de mens de intenties van de transport robot interpreteert en beleefd.

1.2 onderzoeksvragen

Het Project Close Encounters with Co-bots heeft de volgende **adviesvraag** opgesteld:

"Hoe kunnen transport robots met toevoeging van lichtsignalen op een voorspelbare en intuïtieve manier hun intenties met betrekking tot het voorgenomen pad laten zien aan de mens"

Om antwoord te kunnen geven op de adviesvraag is de volgende **onderzoeksvraag** opgesteld:

Tijdens dit onderzoek is er onderzocht in hoeverre er effect is van verschillende soorten lichtpatronen die gepresenteerd zijn in een video opname wat een interactie moment nabootst vanuit oogperspectief, met als doel de samenwerking tussen transport robot en persoon te versterken en de gebruikerservaring te verrijken. Van hieruit is de volgende onderzoeksvraag geformuleerd met daaronder deelvragen die gaan helpen om de onderzoeksvraag te beantwoorden.

"In hoeverre is er effect van lichtpatronen, die bedoeld zijn om de intenties met betrekking tot de route van de transport robot duidelijk te maken, op de gebruikerservaring?"

Om antwoord te geven op de onderzoeksvraag zijn de volgende **deelvragen** opgesteld:

- In hoeverre hebben lichtpatronen invloed op de voorspelbaarheid van de transport robot?
- In hoeverre hebben lichtpatronen invloed op de aangenaamheid van de transport robot?
- In hoeverre hebben lichtpatronen invloed op de waargenomen veiligheid van de transport robot?

2. Theoretisch kader

Het theoretisch kader voor dit onderzoek wordt gevormd door uit de literatuur beschikbare informatie te verzamelen en vervolgens te bepalen in welke mate deze bruikbaar zijn voor dit onderzoek.

Allereerst wordt de huidige stand van zaken betreffende de robot-mens interactie (HRI) in kaart gebracht. Aansluitend zal de Human robot communication (HRC) worden benoemd en beschreven waar nog ruimte voor verbetering mogelijk is. Tevens zal worden ingegaan op de mogelijkheden van het operationaliseren van voorspelbaarheid, leesbaarheid, begrijpelijkheid, intuïtief, aangenaamheid en non-verbale communicatie. Tenslotte wordt er gekeken welke uitspraken er reeds zijn gedaan zijn over het specifieke effect van lichtpatronen en kleur op transport robots en autonome voertuigen en welke conclusies van belang zijn voor de verdere invulling en aanpak van het onderzoek.

2.1 Human-Robot interaction (HRI)

Human-robot interaction (HRI) is volgens Seel (2014) een uitdagend multidisciplinair veld op het snijvlak van de psychologie en de cognitieve en sociale wetenschappen. Het heeft betrekking op de mens-computerinteractie, robotica, informatica, kunstmatige intelligentie, ontwerp, taalbegrip. Het omvat dan ook bijna alle situaties waarbij er een interactie kan ontstaan tussen mens en robot. Het belangrijkste doel is volgens hem om de robot, in ons geval de transport robot, verschillende vaardigheden te geven die de interactie met mensen vergroten en vereenvoudigen, zodat deze samenwerking uiteindelijk zo effectief en intuïtief mogelijk wordt (Seel, 2014).

Het is belangrijk om aandacht te geven aan de herkenning van robot intenties vanuit het perspectief van de mens (Dautenhahn, 2007). De interactie tussen mens en robot wordt al langere tijd bestudeerd, waarbij de focus vooral ligt op de herkenning van de menselijke intenties. Echter een robot die zijn bedoelingen namelijk effectief communiceert met zijn samenwerkingspartner, zorgt voor begrip en voorspelbare situaties, tevens wordt wederzijds onbegrip geminimaliseerd (Dautenhahn, 2007). Dit wordt ook door Norman (2013) beaamd. Hoffman & Breazeal, (2004) stellen verder dat het tijdens een interactie moment van mens en autonome robot van groot belang is dat ze goed met elkaar kunnen communiceren en informatie met elkaar delen, om zo een gezamenlijke actie te laten ontstaan. Dit is in lijn met de Joint Intention Theory die aangeeft dat voor efficiënte samenwerking een open communicatie wordt vereist en dat deze intenties op een begrijpbare manier moeten worden gedeeld (Hoffman & Breazeal, 2004).

Lichtpatronen zijn vanuit deze visie een krachtig middel om intenties van een robot op de mens over te dragen. Zo geven Venture & Kulic (2019) aan dat uit studies blijkt dat het gebruik van lichtpatronen voor communicatiedoeleinden tijdens de mens-robot interactie, al bij zeer eenvoudige vormen veel duidelijkheid over de intentie kunnen opwekken bij de mens (Venture & Kulić, 2019; Harrison et al., 2012; Kobayashi et al., 2011). In paragraaf 2.7 wordt dieper ingegaan op verschillende soorten lichtpatronen. Verder wordt aangegeven dat onderzoek naar het gebruik van expressieve lichten voor human-robot interactie (HRI) nog te beperkt is. Hoewel er onderzoek is gedaan naar de toegevoegde waarde van expressie door lichtpatronen vinden deze onderzoekers het belangrijk dat er

meer theoretisch en experimenteel onderzoek wordt uitgevoerd. De resultaten hiervan dienen dan als verdere bouwstenen bij de verbetering van de interactie gerichte HRI (Venture & Kulić, 2019).

Uit de literatuur kan er geconcludeerd worden dat de interactie tussen co-bot en mens al een langere tijd bestudeerd wordt maar dan vaak vanuit het perspectief van de robot met als focus de menselijke intenties. Maar het is vooral ook belangrijk om herkenning te geven aan de robotintenties vanuit het perspectief van de mens. Een transport robot die zijn bedoelingen op een effectieve manier communiceert zal namelijk zorgen voor begrip en een hogere voorspelbaarheid bij de samenwerkingspartner. De bedoelingen/intenties van de transport robot worden in dit onderzoek verduidelijkt. Hiervoor wordt met lichtpatronen geëxperimenteerd met als doel om tot een hogere voorspelbaarheid te komen. Het resultaat leidt dan tot een beter begrip en dat zal de robot-mens interactie (HRI) ten goede komen.

2.2 Human robot communication (HRC) in een industriële context.

Doordat de transport robots zowel met als naast mensen werken mag de studie naar samenwerkingsprocessen; mens-robotsamenwerking (HRC) als bijkomend element niet ontbreken. HRC combineert menselijke capaciteiten met de efficiëntie en nauwkeurigheid van machines en richt zich voornamelijk op het verbeteren van ondersteunde functies. Voorbeelden hiervan zijn visuele perceptie, voorspelling van intenties, actieherkenning, veiligheid en planning van beweging (KUKA, 2020). HRC is volgens El Zaatari et al. (2019) een veelbelovende robotica-discipline gericht op de samenwerking tussen mens en machine waarbij deze gezamenlijk acties moeten kunnen uitvoeren. Deze technologieën maken het menselijke bewustzijn groter, wat uiteindelijk resulteert in een hogere flexibiliteit. Dit in tegenstelling tot de traditionele industriële machines (El Zaatari et al., 2019).

Volgens Robla-Gomez et al. (2017) is deze optimale samenwerking tussen mens en machine ook een vereiste. Dit omdat door de inzet van transport robots in de industrie er ook een toename van nieuwe risico's bij werknemers zal zijn. Dit heeft geleid tot een groot nieuw onderzoeksgebied dat zich richt op zowel het optimaliseren van de interactie als het minimaliseren van de bijkomende risico's. Door detectie van obstakels en beter zicht op de voorgenomen beweging van de robot kan schade aan de mens tot een minimum kan worden beperkt (Robla-Gomez et al., 2017). Recent onderzoek van El Zaatari et al. (2019) geeft verder ook aan dat deze robot-mens-samenwerking het beste op intuïtieve manier kan plaatsvinden (El Zaatari et al., 2019; Villani et al., 2018).

BAUER et al. (2008) en El Zaatari et al. (2019) hebben een uitgebreide rapportage geschreven met daarin een beoordeling van de huidige technologieën op het vlak van HRC, zoals actieplanning en het inschatten van de intenties van de transport robot. El Zaatari et al. (2019) geven aan dat bij toekomstige onderzoeksrichtingen evaluaties van technologieën bij voorkeur kan plaatsvinden in experimentele opstellingen die overeenkomstig zijn met de huidige industriële scenario's. BAUER et al. (2008) merken tevens op dat tijdens de inzet van transport robots er nog onvoldoende vertrouwen en begrip is bij de mensen die ermee samenwerken (BAUER et al., 2008).

Uit de literatuur kan worden geconcludeerd dat bij de mens-robot samenwerking een optimale samenwerking een vereiste is. Vooral ook omdat door de inzet van transport robots in de industrie er

ook een toename van nieuwe risico's bij werknemers zal zijn. Om de risico's te beperken zal door detectie van obstakels en een beter zicht op de voorgenomen beweging van de transport robot zijn en kan de schade aan de mens tot een minimum worden beperkt. Een belangrijk hulpmiddel hierbij is de toepassing van lichtpatronen welke een beter zicht op het voorgenomen pad van de transport robot aangeeft. Dit onderzoek richt zich op de diverse toepassingsmogelijkheden van lichtpatronen om zo de intentie – en het begrip hiervan - van de transport robot beter in kaart te brengen.

2.3 Voorspelbaarheid en leesbaarheid

Voorspelbaarheid en leesbaarheid en zijn twee belangrijke begrippen die regelmatig terugkomen in de literatuur, zoals hierboven ook is te lezen in de Human-robot interactie (HRI) en human robot communication (HRC). Bij voorspelbaarheid spreken we van het meest waarschijnlijke traject dat de transport robot gaat doorlopen. Dit vanuit de kennis van het beoogde doel (Busch, Grizou, Lopes, & Stulp 2017). In het onderzoek van Dautenhahn et al. (2005) is gekeken naar de perceptie van mensen over het toekomstige gebruik van robots. Uit de resultaten van de afgenomen vragenlijsten in dit onderzoek kwam naar voren dat de meeste deelnemers het belangrijk vinden als het gedrag van de robot voorspelbaar is. De wens voor voorspelbaarheid komt volgens deze onderzoekers voort uit het idee dat mensen technologische apparaten, in dit geval een transport robot, elkaar graag willen begrijpen en willen weten welke logica erachter ligt (Dautenhahn et al., 2005). Het begrip leesbaarheid speelt hierbij ook een belangrijke en vaak voorwaardelijke rol. Leesbaarheid wordt in de literatuur door Dragan et al. (2013) beschreven als een effect dat iets niet verassend en dus voorspelbaar is en als er correct geanticipeerd kan worden op een verwachten beweging. Lichtenthäler (2013) sluit hierop aan en geeft aan dat resultaten m.b.t. voorspelbaarheid zijn afgeleid van in hoeverre iets beschikt over een mate van leesbaarheid en omgekeerd. Volgens Kruse et al. (2014) wordt de leesbaarheid vergroot door het gebruik van expliciete signalering. Tijdens het vergroten hiervan is het belangrijk aanwijzingen te geven over de interne toestand van de transport robot. Bij het overbrengen van deze signalen moet wel voorkomen worden dat er misleidende aanwijzingen ontstaan of dat er sprake is van dubbelzinnige aanwijzingen. Dat levert volgens Koppenborg, Nickel, Naber, Lungfiel, & Huelke (2017) tot negatieve emotionele beoordelingen en daarmee ook een lagere waardering van de waargenomen veiligheid. Een lagere voorspelbaarheid bij transport robots leidt dus tot een hoger gevoel van angst en werkbelasting bij de mens (Koppenborg, Nickel, Naber, Lungfiel, & Huelke 2017) en zelfs tot afkeuring (Chadalavada et al., 2020).

Uit de literatuur kan er geconcludeerd worden dat leesbaarheid en voorspelbaarheid belangrijke voorwaarden zijn als het gaat om het veilig en effectief samenwerken tussen de mens en de transport robot. Hierdoor zijn medewerkers in staat om te anticiperen op de intenties en hun acties daarop af te stemmen. Een transport robot die zijn interne toestand communiceert, in ons geval zijn intentie op het beoogde pad, zal leesbaarder worden geacht en daardoor ook voorspelbaarder. Een hogere voorspelbaarheid leidt tot een positievere beoordeling, lager gevoel van angst en werkbelasting. Tijdens dit onderzoek is er gekozen om met lichtpatronen te communiceren, hierbij moet wel rekening gehouden

worden dat deze lichtpatronen zorgvuldig worden gekozen zodat ze niet dubbelzinnig overkomen of misleidende signalen afgeven.

2.4 Begrijpelijkheid en intuïtief gedrag

Aangezien robots steeds meer ingezet worden, ook in publieke ruimtes, is het volgens Sabanovic et al. (2014) van belang dat de mogelijkheden tot het vergroten van de begrijpelijkheid van de robot naar de mens toe wordt vergroot en de beperkingen die er nu nog zijn worden verkleind (Sabanovic et al., 2014). Volgens Matthews et al. (2020) gaat het bij begrijpelijkheid over hoe gemakkelijk het gedrag van de robot begrepen kan worden door de mens. Uit onderzoek van Lichtenthäler en Kirsch (2016) blijkt dat de termen voorspelbaarheid en begrijpelijkheid hetzelfde meten. Volgens deze onderzoekers worden de bewegingen van de robot begrijpelijk geacht als de mens het doel en de bewegingen van de robot kan voorspellen. Echter omdat deze twee termen hetzelfde meten vallen ze in dit onderzoek onder hetzelfde concept. Het vergroten van de begrijpelijkheid bij de mens kan volgens Chadalavada (2016) bereikt worden als een robot zijn bedoelingen communiceert met de mens op een wijze dat deze intuïtief wordt begrepen (Chadalavada, 2016). Dat betekent dat de mens in staat is de bedoeling van de transport robot aan te voelen zonder daarover na te denken.

Volgens Villani et al. (2018) blijkt dat als een transport robot snel en intuïtief door mensen wordt bediend dat dit een positieve werking kan hebben op de samenwerking. Dit zorgt er namelijk voor dat medewerkers in korte tijd kunnen communiceren en de uitgezonden informatie sneller kunnen opnemen en om er vervolgens op te kunnen anticiperen. Belangrijk is vooral dat personen die hiervoor in aanmerking komen de transport robot aanvoelen en begrijpen (Villani et al., 2018). Volgens Lee et al. (2019) is het een uitdaging maar een vereiste om een autonoom voertuig het vermogen te geven om te communiceren op een begrijpbare en voorspelbare manier (Lee et al., 2019). Dit idee wordt ondersteund door Merat et al. (2018) die laat zien dat zijn respondenten graag informatie willen ontvangen over de status van het autonome voertuig en hierbij ging het met name bij de respondenten over het signaal dat ze gezien worden. Hierbij ging de voorkeur uit naar communicatiesignalen via lichtpatronen en pieptonen, in plaats van gesproken woorden of afgebeelde teksten (Merat et al., 2018). Volgens Baraka, K. (2016) worden lichtpatronen op voertuigen al een langere tijd toegepast op een grote schaal om informatie over te brengen op de mens. Dit vooral voor berichten op de langere afstand zoals in de luchtvaart en in de scheepvaart. Echter tegenwoordig zien we steeds vaker lichtpatronen voor communicatie in ons dagelijks leven op een kortere afstand. Bijvoorbeeld in het verkeer waar verkeerslichten zoals stoplichten, knipperlichten en lichtsignalen van koplampen als communicatie met voetgangers en medebestuurders effectief en inmiddels intuïtief worden begrepen. Volgens Chen et al. (2020) zijn deze visuele signalen op auto's onmisbaar en ingeburgerd. Mede dankzij deze lichtsignalen functioneert het verkeer veilig en soepel. Zo wordt het knipperlicht als richtingaanwijzer op de hele wereld herkend en anticiperen mensen intuïtief op dit signaal (Chen et al., 2020).

