



Universiteit Utrecht

Titel	V6 - Inzet van sociale robots tegen eenzaamheid
Auteurs	Max J. Hüsstege, 3821692, Informatica. Anne E. M. Leenders, 4083911, Cognitieve Neurobiologische Psychologie. Lorena A. A. M Tol, 5540798, Natuurwetenschap en Innovatiemanagement.
Cursus	Scriptie: Interdisciplinair onderzoek II.
Datum	21 April 2017
Naam begeleider	Marieke de Koning
Naam vakreferent	Dr. Alexander Peine (NWI) Douwe Kiela (CS) Edwin Dalmaijer (CNP)
Aantal woorden	25907

Voorwoord

Voor u ligt de interdisciplinaire scriptie van Max Hüsstege, Lorena Tol en Anne Leenders. Met deze scriptie zullen wij onze bachelor *Liberal Arts & Sciences* afsluiten. Dit eindwerkstuk is het verslag van ons onderzoek naar de inzet van sociale robots tegen eenzaamheid. Dit onderwerp bevindt zich op het grensvlak van onze disciplines. Het gebied waar informatica, natuurwetenschap- en innovatiemanagement en cognitieve neurobiologische psychologie een relatie met elkaar aangaan. Het heeft dan ook niet lang geduurd om tot een samenwerking te komen en te besluiten dat dit het onderwerp werd van onze interdisciplinaire scriptie.

Er bleek een gat te zitten in de wetenschappelijke kennis over de robot-mensinteractie wanneer het de toepassing van robots tegen eenzaamheid betreft. Ook opereerden de verschillende disciplines los van elkaar: er werd weinig gebruik gemaakt en rekening gehouden met inzichten van de andere disciplines. Niet alleen waren we zelf erg geïnteresseerd in de inzet van sociale robots tegen eenzaamheid, ook hoopten we nieuwe inzichten te creëren door kennis van onze disciplines te integreren. We hebben, mede omdat niet alle relevante disciplines een bijdrage konden leveren aan dit onderzoek, niet de illusie het wetenschappelijke gat te kunnen opvullen, maar hopelijk vormt deze scriptie wel een stap in de geïntegreerde richting.

Bij het schrijven van deze scriptie werden wij begeleid door een aantal mensen die wij via deze weg willen bedanken. Allereerst willen wij Marieke de Koning, de interdisciplinaire begeleider, bedanken voor haar feedback, kritische blik en enthousiasme richting onze scriptie. Daarnaast willen wij ook onze vakreferenten Dr. Alexander Peine (NWI), Douwe Kiela (CS), Edwin Dalmaijer (CNP) bedanken voor hun disciplinaire hulp en feedback van de disciplinaire delen. Dit heeft niet alleen bijgedragen aan de disciplinaire hoofdstukken, maar heeft de gehele interdisciplinaire scriptie naar een hoger niveau getild.

VOORWOORD	2
INLEIDING.....	4
DEEL I: VERSCHILLENDE EXPERTISES.....	8
1. NEURALE NETWERKEN TEGEN EENZAAMHEID	9
1.1 Inleiding	9
1.1.1 Fysiek	9
1.1.2 Relatievorming.....	9
1.1.3 Eisen sociale robots.....	10
1.2 Neurale netwerken	11
1.3 Emotieherkenning.....	12
1.4.1 Natuurlijketaalverwerking	13
1.4.2 Dynamic Memory Network.....	14
1.5 Leren van gebeurtenissen	15
1.6 Conclusie	15
2. ROBOTGEBRUIK.....	17
2.1 Inleiding	17
2.2 Theoretisch kader	18
2.3 Resultaten.....	20
2.4 Analyse.....	25
2.5 Limitaties	28
2.6 Conclusie	29
3. SOCIALE ROBOTS EN HUN INTERACTIE MET HET MENSELIJKE BREIN.....	30
3.1 Inleiding	30
3.2 Sociale interactie.....	30
3.2.1 Het emotionele brein	31
3.2.2 Empathie.....	35
3.2.3 Gezichtsverwerking.....	36
3.3. (Sociale) Robots	37
3.3.1 Uncanny Valley	37
3.3.2 Sociale vaardigheden van een robot.....	40
3.4 Conclusie	40
DEEL II: INTEGRATIE	42
4. INTEGRATIE	43
4.1 Inleiding	43
4.2 Het creëren van common ground	45
4.3 More comprehensive understanding	49
4.3.1 Technologische-vereisten.....	50
4.3.2 Positioneringsvereisten.....	52
4.3.3 Ontwerpvereisten	53
5. CONCLUSIE EN DISCUSSIE	56
5.1 Conclusie	56
5.2 Discussie.....	58
6. LITERATUURLIJST.....	63
APPENDIX	75

Inleiding

Mevrouw Smetsers (79) woont in een verzorgingstehuis en heeft sinds kort een nieuwe, twaalf kilo zware en 58 centimeter hoge medebewoner, Zora de zorgrobot (Zora Robotics, n.d.). Mevrouw Smetsers was in eerste instantie argwanend, maar is inmiddels Zora's grootste fan. Volgens haar is het inmiddels een stuk levendiger in het verzorgingstehuis en wordt er ook veel meer gelachen, ze heeft door Zora ook meer contact met haar medebewoners (Schalkwijk, 2014).

Mevrouw Smetsers is een van de 136.526 ouderen die in 2014 in een verzorgingstehuis woont (Ouderenfonds, n.d.). Ondanks het feit dat er meerdere mensen in zo'n tehuis wonen, voelen veel mensen zich er eenzaam (Ouderenfonds, n.d.). Uit onderzoek blijkt dat het gevoel van eenzaamheid vaak toeneemt naarmate men ouder wordt. Dertig procent van alle Nederlanders voelt zich matig eenzaam. Van de 3.007.505 ouderen in de leeftijdscategorie van 65 jaar en ouder voelt meer dan veertig procent zich matig eenzaam en meer dan tien procent voelt zich zelfs ernstig eenzaam (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2017; Coalitie Erbij, 2015). Dit is gemeten door socioloog en demograaf De Jong-Gierveld, die ook de definitie van eenzaamheid verduidelijkt: eenzaamheid is het subjectief ervaren van een onplezierig of ontoelaatbaar gemis aan kwaliteit en/of kwantiteit van bepaalde sociale relaties. Bij kwantitatieve gebreken, ook wel sociale eenzaamheid genoemd, is het aantal sociale contacten minder dan gewenst. Dit is in theorie op te lossen door de sociale kring te vergroten. Wanneer de gebreken kwalitatief zijn wordt er ook wel gesproken van emotionele eenzaamheid. Dit komt vaak voor bij het gemis van een partner of beste vriend. Deze vorm van eenzaamheid zou alleen verholpen kunnen worden door het aangaan van een nieuwe intieme relatie. (van Tilburg & Savelkoul, 2003)

Zowel op landelijk als op regionaal niveau wordt er actie ondernomen om eenzaamheid tegen te gaan (Coalitie Erbij, 2014). Zo zijn er initiatieven om mensen met elkaar te verbinden door samen te eten of tijdschriften uit te wisselen. Er luidt echter kritiek dat deze oplossingen vaak alleen gericht zijn op symptoombestrijding en dat het structurele probleem van eenzaamheid niet wordt aangepakt (Booijnk, 2015). Recentelijk worden daarom de mogelijkheden voor het inzetten van technologieën verkend (HU Onderzoek, 2016).

Een van deze technologieën is de sociale robot, waarvan zorgrobot Zora van mevrouw Smetsers een voorbeeld is. Sociale robots zijn robots die ontworpen zijn om op een sociale manier te communiceren met mensen, of om een sociale reactie bij ze op te roepen (Leite, Martinho, & Paiva, 2013). In het onderzoek naar sociale robots wordt vaak gefocust op de

verschillende, losstaande aspecten van robots, zoals de gebruiksvriendelijkheid en hun effect op de mens. Om robots te kunnen inzetten tegen eenzaamheid is echter een bredere benadering nodig. Al die losstaande aspecten zullen samengebracht moeten worden om de structurele problemen van eenzaamheid aan te kunnen pakken. Om te onderzoeken welke aspecten hierbij belangrijk zijn en hoe deze samengebracht kunnen worden, wordt in deze scriptie de sociale robot als casus genomen. Hierbij wordt de volgende vraag gesteld: *Wat zijn de vereisten aan sociale robots wanneer deze zullen worden ingezet als middel tegen eenzaamheid?*

Deze vraag vereist een interdisciplinaire aanpak. Zoals eerder beschreven, zijn er met betrekking tot de sociale robots diverse aspecten waar rekening mee gehouden moet worden en bestaan er verschillende invalshoeken van waaruit naar sociale robots gekeken kan worden. Als vanuit één enkele discipline antwoord gegeven wordt op deze vraag, zal dit leiden tot een incompleet antwoord, omdat elke discipline alleen vereisten voor de sociale robot zal vinden vanuit de eigen epistemologie. Dit kan ertoe leiden dat de sociale robot tekort zal schieten op gebieden die niet gerelateerd zijn aan de individuele discipline. Een voorbeeld hiervan kan zijn dat er te veel gefocust wordt op de robottechnologie, terwijl het robotontwerp vergeten wordt. Dit kan als gevolg hebben dat de sociale robot niet in staat zal zijn te interacteren met mensen en daarmee geen structurele oplossing voor het eenzaamheidsprobleem kan vormen.

Hierdoor zal geen enkele discipline dit probleem alleen kunnen oplossen. De drie disciplines kunnen wel verschillende aspecten van het vraagstuk onderzoeken en de uitkomsten samen met elkaar vergelijken en integreren. Op deze manier kan een meer compleet antwoord gegeven worden op de vraag. In deze scriptie wordt hiertoe een poging gedaan door het probleem vanuit drie disciplines te benaderen. Deze zijn:

1. informatica, hierna CS genoemd (Computer Sciences);
2. natuurwetenschap en Innovatiemanagement, hierna NWI genoemd;
3. cognitieve- en Neurobiologische Psychologie, hierna CNP genoemd.