Uit de literatuur kan worden geconcludeerd dat intuïtief en te begrijpen communicatie van groot belang is voor de samenwerking. Een transport robot communiceert volgens de literatuur zijn bedoelingen maar deze bedoelingen moeten wel op een eenvoudige manier gecommuniceerd worden. Het instinctmatig aanvoelen wat de transport robot bedoelt is hierbij van groot belang. Als de transport robot intuïtieve

lichtpatronen bezit zal dit ervoor zorgen dat de medewerkers, die nauw samenwerken met de robot deze ook instinctmatig begrijpen. De voorkeur gaat dan sterk uit naar lichtpatronen die al (algemeen) bekend zijn, dan wel intuïtief begrepen worden. Dat minimaliseert tevens de gebruikersfouten.

2.5 Aangenaamheid

Volgens de onderzoekers Goetz et al. (2003) is het van belang dat er tijdens de samenwerking tussen mens en robot een aangename ervaring gecreëerd wordt. Deze onderzoekers beweren dat hoe aangenermer een robot ervaren wordt hoe groter de uiteindelijke acceptatie zal zijn.

Volgens Dongqing Shi et al. (2008) is het ook belangrijk dat ervoor gezorgd wordt dat de robot op een natuurlijke manier, die niet als bedreigend wordt geacht communiceert met de mens en zelfs plezierig aanvoelt voor mensen (Dongqing Shi et al., 2008). Dat het van belang is dat de mens robot interactie als plezierig wordt ervaren beaamd Nitsch (2016). Dit zal de algemene acceptie vergroten en de communicatie verbeteren (Nitsch, 2016). Uit onderzoek van Bartneck et al. (2007) blijkt dat mensen veel informatie halen uit een eerste indruk. Vaak leidt een positieve eerste indruk ook tot een positief oordeel. Deze onderzoekers vinden het dan ook aannemelijk dat een eerste indruk ook een rol speelt in de samenwerking tussen mens en robot. De mens zal de robot ook beoordelingen op basis van de eerste indruk en dit heeft invloed op de uiteindelijke ervaring (Bartneck et al., 2007). Uit het onderzoek van Lee et al., (2019) blijkt dat lichtpatronen de samenwerkingservaring aangenermer kunnen maken. Tijdens dit onderzoek gaven de respondenten aan zich aanzienlijk minder op hun gemak te voelen bij uitschakeling van de robot zijn lichtpatronen Lee et al., (2019). In de paragraaf 2.7 wordt dieper ingegaan op het uitgevoerde experiment van deze onderzoekers.

Op basis van de geraadpleegde literatuur kan er geconcludeerd worden dat als de transport robot aangenermer wordt ervaren, dat dit de algemene acceptie van de mens naar de transport robot zal vergroten. Lichtpatronen kunnen hierin een rol spelen. Echter zal de voorspelbaarheid van de lichtpatronen invloed hebben op in hoeverre de transport robot ook aangenermer wordt ervaren. Uit de literatuur is namelijk al duidelijk naar voren gekomen dat onvoorspelbaarheid geen gunstig effect heeft op de beleving.

2.6 Non-verbale communicatie

De transport robot beweegt zich veelal in industriële omgevingen waar veel werk- en machine geluiden zijn. Hierdoor is verbale communicatie vaak niet effectief daarom richt dit onderzoek zich op non-verbale communicatiemiddelen. We spreken van non-verbale communicatie op het moment dat er uitwisseling plaats vindt tussen mensen of dieren via niet talige signalen boodschappen worden overgebracht.

Volgens Breazeal et al. (2005) is non-verbale communicatie een essentiële voorwaarde voor een goede samenwerking tussen transport robot en de mens. Ook Cha et al. (2018) geven aan dat non-verbale communicatie een belangrijke rol speelt op alle interactieniveaus, waaronder het voorspellen van de intentie. Door non-verbale communicatie kunnen bij verschillende werkzaamheden, die uitgevoerd worden door verschillende mensen, toch onderling met elkaar kloppend gemaakt worden. Een transport robot kan volgens Breazeal et al. (2005) op twee manieren non-verbaal communiceren; expliciet en impliciet. Het is van belang om te erkennen dat non-verbale communicatie zich op deze twee manieren tussen teamgenoten kan uiten. Hierin wordt expliciet gedefinieerd als het opzettelijk communiceren van de transport robot naar de mens. In dit geval heeft de afzender het beoogde doel om specifieke informatie te delen met de medewerker. Bij impliciete communicatie gaat het over het overbrengen van informatie die samengaat met gedrag, maar die niet voorbedachtelijk wordt gecommuniceerd. In geval van de transport robot betreft het informatie die onbedoeld overgebracht wordt op de mens. Gezichtsuitdrukkingen zijn voorbeelden van impliciete communicatie.

Er is ondersteunend bewijs aanwezig dat zowel impliciete als expliciete non-verbale communicatie belangrijk zijn om de robuustheid tegen fouten te vergroten. Deze verhogen de transparantie van de interactie voor de mens in samenwerking met de transport robot. Dit omdat de transport robot een hogere begripelijkheid en voorspelbaarheid heeft (Breazeal et al., 2005). Dit wordt ook bevestigd door Saunderson & Nejat, (2019) die aangeven dat effectief gebruik van non-verbale communicatie door een transport robot van belang is tijdens de interactie met mensen en dat dit tevens intuïtieve interactie mogelijk maakt. Dat draagt bij aan het vertrouwen van de mens in de transport robot. Cha et al. (2018) geven tenslotte aan dat non-verbale signalen niet alleen informatief moeten zijn maar ook gemakkelijk te leren.

Op basis van de geraadpleegde literatuur kan er geconcludeerd worden dat als de transport robot over impliciete en expliciete non-verbale communicatiemiddelen beschikt dat dit de mens-robot samenwerking ten goede komt en dat deze voorspelbaarder wordt. Verder is het belangrijk te realiseren dat de transport robot met een bepaalde mate van autonomie werkt en dat daarom, volgens de literatuur, bij de keuze en het activeren van non-verbale signalen, zoals in ons geval lichtpatronen, de mens deze eenvoudig en intuïtief kan aflezen.

2.7 Licht als non-verbaal communicatiemiddel

Licht is een krachtig en eenvoudig toe te passen communicatiemiddel. Belangrijk is de keuze uit de soorten lichtpatronen en het bepalen van de effecten ervan. Er zijn diverse onderzoeken op dit vlak uitgevoerd. Hieronder worden diverse onderzoeken aangehaald en worden de uitkomsten behandeld. Ook wordt er dieper ingegaan op het effect van kleur.

Baraka et al. (2016) geven aan dat robots pas succesvol door de mens geïntegreerd worden als er tijdens hun onderlinge interactie relevante informatie kenbaar gemaakt en begrepen wordt. Tijdens een door hun uitgevoerd onderzoek werd er gekeken naar het gebruik van lichtpatronen die gemonteerd waren op de voorzijde van een robot. Dit om de verborgen informatie over de “robottoestand” uit te drukken, zodat deze al op afstand zichtbaar is. Er werd gebruik gemaakt van drie verschillende lichtpatronen waarmee de robot zijn (voorgenomen) handelingen aangaf. Zo gaf de robot aan dat als zijn pad wordt geblokkeerd door een obstakel, hij wacht op menselijke hulp. De voortgang werd weergegeven met een heldere groene balk die van beneden naar boven de afgelegde afstand weergeeft. Hoe dichterbij de robot zich bij het beoogde doel bevindt, hoe hoger de groene balk is. Bij een blokkade op zijn pad werd er een snel rood “fade in fade uit” lichtpatroon over de hele strip van de co-bot uitgezonden. Fade in fade out is een techniek waarin het licht langzaam tevoorschijn komt en langzaam weer verdwijnt. Als de transport robot moest wachten op menselijke hulp werd het fade in fade out lichtpatroon zachtblauw over de gehele strip gepresenteerd. Uit de onderzoeksresultaten kwam naar voren dat de aanwezigheid van lichtpatronen op een transport robot mensen aanzienlijk kunnen helpen om zijn toestand en de acties beter te begrijpen. Dit wordt ook beaamd door Venture & Kulić, (2019). Zij zeggen dat lichtpatronen kunnen worden beschouwd als een effectieve benaderingswijze voor non-verbale communicatie.

Stone (2018) geeft in zijn onderzoek aan dat licht als communicatiemiddel eenvoudig toepasbaar is en gemakkelijk te begrijpen. Wel is ze beperkt in staat om informatie over te brengen in vergelijking met informatie die op een andere wijze gedeeld kan worden zoals bijvoorbeeld via een gemonteerde tablet op de transport robot. Uit de resultaten van dit onderzoek kwam wel naar voren dat de programmeerde lichtpatronen op de robot juist door het continu versturen van (beperkte) maar eenvoudig te begrijpen informatie dat dit door respondenten minder onrustig en opdringerig werd ervaren dan bijvoorbeeld spraakcommunicatie. Ook kreeg het meer aandacht dan een bericht dat werd weergegeven op een op de robot gemonteerde tablet (Stone, 2018). Verder is er een indicatie dat de resultaten uit het onderzoek van Baraka et al. (2016) bevestigen dat expressieve lichtpatronen kunnen bijdragen aan een betere vertrouwensband tussen mens en transport robot. Al bleef het lastig om in te schatten wat de intentie van de robot op afstand is. Ook was in dit onderzoek niet altijd voor iedereen duidelijk of de robot op hulp aan het wachten was of dat deze op een nieuwe uit te voeren taak aan het wachten was.

In het kader van de toepasbaarheid van vliegende robots (Drones) onderzochten Szafir et al. (2015) het ontwerp van visuele signaleringsmechanismen om hiermee de robotintenties te ondersteunen en de samenwerking tijdens de interacties te vergroten. Bij dit onderzoek was het belangrijk dat de respondenten in één oogopslag de intenties van de drone konden aflezen. De gekozen

lichtpatronen waren gemaakt met een LED strip die als een ring om de drone heen was gemonteerd. Hierop werden vier soorten lichtpatronen geprogrammeerd met de namen: blinker, beacon, thruster en gaze. Blinker staat voor knipperlicht en is afgeleid van het knipperlichtontwerp op auto's om de richting aan te wijzen. Beacon gaf via een lichtstraal de weg aan, zoals bij een zaklamp. Tijdens het zweven van de drone waren de ring LEDs op de drone allemaal geactiveerd in een constante lage intensiteit. Voorafgaand aan de beweging werd de intensiteit aan de zijde van de te volgen koers verhoogd. Thruster komt voort uit de metafoor van vlammen uit straalmotoren die vliegtuigen aandrijven. De licht intensiteit draaide op de drone mee op de gekozen en anticipeerde dus op de bewegingen van de drone. De intensiteit werd minder bij vertragen of zweven. De Gaze is afgeleid van de biologische beweging van het menselijk oog. Op de ring van de drone zijn twee kleine 'ogen' gecreëerd die naar de kant toe kijken waar de drone naar toe wilde vliegen. Uit de onderzoeksresultaten kwam naar voren dat de gekozen lichtpatronen door alle deelnemers beschouwd werden als signalen met een groot voorspellend vermogen. Daarmee werd de reactiesnelheid en nauwkeurigheid sterk verbeterd tijdens de interactie. De gecombineerde inzet van deze signaalfuncties bleek dus succesvol om de intenties van de robotvlucht af te leiden (Szafir et al., 2015).

Lee et al. (2019) bespreken verschillende ontwerpconcepten voor het overbrengen van visuele boodschappen van een autonome voertuigen naar de mens. Allereerst geven zij aan dat tijdens het overwegen van het ontwerp er rekening gehouden moet worden met zichtbaarheidsproblemen, zoals die bij het aflezen van tekstberichten en symbolen op de voorkant van een bewegend voertuig. Als een letter bijvoorbeeld zichtbaar moet zijn op een afstand van 30 meter, dan zal die ten minstens 15 centimeter lang moeten zijn en 3,6 centimeter breed. Dat maakt het lastig om tekst- en symbool berichten te implementeren op rijdende voertuigen. Sommige onderzoekers kozen daarom voor een combinatie met lichtsignalen en verzorgden een korte training. Echter wanneer het lichtpatroon weer was uitgeschakeld gaven de deelnemers aan dat ze zich aanzienlijk minder veilig en op hun gemak voelden (Lee et al., 2019). Mahadevan et al. (2018) kwam uiteindelijk na een kleinschalige studie ook tot de conclusie dat lichtsignalen, zoals het gebruik van een LED-strip tot de beste resultaten leidde. Bij het overbrengen van informatie zoals via luidsprekers en mobiele telefoons waren de resultaten aanzienlijk minder. Cha et al. (2020) is ook voorstander voor het toepassen van LEDs en vindt dat ze in het kader van informatieoverdracht betrouwbaar, veelzijdig, betaalbaar en opvallend zijn. Zij richten zich op de ontwerpkenmerken die de zichtbaarheid van een lichtpatroon kunnen verbeteren. Het experiment betrof een situatie waar voetgangers op straat moeten oversteken zonder bewust naar tegenliggers te zoeken. Uit de resultaten werd duidelijk welk lichtpatroon het meest opvallend is in het centrale en perifere zicht van de mens en dus waar het beste een LED-strip kan worden gemonteerd om het zicht in de periferie te optimaliseren. De LED-strip had drie unieke turquoise lichtpatronen met de volgende kenmerken: Solide: statistisch lichtpatroon geïnspireerd door het remlicht van een auto; knipperlicht: dynamisch patroon dat aan en uit knippert en Chase: dynamisch lichtpatroon wat als je recht voor het autonome voertuig staat beweegt/uitbreidt van binnen naar buiten om vooruit rijden mee aan te duiden. Uit dit experiment bleek dat de zichtbaarheid van lichtpatronen bepaald wordt door de lichtsterkte van de omgeving omdat deze de helderheid van de LED-strip aantast. Ook werd duidelijk dat lichtpatronen die bewegen opvallender en beter zichtbaar zijn dan statistische lichtpatronen. Tevens

moeten lichtpatronen aansluiten bij de verwachtingen en opgedane ervaringen van de mens. Tot slot moet de transport robot met zijn lichtpatronen geen dubbelzinnige signalen versturen en bestaande signalen verstoren (Chen et al., 2020). Daarnaast moet worden gekeken naar de gebruikerservaring en “sympathie”. Een knipperlicht roept een ander gevoel bij de mens op dan bijvoorbeeld een zwaaisignaal (Faas & Baumann, 2019). Volgens Baraka et al. (2016) is om hier beter gefundeerde uitspraken over te doen nader onderzoek noodzakelijk. Ook Stone (2018) benadrukt dit en geeft aan dat het gebruik van de uitgebreide mogelijkheden van lichtsignalen nog in de kinderschoenen staat.