Deze disciplines zijn gekozen omdat ze elk iets bijdragen aan het fenomeen sociale robots. De disciplines hebben verschillende onderzoeksmethoden en focussen, wat leidt tot verschillende invalshoeken. Deze verschillen worden niet gezien als limitaties, maar als waardevolle aanvullingen in het onderzoek naar sociale robots. De focus van CS ligt vooral op de mogelijkheden en uitdagingen rondom het programmeren van een sociale robot. Denk hierbij aan technologische functies als sociale interactie en *machine learning*. De vraag die gesteld wordt in het disciplinaire hoofdstuk vanuit CS is: *Hoe ver zijn we met de technische ontwikkelingen die nodig zijn om sociale robots eenzaamheid te kunnen laten bestrijden?* Een antwoord op deze vraag is van belang, omdat de technische mogelijkheden het uiteindelijke

doen en laten van de sociale robot bepalen. In het disciplinaire hoofdstuk van Natuurwetenschap en Innovatiemanagement wordt een heel ander aspect van sociale robots onderzocht: het robotgebruik. Dit hoofdstuk biedt inzicht in de processen rondom acceptatie en domesticatie van nieuwe technologieën. Nieuwe technologieën kunnen op papier en in laboratoria geweldige oplossingen bieden voor een bepaalde doelgroep, maar de doelgroep moet de technologie wel kunnen en willen aanschaffen en gebruiken. De vraag die daarom vanuit deze discipline wordt beantwoord is: *Op welke manier worden sociale robots gedomesticeerd?* Ten slotte wordt in het laatste disciplinaire hoofdstuk dat geschreven is vanuit Cognitieve Neurobiologische Psychologie vooral gekeken naar de mogelijkheden van mens-robotinteractie. De vraag die hierbij wordt beantwoord is: *In hoeverre kunnen robots geschikt worden om mens-mensinteractie te vervangen door mens-robotinteractie?* Een antwoord op deze vraag zal inzicht geven in de mogelijkheden die sociale robots bieden bij het bestrijden van eenzaamheid en of menselijke relaties te vervangen zijn door mens-robotrelaties.

Een compleet en geïntegreerd antwoord op de hoofdvraag van deze scriptie kan als referentiekader gebruikt worden bij het ontwikkelen van sociale robots. Sociale robots die voldoen aan de interdisciplinair opgestelde vereisten zouden dan een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan een structurele oplossing voor het eerder gestelde probleem van eenzaamheid onder ouderen.

Hoewel het gestelde probleem in deze scriptie door drie relevante disciplines wordt onderzocht, is het van belang om niet uit het oog te verliezen dat medewerking vanuit meerdere disciplines gewenst was geweest. Voorbeelden van andere relevante disciplines zouden klinische psychologie, sociologie, antropologie, post humanisme filosofie en rechtsgeleerdheid kunnen zijn. Klinische psychologie zou een uitgebreider onderzoek naar eenzaamheid en de oorzaken hiervan kunnen uitvoeren en daarnaast inzicht kunnen geven in de verschillende vormen van therapie om eenzaamheid te verminderen. Sociologie zou kunnen bekijken wat de komst van robots betekent voor de sociale relaties tussen mensen in de samenleving en wat dit betekent voor eenzaamheid. Daarnaast zou antropologie inzicht kunnen geven in de rol die cultuur speelt bij het inzetten van robots. Als laatste zijn posthumanisme, filosofie en recht van belang voor de ethische en wettelijke aspecten van het fenomeen sociale robots. De ingebruikname van sociale robots als middel tegen eenzaamheid kan namelijk veel ethische vragen oproepen. Post humanisme definieert een posthuman als: "Personen met ongeëvenaarde lichamelijke, intellectuele en psychische mogelijkheden, zelf-programmerende, zelfstandig en onafhankelijk handelende, potentieel onsterfelijke, ongelimiteerde individuen." (Oliveros,

2004). Deze post human zou, onder ideale omstandigheden veel overeenkomsten hebben met een sociale robot.

In deze scriptie is gebruikgemaakt van de interdisciplinaire onderzoeksmethode van Repko (2008). Deze methode is gekozen omdat het de meest gebruikte interdisciplinaire onderzoeksmethode is en omdat deze methode bruikbare integratietechnieken aandraagt, waarmee conflicten kunnen worden opgelost. In lijn met de opbouw van interdisciplinair onderzoek volgens (Repko, 2008), worden allereerst de drie disciplinaire deelvragen beantwoord door middel van disciplinaire literatuurstudies. Daarna volgt de integratie van de disciplinaire inzichten, door middel van de integratietechnieken, waarmee wordt gezocht naar een *common ground*. Daarna zal een *more comprehensive understanding* worden gevormd (Repko, 2008). Als laatste zal de conclusie nogmaals kort worden beschreven en zullen de tekortkomingen worden bediscussieerd in de discussie. Om het integratieproces te verduidelijken en om de meerwaarde van een interdisciplinaire benadering bij het ontwikkelen van nieuwe producten aan te tonen, wordt de ontwikkeling van een andere innovatie, het Senseo koffieapparaat, als metafoor gebruikt.