Uit de geraadpleegde literatuur kan er geconcludeerd worden dat lichtpatronen als dragers van non-verbale communicatie, de transport robot aanzienlijk kunnen helpen om de acties beter te voorspellen en begrijpen. Ook heeft het, bij een juiste keuze, een bevorderend effect op de vertrouwensband. Hierbij kwam naar voren dat de LED-strip als communicatiemiddel de beste optie is om de intentie van robots aan te geven. Het is hierbij belangrijk dat de gekozen lichtpatronen zorgvuldig worden gekozen zodat zij aansluiten bij de verwachtingen van de mens. Hierbij valt op dat bijvoorbeeld een knipperlicht als richtingaanwijzer sterk uit de onderzoeken naar voren komt en goed en eenduidig te interpreteren is. Ook het bliksignaal dat gebaseerd is op het menselijk oog lijkt interessante mogelijkheden te hebben.

2.7.1 Effect van kleur

De keuze om kleur in de LED-strip op de transport robot aan te brengen kan mogelijk ook invloed hebben op het effect van communicatie. Daarom is er in de literatuur gezocht wat bekend is over kleurkeuzes en de toegevoegde waarde hiervan. De standaardkleur van transport robots is Turquoise. Volgens de Society of Automobile Engineers International. (2019) is dit de aanbevolen kleur voor het uitzenden van signalen op autonome voertuigen. Uit onderzoek van Venture & Kulić, (2019) komt naar voren dat de associatieve leertheorie de kleur-emotie-associaties kan verklaren. Deze theorie gaat ervanuit dat de betekenis van een kleur is gebaseerd op twee zaken namelijk enerzijds aangeleerde associaties die zich ontwikkelen door herhaalde kleurenparen met daaraan hangende ervaringen. Anderzijds biologische gebaseerde neigingen waar men in bepaalde situaties op een specifieke manier reageert (Venture & Kulić, 2019). Rood draagt bijvoorbeeld bij aan de betekenis van (levensbedreigend) gevaar en woede (Elliot & Maier, 2014). Dit wordt niet beaamd door Cindy L. Bethel (2009). Zij geeft juist aan dat beïnvloeding van kleur niet diepgaand is onderzocht door de psychologie of robotica-gemeenschappen en stelt dat één kleur vaak ook meerdere emoties oproept. Denk bijvoorbeeld aan de kleur rood die niet alleen voor woede staat maar ook voor liefde en genegenheid. Zij pleit dan ook voor meer onderzoek als het gaat om de effecten van kleuren in de communicatie. Iets dat Wright (2009) ook graag ziet. Hij merkt op dat één kleur vaak meerdere emotie uitingen heeft. Op basis van zijn onderzoek wordt geconcludeerd dat het lastig is om harde regels vast te stellen over een kleur respons. Kleuren staan volgens hem vaak open voor een groot aantal verschillende interpretaties afhankelijk van de context en combinatie (Wright, 2009) Bovendien zijn effecten van kleur op mensen ook cultureel afhankelijk. In de Chinese cultuur heeft rood bijvoorbeeld een positieve betekenis (Venture & Kulić, 2019).

Uit de geraadpleegde literatuur kan er geconcludeerd worden dat er met betrekking tot het effect van kleur er momenteel nog te weinig diepgaand onderzoek heeft plaats gevonden. Kleuren hebben de eigenschap dat ze open staan voor verschillende interpretaties waardoor het lastig is om het in te zetten als communicatiemiddel. Kijkend naar de transport robot van dit onderzoek en het meten van het effect van lichtpatronen kan gesteld worden dat alleen kleur als informatieoverdracht onvoldoende zal zijn. Wel is het zo dat de kleur Turquoise een bijzonder positie heeft omdat dit als standaard is voorgeschreven. Desondanks kan het toepassen van andere kleuren op de lichtpatronen op de transport robot als versterking interessant zijn maar dan is er wel nog aanvullend diepteonderzoek nodig.

2.8 Conclusie

Terugkijkend naar de onderzoeksvraag *“In hoeverre is er effect van lichtpatronen, die bedoeld zijn om de intenties met betrekking tot de route van de transport robot duidelijk te maken, op de gebruikerservaring?”* kan er uit de literatuur worden geconcludeerd dat lichtpatronen zeer effectief kunnen zijn bij het verbeteren van de communicatie tussen mens en transport robot en ook een positief effect kunnen hebben op de gebruikerservaring. Dit wel onder de voorwaarde dat er zorgvuldig gekeken moet worden naar verschillende ontwerpen van lichtpatronen en hun intuïtieve uitwerking. Dit bij voorkeur in een experimentele omgeving met een beoordeling door meerdere respondenten waarbij kan worden gesteld dat hoe voorspelbaarder de lichtpatronen, hoe groter het effect zal zijn. Dit zal namelijk een positief effect hebben op de beleving en minder angst veroorzaken wat zich uit in een veiligere ervaring en samenwerking.

3. Methode

Tijdens dit onderzoek is de volgende onderzoeksvraag beantwoord:

In hoeverre is er effect van lichtpatronen, die bedoeld zijn om de intenties met betrekking tot de route van de AGV duidelijk te maken, op de gebruikerservaring?

Door het uitvoeren van een *praktijkgericht* kwantitatief onderzoek werd vastgesteld of het toepassen van communicatiesignalen zoals lichtpatronen op een transport robot effect heeft op de voorspelbaarheid en hoe deze door de respondenten beleefd worden. Ook is onderzocht welke communicatieve signalen het meest voorspelbaar zijn voor de mens.

3.1 Respondenten

In totaal hebben er 90 respondenten meegedaan aan het onderzoek. Deze zijn benaderd vanuit twee criteria namelijk personen die reeds eerder met de transport robot in aanraking zijn geweest of daar reeds kennis mee hebben gemaakt en personen die nog niet met een transport robot in aanraking zijn geweest. Met overige kenmerken zoals leeftijd en geslacht is geen gehouden rekening bij de selectie. De totale groep van respondenten is onderverdeeld in drie groepen van elk 30 personen. Iedereen in een groep moest een bepaald scenario beoordelen. Dit aan de hand van een algemeen opgestelde - en dus voor ieder van de 90 deelnemers gelijke - vragenlijst. De scenario's zagen er als volgt uit scenario één: De transport robot zonder lichtpatroon. In de groep van 30 personen zaten 23 vrouwen en 7 mannen met een gemiddelde leeftijd van 35,6 jaar ($SD = 15.767$). Scenario twee: De transport robot met looplicht. In de groep van 30 personen zaten 14 vrouwen en 16 mannen met een gemiddelde leeftijd van 37,37 jaar ($SD = 16.17$). Scenario drie: de transport robot met knipperlicht. In de groep van 30 personen zaten 13 vrouwen en 17 mannen met een gemiddelde leeftijd van 39,7 jaar ($SD = 18.096$).

De respondenten uit dit onderzoek bestond zoals eerder vermeld uit een mix van personen die al in aanraking zijn geweest met een transportrobot en personen die dat niet waren. Deze werden verzocht om vanuit het aangeboden scenario naar enkele videofragmenten te kijken en hun ervaringen aan de hand van een vragenlijst met gesloten vragen vast te leggen. Een fysiek experiment bij Transportschroeven- en machinefabriek Van Beek B.V (verder aangeduid als bedrijf Van Beek) was vanwege de corona maatregelen niet mogelijk.

Er is ook bewust gekozen om zogeheten naïeven in het onderzoek te betrekken. Naïeven mensen zijn respondenten zonder ervaring met de transport robot. Dit vanwege de ontwikkelingen dat de transport robot ook steeds meer zijn intrede maakt in publieke ruimtes, zoals o.a. ziekenhuizen, supermarkten. Dit mede vanuit het perspectief dat de deelnemers van het bedrijf van Beek al bepaalde signalen als voorspelbaar kunnen ervaren, omdat ze al ruime tijd al met de transport robot werken. Door alleen hun in het onderzoek te betrekken zouden de resultaten m.b.t. voorspelbaarheid, door mogelijke voorkennis en ervaring met lichtsignalen, niet in de volle breedte benut kunnen worden. Immers iedereen moet (direct en intuïtief) de intenties van de transport robot kunnen begrijpen.

Tijdens het werven van de respondenten is er dus al een bewuste keuze gemaakt om tot een goede balans te komen tussen de "naïeven" en de technische mensen. Hierbij is een selecte steekproef

gehanteerd; zijnde enerzijds een doelgerichte steekproef en anderzijds het sneeuwbaaleffect. De doelgerichte steekproef is getrokken uit de medewerkers van het bedrijf van Beek. De overige bij het onderzoek betrokken respondenten zijn geworven via het sneeuwbaaleffect, waarbij de volgende cases zijn benaderd; de werknemers van NDW Evolution Center B.V.), Brainport Industries Campus (BIC), Smart Robotics, studenten die de studie Toegepaste psychologie volgen en mensen uit mijn eigen netwerk. Een mogelijk nadeel van het sneeuwbaaleffect is dat het een aanslag kan doen op de representativiteit. Dit omdat respondenten vaak iemand aanwijzen die op hen lijkt (Saunders et al., 2015). Echter in dit onderzoek is dit niet of nauwelijks relevant omdat er onder de respondenten zonder ervaring geen kenmerken zijn waardoor iemand de lichtsignalen anders zou willen of kunnen interpreteren.

3.2 Meetinstrument

Het meetinstrument was voor iedere deelnemer een identieke vragenlijst met gesloten vragen (zie Bijlage 1) Elke vragenlijst bevatte 17 vragen en waren afkomstig uit de Engelstalige vragenlijst van Bartneck et al. (2009) en Lichtenthäler en Kirsch (2016). Het eerste deel van de vragenlijst bestond uit vragen over het geslacht en de leeftijd van de respondent en volgde daarna een vraag naar in hoeverre de respondent bekend is met de transport robot. Het antwoord kon worden gegeven op 5-punts Likertschaal van 1 "*niet*" tot 5 "*heel erg*". Tijdens dit onderzoek is gekozen voor een 5-punts Likertschaal. Uit de literatuur blijkt dat het gebruik van deze schaal een grotere kans op respons geeft (Buttle, 1996). Tevens vermelden Jenkins & Taber, (1977) in hun onderzoek naar de Likertschaal dat 5-punts Likertschaal een hogere betrouwbaarheid heeft dan 7-punts Likertschaal.

Om een en ander te verduidelijken waren er ook twee afbeeldingen opgenomen van de transport robot zoals deze in het onderzoek werd gebruikt (MiR 100). Vervolgens kon de respondent klikken op een toegevoegde hyperlink met één van de drie video's, (meer informatie over de verschillende video's is opgenomen in paragraaf 3.3). Nadat het videofragment was bekeken werd aan de respondent gevraagd om in één woord aan te geven hoe de bewegingen van de transport robot ervaren werden. Daarna volgde een aantal stellingen die beantwoord werden door een keuze op de 5-Punts Likert schaal te maken (1 = helemaal mee oneens tot en met 5 = helemaal mee eens). Het tweede deel van de vragenlijst en de bijbehorende videofragmenten waren bedoeld om de voorspelbaarheid te meten. Hiervoor waren zeven vragen opgesteld. Dit mede aan de hand van de literatuur van Lichtenthäler en Kirsch (2016) waarbij telkens op een standaard wijze een vraag wordt gesteld daarna gevolgd door een keuzemogelijkheid op de 5-Punts-Likertschaal. De vragen en hun antwoordmogelijkheden worden hieronder toegelicht.

Vraag 1: Ik vind de manier van rijden van de transport robot ... met aansluitend de termen begrijpelijkheid en voorspelbaarheid. Volgens Lichtenthäler en Kirsch (2016) meten deze twee termen hetzelfde. In dit onderzoek valt begrijpelijkheid daarom onder de schaal *Voorspelbaarheid*. Meer specifiek zeggen zij hierover: “Robot bewegingen zijn begrijpelijk op het moment dat de mens de robot zijn traject en het doel van beweging kan voorspellen” en “Een robot is voorspelbaar op het moment dat de bedoelingen van de robot te begrijpen zijn”

Vraag 2: De manier waarop de transport robot rijdt is... Hier zijn de termen zoals verwacht en verwarrend gemeten. Deze termen zijn gekozen omdat volgens Lichtenthäler en Kirsch (2016) ook blijkt dat robot bewegingen voorspelbaar zijn als het gedrag van de robot verdoet aan de verwachtingen van de mens en verwarrend is hiervan de tegenpool.

Vraag 3: het was duidelijk... Hier werd gevraagd of het duidelijk was wat de robot plan van plan was, welke kant de robot op zou gaan bewegen en wat zijn eindpunt zou zijn (Lichtenthäler en Kirsch, 2016). De schaal voor *Voorspelbaarheid* is betrouwbaar (zeven items; $\alpha = ,861$).

Vervolgens zijn er voor het meten van de beleving items uit de vragenlijst van Bartneck et al., (2009) geselecteerd. Deze items uit de vragenlijst zijn vertaald vanuit het Engels naar het Nederlands. Ook hier werden de stellingen beantwoord aan de hand van een 5-Punts Likert schaal. Antwoordmogelijkheden liepen van 1 = helemaal mee oneens tot en met 5 = helemaal mee eens.

Vraag 4: Ik ervaar de manier waarop de transport robot rijdt als... Hier zijn drie items van de tien uit de Godspeed III vragenlijst likeability gehaald Dat aangenaamheid betekent. De geselecteerde items unpleasant zijn vertaald naar onplezierig., Like is vertaald naar Prettig en Pleasant vertaald naar Op mijn gemak. Het item Pleasant/Op mijn gemak is alleen gevraagd onder vraag 5. De schaal voor *aangenaamheid* is betrouwbaar (drie items; $\alpha = ,666$).

Vraag 5: Door de bewegingen van de transport robot voelde ik mij... Hier zijn nog drie items uit de zes uit de Godspeed V gehaald: Perceived Safety heeft de naam waargenomen veiligheid gekregen waarbij Calm is vertaald naar kalm: Anxious naar Angstig en Safe naar Veilig. De schaal waargenomen veiligheid is betrouwbaar genoeg (drie items; $\alpha = ,681$).

De twee concepten hieronder beschreven zijn niet meegenomen in de beschrijving van de resultaten. Dit is in overleg met de opdrachtgever bepaald en heeft als reden dat het uiteindelijk niet van belang is voor de beantwoording van de onderzoeksvraag.

Uit de vragenlijst met de naam Godspeed I antropomorfisme zijn er van de tien items twee geselecteerd: Natural vertaald in natuurlijk, Moving rigidly vertaald in houterige bewegingen. Dit concept heeft de naam *Vloeiende_beweging* gekregen en is betrouwbaar (twee items; $\alpha = ,781$).

Verder zijn er nog twee items uit de Godspeed II animacy gehaald wat levendig betekent geselecteerd genaamd organic vertaald naar organisch en mechanical vertaald naar mechanisch. Met deze concepten wordt bedoeld in hoeverre de transport robot machinaal, statisch overkomt of juist flexibel, van zelf. Dit concept heeft de naam *levendig* gekregen en heeft is betrouwbaar genoeg (twee items; $\alpha = ,613$).

3.3 Procedure

Tijdens het veldonderzoek is er gekeken naar het effect van lichtpatronen, zoals die gemonteerd werden op de transport robot (MiR 100). Vanwege de corona maatregelen moest gekozen worden voor een video experiment met een digitale vragenlijst. Deze werd opgezet en afgenomen via Thesis tools Pro. Er werden drie video's opgenomen. In elke video is een gangscenario nagebootst waarin de transport robot de mens tegenmoet rijdt en vervolgens naar rechts uitwijkt om zo een persoon te passeren. Deze persoon is in dit geval een vanuit oogperspectief opgestelde camera. In elk videofragment zendt de transport robot een ander (vooraf geprogrammeerd) lichtpatroon uit. Waarbij zoals eerder vermeld de vraagstelling via de digitale vragenlijst bij elk van deze scenario's hetzelfde is. Elke respondent krijgt slechts één scenario te zien. Dit is als meest wenselijk beschouwd omdat de deelname aan meerdere scenario's te veel tijd in beslag zou nemen en de motivatie en kwaliteit van de respons zou kunnen afnemen. Ook zou een vergelijking door een respondent in dit stadium ook tot individuele conclusies kunnen leiden. Dit is niet wenselijk omdat er gekozen is voor objectieve statistische analyses.

3.3.1 Pre-test

Voorafgaand aan het experiment is een pre-test uitgevoerd. Input voor de opzet daarvan vormden gegevens uit de literatuur en de praktijk over het gebruik van soorten lichtpatronen op voertuigen en wat het effect hiervan op voorspelbaarheid is. Op basis van deze informatie is een pre test opgesteld waarbij is geëxperimenteerd met een zeer eenvoudig prototype van een transport robot, namelijk een kartonnen doos met daaromheen een LED-strip gemonteerd. Hiermee was het mogelijk om, voorafgaand aan het experiment met de echte transport robot, op eenvoudige wijze de voorgeprogrammeerde lichtsignalen aan de verschillende betrokkenen te laten zien. Zes verschillende lichtpatronen werden via videofragmenten aan twintig respondenten getoond met daarbij de vraag wat zij dachten dat de betekenis van het uitgezonden lichtpatroon zou zijn. Dit om vast te stellen welke lichtpatronen het meest voorspelbaar werden geacht. Op basis van de verzamelde informatie zijn er twee lichtpatronen uit de pre-test meegenomen naar het experiment. Voor verdere toelichting zie paragraaf 3.3.3.



Afbeelding prototype pre-test

3.3.2 Experiment opzet: de sociale regels

Tijdens het experiment met de diverse scenario's is er nadrukkelijk rekening gehouden met de sociale regels van de transport robot zoals vastgelegd op de Mock up kaart (zie Bijlage 3). Op basis van het onderzoek van Pacchierotti et al. (2005) wordt nabijheid besproken en welke sociale regels gelden zoals bijvoorbeeld bij de afstand en nabijheid tussen mensen onderling en in relatie met machines of voorwerpen. Dit gaat volgens deze onderzoekers verder dan alleen veiligheidsregels. Zij geven aan dat als mensen elkaar passeren op de fabrieksvloer, er ook regels worden nageleefd m.b.t. afstand of ontmoeting. Dat zou ook zo doorgevoerd moeten worden bij interacties tussen mens en robot, vooral in situaties waar de robot in interactie is met mensen die nog onervaren zijn of nog nooit een robot hebben ontmoet. De nabijheid regels zijn onderverdeeld in vier categorieën lopend van intiem: 45 cm van het lichaam, persoonlijk: 45-120 cm van het lichaam, sociaal: 1,2 meter tot 3,5 meter van het lichaam en openbaar: 3,5 meter van het lichaam. De loopsnelheid van de mens ligt tussen de één en twee meter per seconde daarom moet het ontwijken van een transport robot vroeg genoeg gestart worden en dus de intentie van de beweging ook op tijd duidelijk zijn voor een dergelijke waarschuwing van de voorgenomen intentie dient volgens de onderzoekers zes meter te worden gehanteerd (Pacchierotti et al., 2005).

Het bovenstaande is meegenomen bij de uitvoering van het experiment waarbij gangscenario's zijn nagebootst waarin mens en transport robot elkaar tegemoet treden. Hierbij is de mens vervangen door een stilstaande videocamera waardoor in deze situatie de loopsnelheid van de mens niet van toepassing was. Verder zijn de sociale regels wel toegepast om een zo realistisch scenario te creëren. Voor dit onderzoek heeft dit betekend dat de signalering van de lichtpatronen al op 6 meter afstand van de camera werden uitgezonden en de transport robot op 3 meter afstand van de camera begon met de uitwijking. Waarna de transport robot met een bocht van 1,2 meter afstand om de camera heenreed om daarna zijn oorspronkelijke pad weer te herpakken.

3.3.3 Soorten lichtpatronen

Zoals eerder vermeld zijn er twee soorten lichtpatronen uit de pre-test meegenomen naar het experiment. Deze lichtpatronen zijn samengevoegd onder de naam “looplicht”. Daarnaast is er een derde ingebracht “knipperlicht”. Ook is er een scenario geweest met geen lichtpatronen (geen licht). Allen scenario's zijn bedoeld om vast te stellen in welke mate de transport robot duidelijk is. (Richting aanwijzing). De lichtpatronen zijn uitgezonden in de kleur Turquoise. Volgens de literatuur is dit de aanbevolen kleur voor het uitzenden van signalen door autonome robots. Ook bleek uit het gehouden literatuuronderzoek dat het niet van toegevoegde waarde is om verdere kleuren toe te passen. Hiervoor is nog te weinig betrouwbare informatie beschikbaar er dient op dit vlak nog verder onderzoek te worden uitgevoerd (Cindy L. Bethel, 2009; Wright 2009). De oorspronkelijke drie kleuren van de transport robot werden voorafgaand aan het experiment afgeplakt. Dit om te voorkomen dat zij dubbelzinnigheid zouden kunnen veroorzaken. Hieronder bevinden zich de uitgewerkte lichtpatronen.



Titel: Looplicht, afkomstig uit de pre-test

Beweging lichtpatroon: Het lichtpatroon loopt herhalend van de buitenkant van de transport robot naar binnen.

Betekenis lichtpatroon: De transport robot gaat rechtdoor.



Titel: Looplicht rechts/links, afkomstig uit de pre-test

Beweging lichtpatroon: Het lichtpatroon loopt bij rechts/links afslaan van ongeveer het midden naar de rechter of linker buitenkant toe.

Betekenis lichtpatroon: De transport robot gaat uitwijken naar rechts of links.



Titel: Knipperlicht rechts/links, afkomstig uit de literatuur

Beweging lichtpatroon: Het lichtpatroon knippert herhaaldelijk aan de kant waar de transport robot gaat afslaan.

Betekenis lichtpatroon: De transport robot gaat uitwijken naar rechts of links.

3.4 Onderzoeklocatie

Het experiment is uitgevoerd en gefilmd op de Brainport Industries Campus (BIC) in Eindhoven. Foto's van de onderzoek locatie zijn te vinden in Bijlage 4. Oorspronkelijk was gekozen voor het bedrijf van Beek. Echter vanwege de coronamaatregelen moest er een alternatief worden gezocht. Deze is gevonden op de Brainport campus. Deze beschikt ook over een transport robot (MiR 100) en er is voldoende ruimte beschikbaar voor het uitvoeren van het experiment. Verder heeft de Brainport campus ook een industriële uitstraling waardoor het veel overeenkomsten heeft met een fabriekshal.

3.4.1 Test materiaal

Tijdens het experiment is er gebruik gemaakt van diverse materialen om het experiment succesvol te maken. Centraal staat de transport robot MiR 100 van Brainport Industries Campus (BIC) zoals deze werd ingezet is tijdens dit experiment. Een afbeelding van de MiR 100 is rechts te vinden. Nadat de bestaande lichtpatronen van de MiR werden afgeplakt werd een Led strip met tape gemonteerd met daarin de drie verschillende zojuist beschreven lichtpatronen. Voor de aansturing van deze lichtpatronen werd gebruik gemaakt van een Arduino, waarin de lichtpatronen geprogrammeerd zijn. De door de onderzoeker aangegeven route van de MiR was een constante en geprogrammeerd door een student van de BIC en was gebaseerd op de sociale regels van Pacchierotti et al. (2005).



MiR 100 uit het onderzoek

Overzicht van de materialen en daarbij horende specificaties zie Bijlage 5.

3.5 Analyse

Na het uitvoeren van het experiment en de verzamelde data zijn de gegevens geanalyseerd. Voor deze data-analyse is gebruik gemaakt van het programma IBM SPSS Statistics 26 voor Windows. De verkregen data waren gekoppeld aan de volgende drie scenario's 1. Zonder licht, 2. Looplicht, 3. Knipperlicht. Er is een Cronbach's alpha berekend om de betrouwbaarheid van de constructen te beoordelen. Daarnaast zijn er een aantal vragen in aanmerking gekomen voor her-codering. Om antwoord te geven op de onderzoeksvraag is er gekozen voor een Kruskal-Wallis-Test, dit is een niet-parametrische toets. In Bijlage 7 is het volledige analyse plan te vinden met toelichting en in Bijlage 8 is de syntax terug te vinden en in Bijlage 9 relevante output.

4. Resultaten

In deze paragraaf zijn de resultaten van het experiment opgenomen. Dit onderzoek geeft aan de hand van deelvragen antwoord op de onderzoeksvraag: *In hoeverre is er effect van lichtpatronen, die bedoeld zijn om de intenties met betrekking tot de route van de transport robot duidelijk te maken, op de gebruikerservaring?*

Deze deelvragen zijn beantwoord met een Independent-Samples Kruskal-Wallis Test waarbij er is gekeken of de drie groepen van elkaar verschillen. De drie groepen zijn 1. Zonder licht 2. Looplicht en 3. Knipperlicht. Met Dunn's pairwise tests is er gekeken welke groepen significant van elkaar verschillen. De SPSS-syntax van deze uitgevoerde testen is te vinden in Bijlage 8. De relevante output is opgenomen in Bijlage 9.

Voorspelbaarheid

De uitkomsten hieronder hebben betrekking op de deelvraag *"In hoeverre hebben lichtpatronen invloed op de voorspelbaarheid van de transport robot?"* Hier is er gekeken in hoeverre er verschil is tussen de drie groepen op de schaal voorspelbaarheid ($\alpha = ,861$).

Uit de resultaten blijkt dat de drie groepen significant van elkaar verschillen op voorspelbaarheid ($H(2) = 9.990, p = .007$). Dunn's pairwise tests is uitgevoerd op de drie groepen. Er was een sterke aanwijzing dat controlegroep en de looplicht groep een verschil hadden ($Z = -16.41, p = 0.044$ aangepast met Bonferroni-correctie). Ook de controlegroep en knipperlicht groep hebben een verschil ($Z = -19.933, p = .009$ aangepast met Bonferroni-correctie). Looplicht en knipperlicht hebben daarentegen geen significant verschil ($Z = -3.517, p = 1.000$ aangepast met Bonferroni-correctie).

Aangenaamheid

De uitkomsten hieronder hebben betrekking op de deelvraag *"In hoeverre hebben lichtpatronen invloed op de aangenaamheid van de transport robot?"* Hier is er gekeken in hoeverre er verschil is tussen de drie groepen op de schaal aangenaamheid ($\alpha = ,666$).

Er is geen significant verschil in aangenaamheid ervaren tussen de drie groepen ($H(2) = 5.251, p = .072$).

Waargenomen veiligheid

De uitkomsten hieronder hebben betrekking op de deelvraag *"In hoeverre hebben lichtpatronen invloed op de waargenomen veiligheid van de transport robot?"* Hier is er gekeken in hoeverre er verschil is tussen de drie groepen op de schaal waargenomen veiligheid ($\alpha = ,675$).

Uit de resultaten blijkt dat de drie groepen significant van elkaar verschillen op waargenomen veiligheid ($H(2) = 7.943, p = .019$). Dunn's pairwise tests is uitgevoerd op de drie groepen. Er is geen significant verschil tussen de control groep en de looplicht groep ($Z = -9.183, p = .169$ aangepast met Bonferroni-correctie). Er is wel een verschil tussen de controlegroep en knipperlicht groep ($Z = -18.81, p = .005$ aangepast met Bonferroni-correctie). Looplicht en knipperlicht hebben daarentegen geen significant verschil ($Z = -9.633, p = .149$ aangepast met Bonferroni-correctie).

5 Discussie

5.1 Conclusie

In het uitgevoerde onderzoek is er gezocht naar een antwoord op de vraag:

“In hoeverre is er effect van lichtpatronen, die bedoeld zijn om de intenties met betrekking tot de route van de transport robot duidelijk te maken, op de gebruikerservaring?”

Om deze vraag volledig en eenduidig te beantwoorden is een (praktijkgericht) kwantitatief onderzoek uitgevoerd. Dit maakte het mogelijk om de effecten van verschillende lichtpatronen goed in kaart te brengen.

Uit de verkregen resultaten van dit onderzoek blijkt dat de lichtpatronen zoals gepresenteerd in de drie verschillende scenario's (1. Zonder licht, 2. Looplicht, en 3. Knipperlicht) dat Looplicht en Knipperlicht beide de transport robot voorspelbaarder maken dan in de situatie waarbij geen lichtpatronen worden gebruikt (Zonder licht). Dit sluit aan bij het theoretisch kader waaruit blijkt dat beide lichtpatronen een positief effect hebben op de voorspelbaarheid. Waarbij ook naar voren komt dat als een transport robot zijn bedoelingen effectief communiceert met zijn samenwerkingspartner, dat dit bijdraagt aan begrip en beter voorspelbare situaties (Dautenhahn, 2007; Norman, 2013). Dit sluit ook aan bij verdere beschrijvingen uit de literatuur dat lichtpatronen voor communicatiedoeleinden al bij zeer eenvoudige vormen veel duidelijkheid over de intentie kunnen opwekken bij de mens (Venture & Kulić, 2019; Harrison et al., 2012; Kobayashi et al., 2011).

Met betrekking tot de gekozen lichtpatronen kan niet worden geconcludeerd dat de mate voorspelbaarheid tussen knipperlicht en looplicht erg verschilt. Hierbij zijn de afwijkende gemeten waarden te klein. Ook m.b.t. de antwoorden op de vraag hoe aangenaam een transport robot wordt ervaren bij de toegepaste lichtpatronen zijn er geen relevante verschillen gevonden tussen de drie scenario's.