De ontwikkeling van de Senseo koffiemachine vond namelijk niet in één bedrijf plaats, maar was het resultaat van een bijzondere samenwerking tussen verschillende bedrijven. Om tot één gedeeld product te komen moesten de verschillende expertises en bijbehorende ontwerpen geïntegreerd worden tot één product.

Deel I: Verschillende expertises

Het Senseo samenwerkingsverband bestond uit verschillende bedrijven. De bedrijven die het meest betrokken waren bij de machine zijn: Sara Lee, het moederbedrijf van Douwe Egberts, Philips, Waacs en WeLL Design. Elk bedrijf bracht eigen expertise in met betrekking tot het ontwerp en de functies van het koffieapparaat. Sara Lee had kennis van koffie en de wijze waarop kwalitatief goede koffie gemaakt moet worden, Philips had verstand van elektronische consumentengoederen en de massa productie daarvan, Waacs had expertise op het gebied van extern productontwerp en WeLL Design had kennis van het technische ontwerp en de componenten van de machine (Deken & Lauche, 2014). Elk bedrijf werkte een bepaalde periode individueel aan het product. Op deze manier ontwikkelde elk bedrijf een eigen idee over wat het product moest worden. De auteurs noemen dit idee een ‘object’. (Deken & Lauche, 2014).

Deze fase in de ontwikkeling van de Senseo koffiemachine, waarbij de bedrijven individueel aan het product werken, komt overeen met de disciplinaire literatuurstudies. In de volgende drie hoofdstukken wordt de kennis en expertise van drie vakgebieden weergegeven: technologische capaciteiten van de robot (hoofdstuk 1), robotgebruik (hoofdstuk 2) en menselijke interactie (hoofdstuk 3). De inzichten die hieruit afgeleid zijn, kunnen worden gezien als de individuele ‘objecten’.

1. Neurale netwerken tegen eenzaamheid

1.1 Inleiding

Welke technologische ontwikkelingen zijn nodig om robots in te zetten tegen eenzaamheid? Die vraag beantwoorden we in dit hoofdstuk. Eerst wordt kort ingegaan op het begrip eenzaamheid. Daarna wordt er een lijn geschetst met daarop aan de ene kant sociale eenzaamheid en de minimale benodigdheden voor een sociale robot om dit te bestrijden. Aan de andere kant staan de verwachte benodigdheden om emotionele eenzaamheid te bestrijden. Hier tussen worden de minimale benodigdheden stap voor stap uitgebreid om uit te komen bij de andere kant van de lijn. Bij elke stap wordt er een voorbeeld gegeven van de huidige staat van de ontwikkelingen in deze techniek. Uiteindelijk beantwoorden we de vraag: *Hoe ver zijn we met de technische ontwikkelingen die nodig zijn om sociale robots eenzaamheid te kunnen laten bestrijden?*

1.1.1 Fysiek

Sociale robots kunnen waarschijnlijk ingezet worden bij zowel sociale als emotionele eenzaamheid. In het geval van sociale eenzaamheid kunnen robots mensen bijvoorbeeld helpen om met elkaar in contact te komen. Hiervoor is een fysieke verschijning niet noodzakelijk, maar wellicht wenselijk. De kracht van een fysiek lichaam is dat het in zekere mate permanent is. Deze eigenschap maakt het mogelijk dat er een band ontstaat tussen de robot en de mens waardoor de emotionele eenzaamheid van de mens kan verminderen.

1.1.2 Relatievorming

Om sociale robots in te kunnen zetten tegen emotionele eenzaamheid moeten ze een intieme relatie op kunnen bouwen met de mens. Om erachter te komen wat hiervoor nodig is, wordt er gekeken naar het tot stand komen van relaties tussen mensen. Het vormen van relaties is echter een onderwerp dat ver ligt van de discipline informatica, de *attachment theory* van C. Hazan en P. Shaver wordt daarom als waar aangenomen. Deze theorie stelt dat de mens in de kindertijd een band schept met zijn/haar verzorger. Het doel van die relatie is dat het kind zich veilig voelt. Zo'n gevoel van veiligheid ontstaat wanneer de verzorger in de buurt en toegankelijk is. Terwijl het kind opgroeit, wordt de basis van deze relatie stap voor stap overgedragen aan leeftijdsgenoten. De relatie verandert tijdens de overdracht. Standaard is de ontvanger van deze relatie een romantische partner, maar dat is geen vereiste. Het belangrijkste is dat er een gevoel van veiligheid ontstaat, dat vergelijkbaar is met dat van de kindertijd. Bij het zoeken naar een partner zijn de eigenschappen die dit gevoel naar voren brengen, toegankelijkheid en

vertrouwdheid, daarom ook belangrijk. Naast het gevoel van veiligheid zoekt men ook emotionele support in een hechte relatie. Om een dergelijke relatie te kunnen scheppen tussen mensen en sociale robots zouden de robots dus toegankelijk en vertrouwd moeten zijn. Mensen voelen zich over het algemeen vertrouwd met anderen die gelijke eigenschappen hebben (in uiterlijk, houding, meningen, etc.), hen laten lachen of als ze zelf lachen. Ook moet de mens emotionele support kunnen halen uit de hechte band met de robot. (Hazan & Shaver, 1994)