Er zijn wel in dit onderzoek significante verschillen gevonden wat betreft de mate van ervaren veiligheid. De resultaten hebben tot slot uitgewezen dat er een verschil zit in hoeverre er door lichtpatronen sprake is van een hogere waargenomen veiligheid. Knipperlicht zorgt voor een hogere waargenomen veiligheid in vergelijking met geen lichtpatroon. Deze resultaten bevestigen het verband tussen voorspelbaarheid en een lager gevoel van angst want uit recent onderzoek van Koppenborg, Nickel, Naber, Lungfiel, & Huelke (2017) blijkt dat een lagere voorspelbaarheid leidt tot een hoger gevoel van angst bij de mens. Deze resultaten komen ook overeen met de resultaten van Lee et al., (2019) waaruit blijkt dat geen lichtpatroon minder veilig wordt geacht en de mens zich ook minder op zijn gemak voelt. Tussen het looplicht en de groep zonder lichtpatroon was een te klein verschil om er conclusies over te trekken en zo ook tussen looplicht en knipperlicht. Aangezien knipperlicht wel een significant verschil aantoonde in vergelijking met het toepassen van geen lichtpatronen maakt dat knipperlicht in dit geval het grootste effect heeft.

5.2 Discussie

Uit de resultaten paragraaf blijkt dat het looplicht en knipperlicht in tegenstelling tot het niet toepassen van licht, een verschil maken in hoeverre de transport robot voorspelbaar wordt geacht. Een opvallende bevinding is dat de mate van waargenomen veiligheid bij knipperlicht veiliger wordt geacht dan geen lichtpatroon, maar looplicht daarentegen geen verschil aan toont op waargenomen veiligheid in tegenstelling tot geen lichtpatroon. Deze uitkomst is in strijd met de uitkomsten van Koppenborg, Nickel, Naber, Lungfiel, & Huelke (2017) zij geven aan dat hoe groter de voorspelbaarheid, hoe hoger de waargenomen veiligheid. Echter is dit bij het looplicht niet het geval. Dit kan ermee te maken hebben dat het looplicht de intentie rechtdoor aangeeft maar ook de intentie rechts afslaan. Hierdoor kan het zijn dat er dubbelzinnigheid is ontstaan. Deze onderzoekers beweren dat er tijdens het overbrengen van de intentie signalen er absoluut geen misleidende aanwijzingen mogen ontstaan en dubbelzinnigheid want dit levert een negatieve beoordeling op en een lagere waargenomen veiligheid (Koppenborg, Nickel, Naber, Lungfiel, & Huelke, 2017). Er kan dus gesuggereerd worden dat de lichtpatronen van het looplicht een bepaalde mate van dubbelzinnigheid hebben opgeroepen en dat hierdoor een lager effect op de waargenomen veiligheid is ontstaan in tegenstelling tot geen lichtpatronen. Tijdens dit onderzoek is er stilgestaan bij het voorkomen van dubbelzinnigheid. Dit is gedaan door de huidige lichtpatronen van de transport robot af te plakken. Echter is hierbij onvoldoende stilgestaan bij het feit dat de gekozen lichtpatronen ook een mate van dubbelzinnigheid kunnen bezitten. Verder blijkt uit de resultaten dat er geen verschil is tussen de groepen in welke mate de transport robot als aangenaam wordt ervaren. Hier kan het video experiment gezorgd hebben voor vertekeningen. De beleving kan namelijk anders worden ervaren tijdens video experimenten dan live experimenten. Dit wordt bevestigd door Woods et al. (2006) hun beweren dat live interactie momenten leuker worden geacht (Woods et al., 2006).

De mate waarin de conclusies van dit onderzoek te generaliseren zijn wordt bepaald door de externe validiteit. De steekproef zou in eerste instantie alleen getrokken zijn bij het bedrijf van Beek. Vanwege de huidige CO-VID 19 omstandigheden is er gekozen om uit te wijden naar respondenten die niet bekend zijn met transport robots. Hierdoor kunnen er geen uitspraken gedaan worden over de conclusies met betrekken tot alle medewerkers van het bedrijf van Beek maar zal er rekening gehouden moeten met het feit dat de respondenten die geen ervaring met transport robots mogelijk anders beoordelen dan respondenten die dat wel hebben. Verder zijn er statische testen gedraaid met 30 respondenten per groep, dit is het minimum bij het uitdraaien van statische toetsen. Hoe groter de steekproefomvang hoe groter de kracht van de test is en hoe beter de externe validiteit van de onderzoeksresultaten. Verder is er bij het meetinstrument deels gebruik gemaakt van een bestaande vragenlijst er zijn namelijk ook aanvullende vragen toegevoegd. Deze vragen zijn wel gekozen op basis van literatuur maar hierover is niks bekend wat betreft de betrouwbaarheid en validiteit ervan.

De mate waarin de onderzoeksresultaten overheen komen met de dagelijkse praktijksituatie in het bedrijf van Beek, zegt iets over de ecologische validiteit. Door CO-VID 19 is het experiment veranderd in een experiment met video opname. Tijdens deze opnames is er een industriële omgeving gecreëerd waar een interactie plaats heeft plaats gevonden. Ondanks dat dit zorgvuldig is uitgevoerd kan er niet ontkend worden dat een video experiment in tegenstelling tot een experiment in de echte

praktijk omgeving invloed heeft op ecologische validiteit. Een video experiment in de robot-mens-interactie als methodologie is onderzocht door Woods et al. (2006). Hieruit blijkt dat 93 procent van de proefpersonen een voorkeur hadden voor interactie in live-onderzoeken. Dit heeft ermee te maken dat live interacties interactiever zijn, boeiender en leuker in vergelijking met het bekijken van de interactie op een scherm (Woods et al., 2006). Dit wordt bevestigd door Bainbridge et al. (2008) waar de proefpersonen de fysieke interactie met de robot positiever beoordeelde dan de interactie op video opname. Verder suggereert Woods et al. (2006) nog dat een experiment in het echt uitvoeren ook een gunstig effect heeft op de waarneming van de snelheid, beweging en de afstand van de robot. Video experimenten hebben daarentegen ook voordelen, ze zijn zuiniger in vergelijking met experimenten in het echt. Verder biedt het de onderzoeker meer controle over het experiment en standaardisatie over de opzet van de afgenomen testen. Dit blijkt soms lastiger bij het uitvoeren in de praktijksituatie zelf. Des ondanks de aantal positieve punten benadrukt dit evaluatieonderzoek dat het experimenteren van robot mens interactie via video nog in de kinderschoenen staat en het voor nu niet gezien mag worden als vervanging van experimenteren in het echt (Woods et al., 2006).

Ondanks de bovenstaande kanttekeningen wordt dit onderzoek als waardevol gezien door het RAAK-MKB-project Close Encounters with Co-bots. Mede doordat het meetinstrument bezit over vragen afkomstig uit de Bartneck et al. (2009) dit meetinstrument wordt veelzijdig ingezet door robot interactie onderzoekers en als geschikte meetmethode aanbevolen. Dit heeft een gunstige invloed op de interne validiteit en betrouwbaarheid van het meetinstrument. Ook zijn de bevraagde concepten van belang voor een optimale gebruikerservaring hierdoor is de indrukvaliditeit hoog. De aspecten zijn geoperationaliseerd en er heeft een cronbach's alfa berekening plaats gevonden waaruit blijkt dat er sprake is van een interne consistentie aldus een hoge begripsvaliditeit. Tevens is een vragenlijst als meetinstrument minder vatbaar voor sociaal wenselijke antwoorden van de respondenten. Dit komt doordat de anonimiteit bij vragenlijsten van zelfsprekender is dan bij interviews (Baarda, 2009). Voorafgaand aan het experiment is een pre-test ingezet. Dit is gedaan om te kijken welke versie van lichtpatronen het best ingezet kon worden voor het beoogde doel. Deze pre test is afgenomen geworden bij 20 respondenten. De uitkomst hiervan heeft bepaald welk lichtpatroon in aanmerking kwam voor het veldonderzoek. De pre-test heeft de fundering van het veldonderzoek sterker gemaakt. De keuze had ook alleen gebaseerd kunnen worden op de literatuur. Deze pre-test is ook met video opname afgenomen. Dit vanwege de huidige omstandigheden rondom CO-VID 19 maar volgens Woods et al. (2006) kunnen HRI-onderzoekers videoproeven wel gebruikt worden als aanvullende onderzoekstool. Verder is er gekozen om ook te experimenteren zonder lichtpatroon. Uit de literatuur kwam al duidelijk naar voren wat het effect is van een transport robot zonder licht. Toch is de keuze gemaakt om dit mee te nemen in het veldonderzoek. Dit heeft voor extra bevestiging gezorgd die gewenst is voor het nemen van conclusies.

Verder is gebleken dat het toepassen van led strips een veelzijdige, betaalbare en vertrouwelijke manier is van informatieoverdracht (Cha et al., 2020). Dat led strips betaalbaar zijn en er maar een kleine aanpassing voor nodig is, draagt bij aan het idee dat transport robots uit zichzelf al financieel prijzig worden geacht. Hierdoor wordt een aanpassing vaak niet overwogen vanwege financiële

redenen. Doordat led strips financieel te overzien zijn en tegelijkertijd beschikken over de eigenschap minimale verandering groot effect, zal dit als gunstig gezien worden.

Verder behandelt dit onderzoek een actueel onderwerp. Co-bots, waaronder de transport robot maken steeds meer hun intreden in industriële omgevingen en publieke ruimtes. Door dit soort onderzoeken naar robot-mens-interacties wordt het duidelijk wat voor invloed co-bots hebben op de mens en met het inzetten van psychologische kennis kan de samenwerking bevorderd worden.

5.3 Aanbevelingen

In de toekomst zou het interessant zijn om een soortgelijk onderzoek uit te voeren maar dan met een grotere steekproef omvang en met een eenduidige doelgroep die beter te generaliseren is. Wat verder ook interessant kan zijn is de invloed van gekleurde lichtpatronen op transport robots. Tijdens een bezoek aan het bedrijf van Beek wat na het veldonderzoek heeft plaats gevonden, gaf een medewerker aan dat het ook interessant kan zijn als het knipperlicht een oranje kleur zou bezitten zoals ook te zien is op auto's. Ook kan het interessant zijn om met meer lichtontwerpen te experimenteren die de gemoedsstand duidelijk maken. Hierbij kan gedacht worden aan; rem lichten als de transport robot stopt, een licht wat aangeeft dat de transport robot in opdracht is en dus niet gestoord kan worden. Tijdens het onderzoek van Baraka et al. (2016) is er al geëxperimenteerd met o.a. een rood lichtpatroon dat weergeeft dat er een blokkade is op het pad van de robot. Uit deze onderzoeksresultaten kwam een positief effect naar voren op de begrijpelijkheid. Echter benadrukken deze onderzoekers wel dat nader onderzoek noodzakelijk is om hier beter gefundeerde uitspraken over te doen (Baraka et al., 2016).

Verder kan het interessant zijn om soortgelijk onderzoek te gaan uitvoeren in de echte praktijk omgeving in plaats van een video experiment omdat dit zoals Woods et al. (2006) en Bainbridge et al. (2008) een gunstiger effect heeft op verschillende waarnemingen en fysieke beoordelingen vaak ook positiever worden beoordeeld en dus dichterbij staat bij de echte beoordeling. Mogelijk kan er dan ook een gemengde methode van kwantitatief en kwalitatief ingezet worden. Dit bevordert volgens McKim, (2016) een beter beeld van de situatie en verhoogd de validiteit en het vertrouwen van de lezer in de resultaten en conclusies die uit het onderzoek worden getrokken (McKim, 2016).

Terugkijkend naar de adviesvraag *hoe transport robots met toevoeging van lichtpatronen op een voorspelbare en intuïtieve manier hun intenties met betrekking tot het voorgenomen pad kunnen laten zien aan de mens*. Een praktische aanbeveling hierbij is het introduceren van het knipperlicht patroon. Deze aanbeveling kan direct uitvoerbaar zijn binnen het bedrijf van Beek en is financieel te overzien. Het toepassen van dit intuïtieve lichtsignaal zal de samenwerking direct voorspelbaarder maken wat een bevorderend effect heeft op de gebruikerservaring van de medewerkers. Echter bezit de transport robot ook nog over drie lichtpatronen namelijk kleuren, die elk hun eigen betekenis hebben. Deze betekenissen worden door de medewerkers nog te abstract ervaren maar zullen uiteindelijk wel blijven bestaan. Hierdoor kan dubbelzinnigheid ontstaan en volgens de literatuur maakt dubbelzinnigheid weer een aanslag op de mate van voorspelbaarheid. Een praktische aanbeveling is om op een leuke informatieve wijze de medewerkers op de hoogte te brengen van de betekenissen van deze lichtpatronen. Dit op een korte bondige wijze door eventueel boekje te creëren wat aan hun werkbank kan hangen of een grote poster in de fabrieksruimte te hangen waar relevante informatie over de transport robot terug te vinden is.

Tot slot is een interessante aanbeveling om aan de slag te gaan met “the four lenses of play” dit is een effectieve tool die kan worden ontworpen en ingezet worden voor robot ontwerpers, afkomstig uit het onderzoek van Bekker et al. (2014) Deze tool is een manier om de robot bouwers op een eenvoudige manier contact te laten maken met de psychologie, via verschillende lenzen. De lenzen presenteren relevante kennis en kan gezien worden als begeleiding tijdens het robot ontwerpproces. Op elke lenskaart zal een korte beschrijving staan van de betekenis van de lens en enkele gerelateerde ontwerp vragen voor de robotbouwer. Een voorbeeld hiervan kan een vraag zijn of er voldoende balans is van structuur in het ontwerp en spontaniteit. Als de ontwerper zich realiseert dat de spontaniteit meer naar voren komt dan de structuur kan de robot mogelijk te veel onvoorspelbare bewegingen bezitten (Bekker et al., 2014). Dit zou een preventieve manier kunnen zijn om ook in de toekomst de gebruikerservaring op voorhand al te optimaliseren en de psychologie en de robot bouwers te integreren met elkaar op een leuke, eenvoudige creatieve manier.

Literatuurlijst

- Abbink, D. (2019, 21 maart). *Mens en robot in symbiose leidt tot betere interactie*. Geraadpleegd op 1 oktober 2020, van <https://www.tudelft.nl/2019/3me/maart/mens-en-robot-in-symbiose-leidt-tot-betere-interactie/>
- Ayanoğlu, H., & Duarte, E. (2019). *Emotional Design in Human-Robot Interaction*. Springer Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96722-6>
- Baarda, D. B. (2009). *Dit is onderzoek!* (1ste editie). Noordhoff.
- Baraka, K., Rosenthal, S., & Veloso, M. (2016). *Enhancing human understanding of a mobile robot's state and actions using expressive lights*. 2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), 1–3. <https://doi.org/10.1109/roman.2016.7745187>
- Bartneck, C., Kanda, T., Ishiguro, H., & Hagita, N. (2007). Is The Uncanny Valley An Uncanny Cliff? *RO-MAN 2007 - The 16th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*. <https://doi.org/10.1109/roman.2007.4415111>
- Bartneck, C., Kulić, D., Croft, E., & Zoghbi, S. (2009). *Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots*. *International journal of social robotics*, 1(1), 71-81.
- BAUER, A. N. D. R. E. A., WOLLHERR, D. I. R. K., & BUSS, M. A. R. T. I. N. (2008). HUMAN–ROBOT COLLABORATION: A SURVEY. *International Journal of Humanoid Robotics*, 05(01), 47–66. <https://doi.org/10.1142/s0219843608001303>
- Bekker, T., de Valk, L., & Eggen, B. (2014). A toolkit for designing playful interactions: The four lenses of play. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 6(3), 263–276. <https://doi.org/10.3233/ais-140259>
- Bethel, C. L. (2009). *Robots without faces: non-verbal social human-robot interaction*.
- Bainbridge, W. A., Hart, J., Kim, E. S., & Scassellati, B. (2008). The effect of presence on human-robot interaction. *RO-MAN 2008 - The 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*. <https://doi.org/10.1109/roman.2008.4600749>
- Breazeal, C., Kidd, C. D., Thomaz, A. L., Hoffman, G., & Berlin, M. (2005). Effects of nonverbal communication on efficiency and robustness in human-robot teamwork. *2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 1–10. <https://doi.org/10.1109/iros.2005.1545011>

- Busch, B., Grizou, J., Lopes, M., & Stulp, F. (2017). Learning Legible Motion from Human–Robot Interactions. *International Journal of Social Robotics*, 9(5), 765–779.
<https://doi.org/10.1007/s12369-017-0400-4>
- Buttle, F. (1996). SERVQUAL: review, critique, research agenda. *European Journal of Marketing*, 30(1), 8–32. <https://doi.org/10.1108/03090569610105762>
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2019, 18 oktober). *7 procent bedrijven gebruikt robots*. Geraadpleegd op 1 oktober 2020, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/42/7-procent-bedrijven-gebruikt-robots>
- Cha, E., Fitter, N. T., Kim, Y., Fong, T., & Matarić, M. (2020b). Generating Expressive Light Signals for Appearance-Constrained Robots. *Springer Proceedings in Advanced Robotics*, 595–607.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-33950-0_51
- Cha, E., Kim, Y., Fong, T., & Mataric, M. J. (2018). A Survey of Nonverbal Signaling Methods for Non-Humanoid Robots. *Foundations and Trends in Robotics*, 6(4), 211–323.
<https://doi.org/10.1561/23000000057>
- Chadalavada, R. T. (2016). *Human Robot Interaction for Autonomous Systems in Industrial Environments*. DIVA. <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1071029&dswid=2560>
- Chadalavada, R. T., Andreasson, H., Schindler, M., Palm, R., & Lilienthal, A. J. (2020). *Bi-directional navigation intent communication using spatial augmented reality and eye-tracking glasses for improved safety in human–robot interaction*. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*
<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101830>
- Christina Lichtenthäler, Alexandra Kirsch. *Legibility of Robot Behavior : A Literature Review*. 2016. hal-01306977
- Dautenhahn, K. (2007). Socially intelligent robots: dimensions of human–robot interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), 679–704. <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.2004>
- Dautenhahn, K., Woods, S., Kaouri, C., Walters, M. L., Kheng Lee Koay, & Werry, I. (2005). What is a robot companion - friend, assistant or butler? *2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 0–3. <https://doi.org/10.1109/iros.2005.1545189>
- Dongqing Shi, Collins Jr, E. G., Goldiez, B., Donate, A., Xiuwen Liu, & Dunlap, D. (2008). Human-aware robot motion planning with velocity constraints. *2008 International Symposium on Collaborative Technologies and Systems*. <https://doi.org/10.1109/cts.2008.4543969>

- Dragan, A. D., Lee, K. C. T., & Srinivasa, S. S. (2013). Legibility and predictability of robot motion. *2013 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, 0–3. <https://doi.org/10.1109/hri.2013.6483603>
- Elliot, A. J. (2015). Color and psychological functioning: a review of theoretical and empirical work. *Frontiers in Psychology*, 6, 0–2. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00368>
- Elliot, A. J., & Maier, M. A. (2014). Color Psychology: Effects of Perceiving Color on Psychological Functioning in Humans. *Annual Review of Psychology*, 65(1), 95–120. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010213-115035>
- El Zaatari, S., Marei, M., Li, W., & Usman, Z. (2019). Cobot programming for collaborative industrial tasks: An overview. *Robotics and Autonomous Systems*, 116, 162–180. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2019.03.003>
- Faas, S. M., & Baumann, M. (2019). Yielding Light Signal Evaluation for Self-driving Vehicle and Pedestrian Interaction. *Human Systems Engineering and Design II*, 189–194. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27928-8_29
- Fernandez, R., John, N., Kirmani, S., Hart, J., Sinapov, J., & Stone, P. (2018). Passive Demonstrations of Light-Based Robot Signals for Improved Human Interpretability. *2018 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/roman.2018.8525728>
- Freese, C., Dekker, R., Kool, L., Dekker, F. & Est, R. van (2018). *Robotisering en automatisering op de werkvloer – bedrijfskeuzes bij technologische innovaties*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Fontys Hogescholen (2018). *Raak-MKB aanvraag Project “Close encounters with Co-bots”*. Geraadpleegd op 16 maart 2019, ontvangen van opdrachtgever.
- Gibas. (2021, 8 januari). *AGV en AMR | De verschillen en overeenkomsten | Gibas Automation*. Geraadpleegd op 20 januari 2021, van <https://gibas.nl/gibas-automation/algemeen/agv-en-amr/>
- Hancock, P. A., Billings, D. R., Schaefer, K. E., Chen, J. Y. C., de Visser, E. J., & Parasuraman, R. (2011). A Meta-Analysis of Factors Affecting Trust in Human-Robot Interaction. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 53(5), 517–527. <https://doi.org/10.1177/0018720811417254>
- Harrison, C., Horstman, J., Hsieh, G., & Hudson, S. (2012). Unlocking the expressivity of point lights. *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '12*, 0–222. <https://doi.org/10.1145/2207676.2208296>

- Hoffman, G., & Breazeal, C. (2004). Collaboration in Human-Robot Teams. AIAA 1st
- Jansen, A. (2018, 1 januari). *Veiligheidskaart veilige toepassing cobots op de werkvloer...* (2018) | www.narcis.nl. Geraadpleegd op 1 oktober 2020, van <https://www.narcis.nl/publication/RecordID/oai:tudelft.nl:uuid:e1a579ea-3939-4e71-9fca-b4b149d6930a>
- Jenkins, G. D., & Taber, T. D. (1977). A Monte Carlo study of factors affecting three indices of composite scale reliability. *Journal of Applied Psychology*, 62(4), 392–398.
<https://doi.org/10.1037/0021-9010.62.4.392>
- Jong Logistiek Nederland. (2018, 8 augustus). *Wat is logistiek?* Geraadpleegd op 9 oktober 2020, van <https://jonglogistiek.nl/logistiek/wat-is-logistiek/>
- Jungheinrich. (2020, 13 juli). *Automated guided vehicles - Het flexibelste automatisch transport*. Geraadpleegd op 25 september 2020, van https://automatisering.jungheinrich.nl/automated-guided-vehicles/?gclid=Cj0KCQjwk8b7BRCaARIsAARRTL7TtmwCMeLI0w1-NvIEBbv6o4Aorxaumi2DFk7cqSfLIJd-pyab-KIaAt9TEALw_wcB
- Kobayashi, K., Funakoshi, K., Yamada, S., Nakano, M., Komatsu, T., & Saito, Y. (2011). *Blinking light patterns as artificial subtle expressions in human-robot speech interaction*. 2011 RO-MAN, 1–22.
<https://doi.org/10.1109/roman.2011.6005289>
- Koppenborg, M., Nickel, P., Naber, B., Lungfiel, A., & Huelke, M. (2017). Effects of movement speed and predictability in human-robot collaboration. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 27(4), 197–209. <https://doi.org/10.1002/hfm.20703>
- KUKA. (2020). *HRC in the production environment*. KUKA AG. <https://www.kuka.com/en-de/future-production/human-robot-collaboration>
- Kruse, T., Kirsch, A., Khambhaita, H., & Alami, R. (2014). Evaluating directional cost models in navigation. *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, <https://doi.org/10.1145/2559636.2559662>
- Lee, Y. M., Madigan, R., Garcia, J., Tomlinson, A., Solernou, A., Romano, R., Markkula, G., Merat, N., & Uttley, J. (2019). Understanding the Messages Conveyed by Automated Vehicles. *Proceedings of the 11th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 3–2. <https://doi.org/10.1145/3342197.3344546>
- Lichtenthäler, C. (2013, 27 oktober). *Towards Legible Robot Navigation - How to Increase the Intend Expressiveness of Robot Navigation Behavior*. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/257304516_Towards_Legible_Robot_Navigation_-_How_to_Increase_the_Intend_Expressiveness_of_Robot_Navigation_Behavior

- Matthews, G., Lin, J., Panganiban, A. R., & Long, M. D. (2020). Individual Differences in Trust in Autonomous Robots: Implications for Transparency. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 50(3), 234–244. <https://doi.org/10.1109/thms.2019.2947592>
- Mahadevan, K., Somanath, S., & Sharlin, E. (2018). Communicating Awareness and Intent in Autonomous Vehicle-Pedestrian Interaction. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3. <https://doi.org/10.1145/3173574.3174003>
- McKim, C. A. (2016). The Value of Mixed Methods Research. *Journal of Mixed Methods Research*, 11(2), 202–222. <https://doi.org/10.1177/1558689815607096>
- Merat, N., Louw, T., Madigan, R., Wilbrink, M., & Schieben, A. (2018). What externally presented information do VRUs require when interacting with fully Automated Road Transport Systems in shared space? *Accident Analysis & Prevention*, 118, 244–252. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.018>
- Nitsch, V. (2016). Predictors of perceived human-robot interaction quality during cooperative tasks. *Predictors of perceived human-robot interaction quality during cooperative tasks*. https://www.researchgate.net/publication/309634510_Predictors_of_perceived_human-robot_interaction_quality_during_cooperative_tasks
- Norman, D. (2013). *The Design of Everyday Things*. Adfo Books.
- OLMIA Robotics. (z.d.). *Wat is een Collaboratieve Robot of Cobot* | Olmia Robotics. Geraadpleegd op 25 september 2020, van <https://www.olmia-robotics.nl/cobot>
- OLMIA Robotics B.V. (z.d.). *Intern transport, autonomous mobile robot* | Olmia Robotics. Olmia Robotics. Geraadpleegd op 20 januari 2021, van <https://www.olmia-robotics.nl/toepassingen/intern-transport>
- Pacchierotti, E., Christensen, H. I., & Jensfelt, P. (2005). Embodied Social Interaction for Service Robots in Hallway Environments. *Springer Tracts in Advanced Robotics*, 293–304. https://doi.org/10.1007/978-3-540-33453-8_25
- Pacchierotti, E., Christensen, H., & Jensfelt, P. (2006). Evaluation of Passing Distance for Social Robots. *ROMAN 2006 - The 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication* <https://doi.org/10.1109/roman.2006.314436>

- Robeck, M. C. (1964). Book Reviews: Legibility of Print by Miles A. Tinker. Ames, Iowa: Iowa University Press, 1963. Pp. ix + 329. *Educational and Psychological Measurement*, 24(4), 1004–1007. <https://doi.org/10.1177/001316446402400443>
- Robla-Gomez, S., Becerra, V. M., Llata, J. R., Gonzalez-Sarabia, E., Torre-Ferrero, C., & Perez-Oria, J. (2017). *Working Together: A Review on Safe Human-Robot Collaboration in Industrial Environments*. *IEEE Access*, 5, 26754–26773. <https://doi.org/10.1109/access.2017.2773127>
- Sabanovic, S., Reeder, S., & Kechavarzi, B. (2014). Designing Robots in the Wild: In situ Prototype Evaluation for a Break Management Robot. *Journal of Human-Robot Interaction*, 3(1), 70. <https://doi.org/10.5898/jhri.3.1.sabanovic>
- Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2015). *Methoden en technieken van onderzoek* (7de editie). Amsterdam, Nederland: Pearson Benelux.
- Saunderson, S., & Nejat, G. (2019). *How Robots Influence Humans: A Survey of Nonverbal Communication in Social Human–Robot Interaction*. *International Journal of Social Robotics*, 11(4), 575–608. <https://doi.org/10.1007/s12369-019-00523-0>
- Seel, N. M. (2014). *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Springer Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6>
- Society of Automobile Engineers International. (2019). Automated Driving System (ADS) Marker Lamp. *Automated Driving System (ADS) Marker Lamp*, 1–3. https://doi.org/10.4271/j3134_201905
- Stone, P. (2018, 29 augustus). *Light-based nonverbal signaling with passive demonstrations for mobile service robots*. Texas ScholarWorks. <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/68210>
- Szafir, D., Mutlu, B., & Fong, T. (2015). Communicating Directionality in Flying Robots. *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction - HRI '15*, 1–22. <https://doi.org/10.1145/2696454.2696475>
- Venture, G., & Kulić, D. (2019). *Robot Expressive Motions*. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, 8(4), 1–17. <https://doi.org/10.1145/3344286>
- Villani, V., Pini, F., Leali, F., & Secchi, C. (2018). Survey on human–robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications. *Mechatronics*, 55, 248–266. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2018.02.009>
- Woods, S., Walters, M., Kheng Lee Koay, & Dautenhahn, K. (2006). Comparing human robot interaction scenarios using live and video based methods: towards a novel methodological

approach. *9th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control, 2006*.
<https://doi.org/10.1109/amc.2006.1631754>

Wright, A.: *The colour affects system of colour psychology*. In: AIC Quadrennial Congress (2009)

Bijlagen

1. Meet instrument

Beste lezer,

Voor het Close Encounters project doen we onderzoek naar de samenwerking tussen mens en robot. Een van de onderdelen is het begrijpelijk en voorspelbaar maken van de route van een transportrobot. Transportrobots rijden steeds vaker in ruimtes waar ook mensen aan het werk zijn, bijvoorbeeld om materiaal van en naar medewerkers in een fabriek te brengen. Eerst vragen we u om naar een afbeelding te kijken waarna een vraag over uw bekendheid met transportrobots volgt. Vervolgens vragen we u voor dit experiment om één video te bekijken. Na deze video wordt u gevraagd enkele vragen in te vullen. Dit onderzoek zal maximaal 10 tot 15 minuten in beslag nemen.

De gegevens die we in dit onderzoek verzamelen zijn anoniem en zullen uitsluitend worden gebruikt voor wetenschappelijke doeleinden. Meedoen is vrijwillig en u kunt uw toestemming intrekken op ieder moment van het onderzoek. Daarvoor hoeft u geen reden te geven.

X Ik geef toestemming voor het verzamelen, bewaren en gebruiken van mijn gegevens voor de beantwoording van de onderzoeksvraag in het huidige en aanverwante onderzoeken. Er worden geen persoonsgegevens verzameld, maar alleen gegevens over de interactie met de robot. Ik weet dat meedoen vrijwillig is en dat ik mijn toestemming kan intrekken op ieder moment van het onderzoek. Daarvoor hoef ik geen reden te geven.