1.1.3 Eisen sociale robots

Op dit moment zijn er al sociale robots die sociale eenzaamheid verminderen door mensen met elkaar in contact te brengen. Zo helpt de robot Zora bij zorgtehuizen met dingen als het voorlezen van bewegingsoefeningen, het spelen van spelletjes en het voorlezen van verhalen of het nieuws (QBMT, 2015). Door deze groepsactiviteiten te faciliteren zorgt Zora ervoor dat de bewoners meer met elkaar praten. Aan de hand van de gebruikte technieken in Zora zijn de technologische benodigdheden af te leiden die nodig zijn om sociale eenzaamheid te bestrijden. Zora kan spraak volgens de documentatie van Softbank Robotics commando's herkennen en erop reageren, kijkt naar de plek waar stimuli zoals aanraking en geluid vandaan komen en kan autonoom bewegen (SoftBank Robotics, 2017). Verder is er een breed scala aan applicaties die door de gebruiker geïnstalleerd kunnen worden waardoor ze dansjes en spelletjes leert. Een minimale sociale robot moet dus reactief en enigszins autonoom zijn, simpele spraak kunnen herkennen en iets hebben om mensen samen te brengen, zoals Zora haar spelletjes en dansjes heeft.

Voor emotionele eenzaamheid moeten sociale robots toegankelijk zijn en vertrouwd aanvoelen voor de mens. Ook moet de robot op de een of andere manier emotionele support kunnen verlenen. Om toegankelijk te zijn, zullen de robots taal moeten herkennen en er adequaat op kunnen reageren. Eerder is genoemd dat bijvoorbeeld humor en lachen belangrijk zijn voor het gevoel van vertrouwelijkheid. Taal is essentieel om een grap te begrijpen. Ook de herkenning van emoties versterkt een vertrouwensband. Daarnaast helpt het bij mensen als er gelijke eigenschappen zijn. (Hazan & Shaver, 1994)

Nu is het heel moeilijk om een robot met uiterlijke gelijkenissen uit te rusten, maar wat wel kan helpen is dat de robot leert van de meningen van de mens. Hiervoor is het belangrijk dat de robot kan redeneren op basis van geleerde kennis. Om aan deze eisen te voldoen moet de robot eigenlijk AI-complete zijn. Dit betekent dat deze robot alleen gecreëerd kan worden als er een programma geschreven kan worden dat intelligent gedrag vertoont dat de menselijke intelligentie benadert (Shapiro, 1992). Op dit moment is het nog niet mogelijk om een dergelijk

programma te schrijven, maar een dergelijke AI-complete robot zou ideaal zijn om eenzaamheid te bestrijden.

de huidige sociale robot moet nog heel wat ontwikkelingen maken om het niveau van de ideale sociale robot te bereiken. In het resterende stuk van dit hoofdstuk wordt er gekeken naar de stand van zaken van de technieken die de huidige sociale robot kan verbeteren. Voor elk van deze technieken wordt er besproken wat de basis is, wat deze techniek betekent voor de sociale robot en welke tekortkomingen er nog zijn. Allereerst wordt er een uitleg gegeven van neurale netwerken, omdat deze vaak gebruikt worden bij de technieken die volgen. Vervolgens wordt er gekeken naar emotieherkenning, natuurlijktetaalverwerking en uiteindelijk naar het leren van ervaringen. Als laatste wordt er een evaluatie gegeven over hoe ver we zijn en wat er nog ontbreekt.

1.2 Neurale netwerken

We leggen uit wat een neuraal netwerk is aan de hand van een voorbeeld. Hierin wordt gedemonstreerd hoe een simpel feedforward netwerk de letter M kan herkennen. Neurale netwerken zijn over het algemeen computer simulaties. Een netwerk bestaat uit verschillende knopen en verbindingen tussen deze knopen. Sommige knopen zijn ontworpen om relevante informatie uit de buitenwereld te ontvangen. Aan de andere kant van deze input knopen zitten de zogenaamde output knopen, die aangeven hoe het netwerk reageert op de binnengekregen informatie. Hiertussen zitten de zogenaamde verborgen knopen. Elke verbinding heeft een waarde, of gewicht, welke positief of negatief kan zijn. Hoe hoger het gewicht is hoe meer invloed een knoop heeft op de andere knoop. Een knoop krijgt informatie binnen van alle voorgaande knopen. Deze informatie wordt vermenigvuldigd met het gewicht van de verbinding en in het simpelste geval telt de knoop alles bij elkaar op. Wanneer de uitkomst hoger is dan een bepaalde grenswaarde vuurt deze, waarbij er een signaal wordt doorgegeven aan de volgende knoop dat afhankelijk is van de waarde die in deze knoop is verwerkt. We gaan in dit voorbeeld uit van een simpel neuraal netwerk dat als enige functie het herkennen van de letter M heeft. (Woodford, 2017)