1. Geslacht

- ☐ Man
- ☐ Vrouw

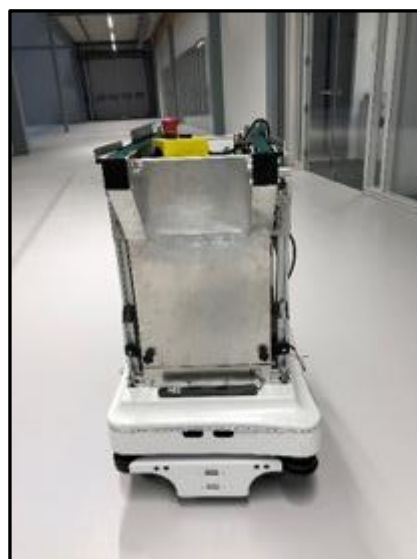
2. Leeftijd in jaren

3. Bekendheid transport robots



Bent u bekend met transport robots, zoals de MIR op de foto's hierboven?

Niet				Heel erg
O	O	O	O	O



4. Kijkt u alstublieft eerst naar de video door op de onderstaande link te klikken. U ziet een rit van de transport robot die als het ware op u afkomt. Het fragment wordt drie keer afgespeeld zodat u het goed kunt bekijken. Wilt u daarna onderstaande vragen beantwoorden?

5. beschrijf in één woord hoe u de bewegingen van de transport robot heeft ervaren

U krijgt een aantal stellingen en vragen. Het is de bedoeling dat u deze beoordeelt op schaal van 1 tot 5.

1: Ik ben het helemaal oneens met de stelling

5: Ik ben het helemaal eens met de stelling

6. Ik vind de manier van rijden van de transport robot...

	Helemaal oneens				Helemaal eens
Begrijpelijk	O	O	O	O	O
Onvoorspelbaar	O	O	O	O	O

7. De manier waarop de transport robot rijdt is...

	Helemaal oneens				Helemaal eens
Zoals verwacht	☐	☐	☐	☐	☐
Verwarrend	☐	☐	☐	☐	☐

8. Het was duidelijk...

	Helemaal oneens				Helemaal eens
Wat de transport robot van plan was	☐	☐	☐	☐	☐
Waar de transport robot naar toe bewoog	☐	☐	☐	☐	☐
Wat zijn eindpunt zou zijn	☐	☐	☐	☐	☐

9. Ik ervaar de manier waarop de transport robot rijdt als...

	Helemaal oneens				Helemaal eens
Houterig	☐	☐	☐	☐	☐
Natuurlijk	☐	☐	☐	☐	☐
Organisch	☐	☐	☐	☐	☐
Mechanisch	☐	☐	☐	☐	☐
Prettig	☐	☐	☐	☐	☐
Onplezierig	☐	☐	☐	☐	☐

10. Door de bewegingen van de transport robot voelde ik mij...

	Helemaal oneens				Helemaal eens
Veilig	☐	☐	☐	☐	☐
Op mijn gemak	☐	☐	☐	☐	☐
Angstig	☐	☐	☐	☐	☐
Kalm	☐	☐	☐	☐	☐

Bedankt voor uw deelname!Mocht u meer informatie willen over dit onderzoek dan kunt u mailen naar m.bergman@fontys.nl

2. E-mail werving respondententen

Beste lezer,

In het kader van mijn studie Toegepaste Psychologie aan de Fontys Hogeschool werk ik momenteel aan mijn afstudeerscriptie welke betrekking heeft op een effectieve samenwerking tussen mens en robot op de industriële werkvloer.

De afstudeeropdracht wordt uitgevoerd binnen het project Close encounters with cobots.

Op dit moment richt ik mij op het verzamelen van zoveel mogelijk data. U kunt mij daarbij helpen door via de bijgevoegde link: <https://www.thesistoolspro.com/survey/qg3vj601935b6e9227> de vragenlijst in te vullen. Ook is mijn verzoek, indien mogelijk, om de link te delen met bekenden uit uw omgeving. Dit levert meer respondenten op en geeft extra waardevolle input.

Graag wil ik u alvast danken voor uw medewerking.

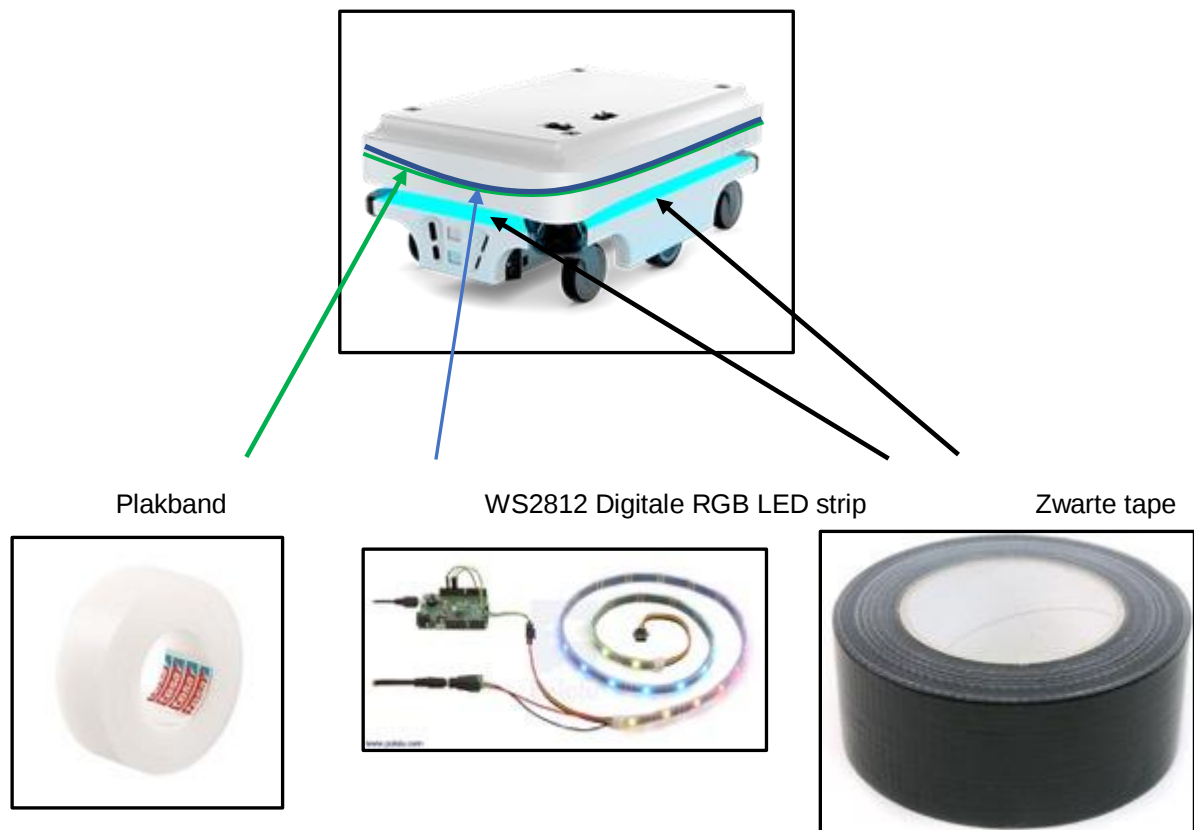
3. Mock up kaart



4. onderzoek locatie foto's



5. Specificaties materiaal en montage



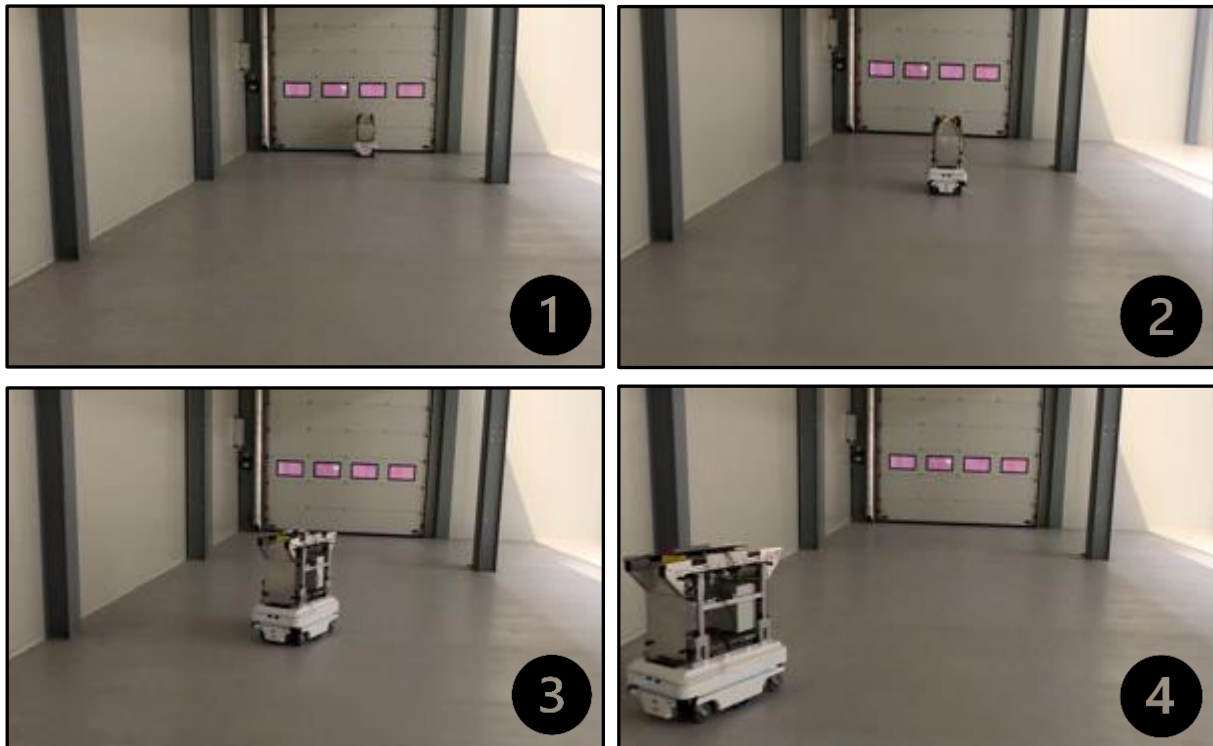
Specificaties benodigd materiaal

Materiaal	Aantal
MiR 100 (transport robot)	1
Arduino (microcomputer)	1
USB-kabel, om de arduino een laptop/computer aan te sluiten	1
Laptop met Arduino software: https://www.arduino.cc/en/software	1
1WS2812 Digitale RGB LED strip Montage LED strip op Arduino. De LED-strip heeft drie kabels: rood, wit en rood. Rood: Deze kabel dient voor de stroom en moet aangesloten worden op de arduino op 5V Wit: Deze kabel dient ook voor de stroom en moet aangesloten worden op de arduino op GND. Groen: Deze kabel is de datakabel en moet aangesloten worden op de arduino op 6. Hierdoor weten de Leds of ze aan of uit moeten en in welke kleur.	2
Camera (video-opname)	1
Statief	1
Meetlint om de afstand op te meten om de sociale regels na te volgen.	1
Zwarte tape	1
Doorzichtig plakband	1

6. Extra toelichting drie scenario's

Scenario 1: Zonder licht

Onderstaand bevinden zich afbeeldingen uit de video opname van het experiment. In dit scenario zendt de transport robot geen lichtpatroon uit. De transport robot komt op de camera afrijden en wijkt naar rechts uit. Dit volgens de sociale regels uit de literatuur. De cijfers 1 t/m 4 geven de volgorde aan van de beelden van de video.



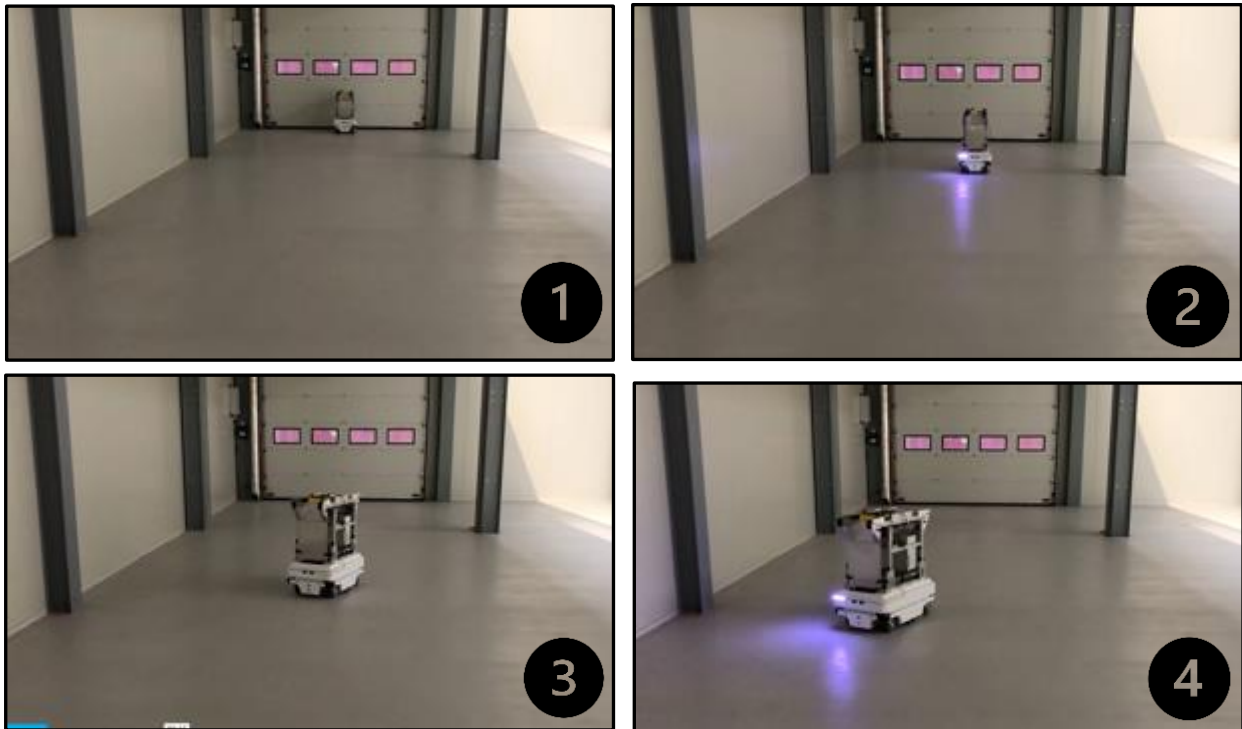
Scenario 2: Looplicht

Onderstaand bevinden zich afbeeldingen uit de video opname van het experiment. Het gaat hier om het scenario waar de transport robot twee lichtpatronen uitzendt met als naam Looplicht. Het eerste lichtpatroon is het signaal voor het rechtdoor gaan. Dit wordt twee keer afgespeeld in de video. Het tweede lichtpatroon geeft de intentie aan dat de transport robot naar rechts uitwijken, (links voor de respondent). Dit lichtpatroon wordt vijf keer uitgezonden. De transport robot komt op de camera afrijden en kijkt naar rechts uit, dit volgens de sociale regels uit de literatuur. De cijfers 1 t/m 4 geven de volgorde aan van de videobeelden.



Scenario 3: Knipperlicht

Onderstaand bevinden zich afbeeldingen uit het video opname van het experiment. Het gaat hier om het scenario waar de transport robot het knipperlichtpatroon uitzendt. Het knipperlicht zendt informatie uit over de voorgenomen wijziging van richting, in dit geval naar rechts (links voor de respondent). Het lichtsignaal knipperlicht is 12 keer uitgezonden. De transport robot komt op de camera afrijden en wijkt uit naar rechts. Dit volgens de sociale regels uit de literatuur. De cijfers 1 t/m 4 geven de volgorde aan van de videobeelden.



7. Analyse plan

Na het uitvoeren van het experiment en de verzamelde data zijn de gegevens geanalyseerd. Voor deze data-analyse is gebruik gemaakt van het programma IBM SPSS Statistics 26 voor Windows. Gestart werd met het controleren van verkregen data afkomstig is uit de drie online vragenlijsten m.b.t. de drie scenario's zoals deze opgesteld waren met Thesis Tools pro. De data waren gekoppeld aan de volgende drie scenario's 1. Zonder licht, 2. Looplicht, 3. Knipperlicht.

Alleen vragenlijsten die volledig waren ingevuld zijn meegenomen in de analyse. Waarden die ontbraken (missing) zijn aangegeven met 999. Bij de 5 punts-Likert schalen zijn de waarden gekoppeld aan de antwoordmogelijkheden, variërend van 1 = helemaal mee oneens tot en met 5 = helemaal mee eens. De eerste uitdraai had betrekking op het genereren van een frequentietabel voor alle variabelen. Hierdoor kon worden bepaald of er geen fouten waren gemaakt. Vervolgens werd vastgesteld of er vragen in aanmerking kwamen voor her-codering. Een vragenlijst moet namelijk homogeen zijn. De volgende variabelen voldeden niet aan de eisen: onvoorspelbaarheid, verwarrend, onplezierig en angstig te zijn. Na deze her-codering zijn er nieuwe variabelen gemaakt door het combineren van gegevens. Deze variabelen hebben uiteindelijk de volgende namen gekregen: Voorspelbaarheid, Aangenaamheid en Waargenomen veiligheid gekregen.

Daarna is de mate van homogeniteit uitgedrukt. Dit via Cronbach's alpha. In eerste instantie werd gedacht aan een One-way ANOVA. Dit omdat er sprake is van meer dan twee groepen waarvan het gemiddelde vergeleken moet worden. Echter na het doornemen van de bijhorende assumpties bleek er geen sprake was van een normaalverdeling en deze is voorwaardelijk voor een ANOVA one way. Hoewel het mogelijk was om data te transformeren is in overleg met de opdrachtgever besloten om de data niet te manipuleren en dus voor een niet-parametrische toets te gaan. In dit geval is gekozen voor de Kruskal-Wallis-Test. Deze kan worden uitgevoerd vanaf drie of meer groepen en er is geen normaalverdeling vereist.

De assumpties voor de Kruskal-Wallis Test zijn 1. Afhankelijke variabele is op ordinaal, interval of ratio niveau gemeten. Hier is aan voldaan. 2. De Onafhankelijke variabelen moet bestaan uit meer dan twee onafhankelijke groepen. Hier is ook aan voldaan tijdens dit experiment hebben er namelijk drie groepen meegedaan. 3. De observaties zijn onafhankelijk gemeten. Hier is ook aan voldaan elke groep heeft namelijk verschillende respondenten en de verdeling tussen respondenten met ervaring en zonder ervaring is zo goed mogelijk verdeeld. 4. De verdeling van elke groep heeft dezelfde vorm. Dit is geen vereiste assumptie maar mocht hieraan voldaan worden dan kunnen er extra conclusies worden getrokken. Ik pas dit niet toe in mijn onderzoek.

8. Syntax

```
DATASET ACTIVATE DataSet1.
```

```
RELIABILITY
```

```
  /VARIABLES=begrijpelijkheid zoals verwacht HERverwarrend HERonvoorspel van plan  
welke kant eindpunt
```

```
  /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
```

```
  /MODEL=ALPHA
```

```
  /STATISTICS=DESCRIPTIVE SCALE CORR COV
```

```
  /SUMMARY=TOTAL MEANS VARIANCE COV CORR.
```

```
RELIABILITY
```

```
  /VARIABLES=HERhouderig natuurlijk
```

```
  /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
```

```
  /MODEL=ALPHA
```

```
  /STATISTICS=DESCRIPTIVE SCALE CORR COV
```

```
  /SUMMARY=TOTAL MEANS VARIANCE COV CORR.
```

```
RELIABILITY
```

```
  /VARIABLES=organisch HERmechanisch
```

```
  /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
```

```
  /MODEL=ALPHA
```

```
  /STATISTICS=DESCRIPTIVE SCALE CORR COV
```

```
  /SUMMARY=TOTAL MEANS VARIANCE COV CORR.
```

```
RELIABILITY
```

```
  /VARIABLES=prettig HERonplezierig mijngemak
```

```
  /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
```

```
  /MODEL=ALPHA
```

```
  /STATISTICS=DESCRIPTIVE SCALE CORR COV
```

```
  /SUMMARY=TOTAL MEANS VARIANCE COV CORR.
```

RELIABILITY

```
/VARIABLES=veilig HERangst kalm  
/SCALE('ALL VARIABLES') ALL  
/MODEL=ALPHA  
/STATISTICS=DESCRIPTIVE SCALE CORR COV  
/SUMMARY=TOTAL MEANS VARIANCE COV CORR.
```

*Nonparametric Tests: Independent Samples.

NPTESTS

```
/INDEPENDENT TEST (Voorspelbaarheid) GROUP (Groep)  
KRUSKAL_WALLIS(COMPARE=PAIRWISE)  
/MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE  
/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.
```

*Nonparametric Tests: Independent Samples.

NPTESTS

```
/INDEPENDENT TEST (Vloeiende_bewegingen) GROUP (Groep)  
KRUSKAL_WALLIS(COMPARE=PAIRWISE)  
/MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE  
/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.
```

*Nonparametric Tests: Independent Samples.

NPTESTS

```
/INDEPENDENT TEST (Levendig) GROUP (Groep)  
KRUSKAL_WALLIS(COMPARE=PAIRWISE)  
/MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE  
/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.
```

*Nonparametric Tests: Independent Samples.

NPTESTS

```
/INDEPENDENT TEST (Aangenaamheid) GROUP (Groep)  
KRUSKAL_WALLIS(COMPARE=PAIRWISE)  
/MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE  
/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.
```

*Nonparametric Tests: Independent Samples.

NPTESTS

/INDEPENDENT TEST (Waargenomen_Veiligheid) GROUP (Groep)
KRUSKAL_WALLIS(COMPARE=PAIRWISE)

/MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE

/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.

9. Relevante output

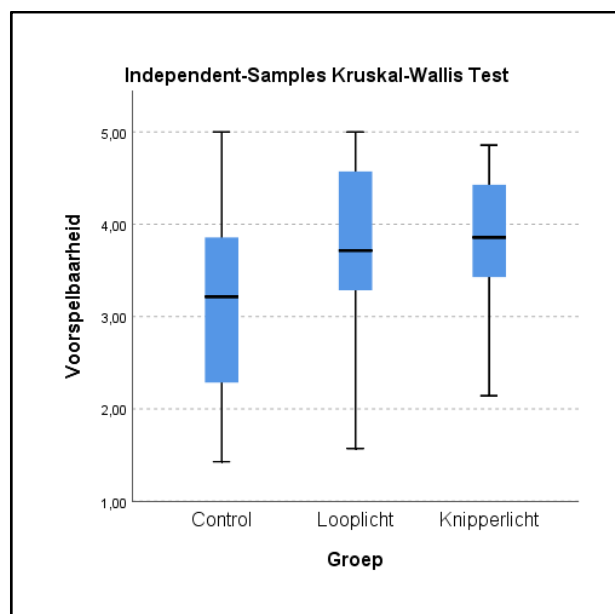
Voorspelbaarheid

Independent-Samples Kruskal-Wallis Test Summary	
Total N	90
Test Statistic	9,990 ^a
Degree Of Freedom	2
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,007

a. The test statistic is adjusted for ties.

Pairwise Comparisons of Groep					
Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
Control-Looplicht	-16,417	6,732	-2,438	,015	,044
Control-Knipperlicht	-19,933	6,732	-2,961	,003	,009
Looplicht-Knipperlicht	-3,517	6,732	-,522	,601	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same.
Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05.
a. Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.



Aangenaamheid

Independent-Samples Kruskal-Wallis Test Summary	
Total N	90
Test Statistic	5,251 ^{a,b}
Degree Of Freedom	2
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,072
a. The test statistic is adjusted for ties.	
b. Multiple comparisons are not performed because the overall test does not show significant differences across samples.	

Waargenomen veiligheid

Independent-Samples Kruskal-Wallis Test Summary	
Total N	90
Test Statistic	7,943 ^a
Degree Of Freedom	2
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,019
a. The test statistic is adjusted for ties.	

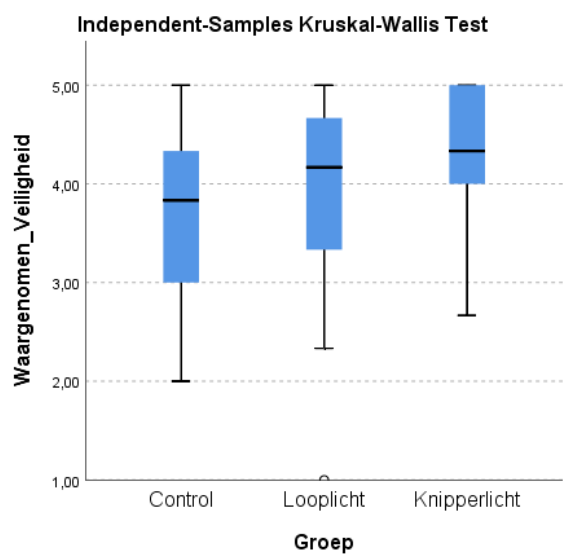
Pairwise Comparisons of Groep

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
Control-Looplicht	-9,183	6,677	-1,375	,169	,507
Control-Knipperlicht	-18,817	6,677	-2,818	,005	,014
Looplicht-Knipperlicht	-9,633	6,677	-1,443	,149	,447

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same.

Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05.

a. Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.



10. Ethische verantwoording

Deze ethische verantwoording is geschreven aan de hand van de vijf Nederlandse gedragscodes wetenschappelijke integriteit. Hieronder worden alle gedragscodes met betrekking tot dit onderzoek toelicht.

De eerste gedragscode heeft betrekking op eerlijkheid. Dit betekent dat de onderzoeker geen ongefundeerde claims doet en dat de verzamelde informatie eerlijk gerapporteerd is. Hier is aan voldaan doordat er eerlijk gebruik gemaakt is van bronnen en vanuit deze bronnen zijn resultaten beschreven op een eerlijke manier en niet aangepast om situaties gunstiger te maken.

De tweede gedragscode heeft betrekking op zorgvuldig zijn. Hier is rekening mee gehouden door zorgvuldig op zoek te gaan naar wetenschappelijke literatuur. Tijdens het literatuuronderzoek zijn de opvattingen, methodes en praktijkvoorbeelden van verschillende onderzoeken zorgvuldig beschreven. Dit onderzoek is kwantitatief van aard en er is gebruik gemaakt van een digitale vragenlijst. Deze vragenlijst is deels gebaseerd op een bestaande vragenlijst en deels op de literatuur. Tijdens het samenstellen van de vragenlijst zijn er bewuste afwegingen gemaakt met betrekking op de onderzoeksvraag en de belangen van de opdrachtgever. De resultaten zijn ook compleet en nauwkeurig beschreven en alle verkregen data zijn door mij persoonlijk verwerkt en deze verkregen data blijft bij mij tot het einde van mijn onderzoek. Bij volledige afronding zal de data naar het Lectoraat mens en Technologie gaan, waarbij opvraging mogelijk is bij dr. Marijke Bergman.

De derde gedragscode heeft betrekking op transparantie. Dit betekent ook dat de onderzoeker eerlijk, helder en respectvol communiceert richting zijn respondenten en daarbij een professionele houding aan neemt. Hier is rekening mee gehouden doordat de onderzoeker tijdens dit onderzoek een neutrale houding heeft aangenomen tegenover de respondenten. Voorafgaand aan de gesprekken met bedrijven die ter ondersteuning hebben plaats gevonden voor de probleemanalyse is er toestemming gevraagd voor een video of audio opnamen, met daarbij de bijhorende verantwoording. Zoals: waarvoor het opgenomen beeld/audiomateriaal dient en dat deze opname niet gepubliceerd mag worden en alleen door het lectoraat mens en technologie gezien, of beluisterd mag worden. Tijdens de data verzameling zijn de respondenten ervan op de hoogte gebracht dat het mee doen aan het onderzoek te allen tijde vrijwillig en anoniem is. Voorafgaand aan de digitale vragenlijst is er aan de respondent een uitleg gegeven, via tekst wat het onderzoek inhoudt, waarvoor het dient en het doel ervan. Hierop aansluitend een toestemmingsformulier wat de respondent moest ondertekenen waar duidelijk in vermeld stond wat er van de respondent verwacht wordt en wat er met de data gebeurt tijdens en na het onderzoek. De uitkomsten die zijn voortgevloeid uit dit onderzoek zijn niet terug te herleiden naar de betrokkene respondent. Ook zijn de stappen in het onderzoeksproces controleerbaar.

De vierde gedragscode heeft betrekking op onafhankelijkheid. Hier is rekening mee gehouden door als onderzoeker tijdens het proces objectief te blijven en tijdens het maken van keuzes. Dit ook door tijdens het zoeken naar wetenschappelijke literatuur mij als onderzoeker niet te laten afleiden door buiten-wetenschappelijke overwegingen en onpartijdigheid te hanteren.

De vijfde gedragscode heeft betrekking op verantwoordelijkheid. Hier is rekening mee gehouden doordat er tijdens de oriëntatiefase meermaals contact is geweest met de opdrachtgever en de begeleider vanuit de opleiding. Dit is gedaan om de belangen van de opdrachtgever en de gestelde

eisen vanuit de opleiding zo helder mogelijk in kaart te kunnen brengen. Tijdens de oriëntatiefase hebben er ook gesprekken plaats gevonden met bedrijven ter ondersteuning, waardoor er uiteindelijk een heldere probleemanalyse is ontstaan. Verder is er ook zorgvuldig gezocht naar alles wat er bekend is over dit onderwerp en de bijhorende problematiek. Daarnaast is er zorgvuldig gezocht naar wetenschappelijke data en tijdens het gehele proces is er rekening gehouden met de belangen van de opdrachtgever en de focus op toepasbare oplossingen die direct uitvoerbaar kunnen zijn in de praktijk.