De input voor het neurale netwerk is een plaatje van een M. De eerste laag knopen ontvangt als input elk een van de rauwe pixels. Zij geven een signaal door naar de volgende laag knopen als het een ingevulde, dus zwarte pixel is, aangeduid met 1. De volgende laag knopen krijgt signalen van verschillende voorgangers die vermenigvuldigd zijn door de gewichten van de verbindingen en telt deze bij elkaar op. Wanneer de binnengekregen waarde hoger is dan de grenswaarde, betekent dit dat er een patroon gevonden is dat op een M lijkt.

Wanneer dit patroon gevonden wordt, geven de knopen het signaal 1 door naar de volgende laag. Als er hier ook een totaalwaarde uitkomt die de grenswaarde overschrijdt, geeft deze een 1 door aan de output-laag, wat betekent dat er een M is gevonden. Tijdens het trainen van dit netwerk, wordt er een input gegeven waarvan de gewenste output bekend is. Als de input is verwerkt wordt de output vergeleken met de gewenste output, en wordt het verschil gebruikt om de gewichten vanaf de output knopen naar de inputknopen bijgesteld. Deze manier van leren wordt *back-propagation* genoemd. Door vele verschillende soorten input te gebruiken bij het trainen wordt er geprobeerd de gewichten zo af te stellen dat de output zo dicht mogelijk benaderd wordt. Hier is echter geen garantie voor. (Clarkson, 1996; Krose & Smagt, 1996; Lipton & Elkan, 2016; Sabelli, Kanda, & Hagita, 2011)

1.3 Emotieherkenning

Emotie wordt op verschillende manieren uitgedrukt, namelijk door spraak, gebaren, gezichtsuitdrukking en andere fysiologische signalen. Om de data te kunnen verzamelen zijn er verschillende technieken, zoals sensoren op het lichaam en het opnemen van beeld en geluid. Voor de toepassing van emotieherkenning bij sociale robots, wordt er aangenomen dat het niet wenselijk is om meetapparatuur te gebruiken die op het lichaam bevestigd moet worden (Kołakowska, Landowska, Szwoch, Szwoch, & Wróbel, 2014). Er wordt dus vooral gekeken naar emotieherkenning door beeld en geluid. Door te kijken naar lichaamshouding, gezichtsuitdrukkingen, beweging en spraak dienen genoeg data binnen te komen om een emotie te herkennen. Als deze informatie binnen is, moet deze verwerkt worden.

Het '*convolutional recurrent multiple kernel learning model*' (CRMKL) is een systeem dat de data verkregen van videobeelden, geluid en tekst effectief weet te combineren om emoties te herkennen en sentiment af te leiden. Dit model is een combinatie van drie technieken: Het *convolutional neural network*, het *recurrent neural network* en *multiple kernel learning*. Door deze technieken samen te gebruiken kan het systeem boosheid, verdriet, blijheid en neutrale uitdrukkingen met meer dan 72% nauwkeurigheid herkennen in een dataset van meer dan 5000 korte videos van interactie tussen een mannelijke en vrouwelijke acteur. (Poria, Chaturvedi, & Cambria, 2016)

Door gebruik van een systeem dat emoties en sentimenten kan herkennen kan een sociale robot op een gepastere manier reageren, zonder daadwerkelijk empathisch te zijn. Een robot zou meerdere reacties op een bepaalde input kunnen hebben en door middel van een beslisboom kan de meest gepaste reactie gekozen worden op basis van de herkende emotie. Door de emotie en het sentiment te vergelijken kan er gecontroleerd worden of de emotie wel

klopt, zo zou de robot bijvoorbeeld op een neutrale manier kunnen reageren als hij de emotie blij tegelijk herkent met een negatief sentiment.

Een probleem bij emotieherkenning is de vage aard van emoties: emoties zijn dynamisch, er kunnen meerdere emoties tegelijk aanwezig zijn, ze kunnen context afhankelijk zijn en de expressie van emoties is erg persoonsgebonden (Kołakowska et al., 2014). Het CRMKL kan erg goed drie hoofd emoties onderscheiden, maar dit is niet genoeg om de gevoelens van een mens goed in kaart te kunnen brengen. Daarnaast is het model getest op video's en niet 'real-time'. Dit kan betekenen dat dit model voor sociale robots nog niet snel genoeg is om effectief te zijn.

1.4.1 Natuurlijketaalverwerking

In de natuurlijketaalverwerking (NLP) zijn er van oudsher twee manieren van aanpak: de "*Rule-based NLP*" en de "*Statistical NLP*". De *Rule-based NLP* stamt af van de veronderstelling dat linguïstische expressies gestructureerd zijn door regels. Aan de hand van deze regels is er geprobeerd een duidelijk onderscheid te maken tussen goed gevormde uitingen en alle andere sequenties van woorden die gezien kunnen worden als slecht gevormde uitingen. Het is echter niet mogelijk gebleken om regels te vinden die voor alle uitingen kloppen omdat mensen de regels rekken en buigen, zodat ze voldoen aan hun communicatieve behoeftes. Gebruik van harde regels kan wel patronen onderscheiden in de syntax van een taal, maar om ook rekening te houden met het creatieve gebruik van taal moet er een soepelere benadering gevonden worden. (Manning & Schütze, 1999)

Binnen de '*Statistical NLP*' wordt er niet gezocht naar wat er volgens de regels correct is, maar eerder naar patronen die voorkomen bij het gebruik van taal. Deze patronen worden ontdekt door dingen te tellen, ofwel statistieken bij te houden. Het is dus gefundeerd op kanstheorie. Een verantwoording voor het gebruik van kanstheorie is dat de menselijke cognitie gebaseerd is op kansberekening en taal dus ook gebaseerd moet zijn op kansberekening aangezien het een onderdeel is van cognitie. Het gebruik van kans helpt de mens overleven in een wereld vol onzekerheden en met incomplete informatie. Door de incomplete informatie te wegen op basis van de waarschijnlijkheden kan er een benadering worden gemaakt voor de best mogelijke oplossing. De '*Statistical NLP*' aanpak kan alleen werken als er genoeg informatie aan een systeem gevoerd wordt. Hoe gebalanceerd deze informatie is bepaalt wat voor conclusies er getrokken kunnen worden. Na deze informatie verwerkt te hebben kan een systeem zelf conclusies trekken. Doordat er niet alleen gekeken wordt naar grammaticale

patronen maar ook naar relaties tussen woorden, dus welke woorden vaak samen voorkomen, kan er diepere semantische kennis worden afgeleid. (Manning & Schütze, 1999)

1.4.2 Dynamic Memory Network

Een voorbeeld van NLP systeem is het *Dynamic Memory Network* (DMN). Het DMN is een neuraal netwerk dat als input woorden of zinnen kan krijgen (Kumar et al., 2015). Deze inputsequentie wordt verwerkt door een *Recurrent Neural Network* of RNN. Dit is een neuraal netwerk met knopen die niet alleen connecties hebben naar de volgende laag maar ook naar zichzelf of vorige lagen. Hierdoor kan het netwerk niet alleen patronen herkennen, maar ook redeneren met eerder gekregen input, omdat het zogenaamde *state vectors* bijhoudt. De *state vectors* houden een functie van inputwaardes bij. Een probleem dat vaak voorkomt, is dat eerdere inputwaardes snel verloren gaan omdat de input niet meer is af te leiden van deze functie. Een speciale *gating function* vergelijkt de gestelde vraag met verschillende input en opgeslagen input om te bepalen welke elementen belangrijk kunnen zijn voor het beantwoorden van de vraag. Hierdoor wordt de belangrijke input ook beter bewaard. Dit DMN kan vragen verwerken, episodische herinneringen vormen en relevante antwoorden genereren. (Kumar et al., 2015)

Veel, zo niet alle, taken in natuurlijketaalverwerking kunnen gevormd worden in een vraagstelling. Om te testen hoe goed systemen met verschillende taken in de natuurlijketaalverwerking presteren, is er een dataset, 'bAbI' project, opgezet met doelen die door het te toetsen systeem gehaald moeten worden. Het 'bAbI' project heeft als eerste punt een lijst met 20 vraag-antwoord taken (Weston, Bordes, Chopra, Mikolov, & Rush, 2015). De taken variëren van het geven van het goede antwoord aan de hand van een lijst van al dan niet relevante feiten tot het vinden van de juiste weg aan de hand van een beschrijving van verschillende locaties. De beste resultaten voor het DMN zijn geboekt door het *Memory neural network*. Dit MemNN voltooide 16 van de 20 taken met een nauwkeurigheid groter dan 95%. Het DMN verbeterde de uitslag door 18 taken goed te scoren. (Kumar et al., 2015)

Als een dergelijk netwerk gebruikt zou worden in een sociale robot zou dit betekenen dat de robot kan redeneren met informatie die hem verteld is. Met wat extra ontwikkelingen zou een robot met dit systeem naar een verhaal kunnen luisteren en er op een simpele manier op door kunnen vragen. Op dit moment kan het systeem namelijk alleen nog antwoord geven, maar als het induceert welke onderwerpen belangrijk zijn en dan bijhoudt welk onderwerp nog niet is afgesloten, zou de robot hiernaar kunnen vragen. Dit is nog ver weg van menselijke

natuurlijketaalverwerking, maar het kan wel helpen om een band te creëren en zo emotionele eenzaamheid iets verminderen.

1.5 Leren van gebeurtenissen

Zoals eerder beschreven n.a.v. de *attachment theory* van Hazan en Shaver, zijn de belangrijkste eigenschappen die een sociale robot moet hebben om een band op te bouwen met een mens, vertrouwelijkheid en toegankelijkheid, . Iets is vertrouwelijk als het gelijkenissen bevat, dus moet de robot leren van de meningen van de mens en een deel overnemen. Toegankelijkheid betekent dat de robot adequaat reageert en als een reactie niet past bij de situatie, hij dit de volgende keer anders doet. Ook betekent het dat er wordt geleerd van de verhalen die de mens vertelt en dat de robot op een gepaste manier steun geeft. Al deze vereisten zijn uitdagingen voor *machine-learning*. Het probleem is namelijk dat het vele verschillende taken zijn, die niet alleen juist uitgevoerd moeten worden, maar ook op het goede moment. Een opmerkelijk systeem waar veel over geschreven is op dit gebied is het *deep Q network* (DQN).

Dit netwerk combineert ‘*reinforcement learning*’ met een *convolutional neural network* en kan 49 Atari games goed spelen met minimale voorkennis. Dit systeem leert deze spellen te spelen door acties uit te proberen en vervolgens aan de hand van de resultaten te bepalen of de actie een positief of negatief effect heeft. Het spelen van verschillende games kan gezien worden als het functioneren van een systeem in een versimpelde werkelijkheid. (Mnih et al., 2015)

Als dit systeem op een goede manier beperkt wordt, zodat het geen schade veroorzaakt, kan gebruik hiervan in een sociale robot ervoor zorgen dat het bepaalde eigen acties evalueert aan de hand van de herkende emoties na de actie. Zo kan het gedrag afleren of juist vaker vertonen. Dit systeem is een eerste stap naar een systeem dat kan functioneren in deze wereld, maar het zal nog even duren voordat het zo ver is. Het systeem is goed in het uitvoeren van acties om uiteindelijk een zo goed mogelijke score te krijgen, maar een kenmerk van neurale netwerken is dat de geleerde elementen niet onthouden worden, dus op dit moment is het niet mogelijk om dit op al het gedrag toe te passen. Er wordt hard gewerkt aan neurale netwerken die dit beter kunnen, maar momenteel is de capaciteit om geleerde elementen op te slaan beperkt.

1.6 Conclusie

Om terug te komen bij de vraag: “*Hoe ver zijn we met de technische ontwikkelingen die nodig zijn om sociale robots eenzaamheid kunnen laten bestrijden?*”. Sociale eenzaamheid kan al bestreden worden. De basis voor sociale robots is gelegd, maar het zal nog even duren voordat

de techniek ver genoeg is om mensen echt relaties op te laten bouwen met robots. Emotieherkenning kan al drie basisemoties nauwkeurig benoemen en sentiment analyseren, wat nuttig kan zijn bij selectie van gedrag, maar kan dit nog niet goed genoeg om hier vanuit te gaan. Ook is niet getest of het mogelijk is om emoties in ‘*real-time*’ te benoemen. Natuurlijketaalverwerking maakt redeneren met natuurlijke taal mogelijk, maar mist nog het begrip van diepere lagen. Aan het leren van gebeurtenissen moet nog het meest gewerkt worden. Er is een systeem dat goed leert van zijn acties door middel van *reinforcement learning*, maar dit heeft als doel een zo hoog mogelijke score te halen. Daardoor worden gebeurtenissen vergeten en alleen acties die de score verbeteren worden opgeslagen. Dit kan wel toegepast worden op selecte functies, zoals leren van emotie, maar dit systeem is nog niet klaar voor interactie met de realiteit, omdat die complexer is dan een game. Op dit moment kunnen we dus al wel robots maken die sociale eenzaamheid bestrijd. Vanuit de robots die dit kunnen hebben we qua techniek ook al stappen gezet om emotionele eenzaamheid te bestrijden, maar het zou optimistisch zijn om te zeggen dat we al halverwege zijn.

De ontwikkeling van neurale netwerk met geheugen kan ons weer een stap dichterbij het doel brengen. Neurale netwerken zijn op dit moment het beste antwoord van de CS voor patroonherkenning. Door patronen te herkennen in het gedrag van mensen en daar de optimale acties aan te koppelen zou het op den duur mogelijk zijn om robots toegankelijk en vertrouwelijk te maken. Dit is de reden dat het verder ontwikkelen van neutrale netwerken een sleutelrol kan spelen bij het inzetten van sociale robots. Verder zijn alle drie de besproken componenten zijn relevant om verder te ontwikkelen. Voor taalverwerking is het belangrijk dat er meer onderzoek gedaan wordt naar hoe mensen taal verwerken en hoe dit precies nagebootst kan worden, emotieherkenning kan vooruitgaan door meer onderzoek naar de compositie en uiting van emoties en geheugen in neurale netwerken kan met meer onderzoek wellicht zorgen voor een beter vermogen om te leren en het onthouden van gebeurtenissen. Er moet nog te veel ontwikkeling plaatsvinden om in te schatten wanneer de sociale robot daadwerkelijk eenzaamheid bij een mens kan verhelpen. De snelheid van de ontwikkelingen zorgt er echter voor dat de kans dat de mens op den duur een hechte sociale band met robots kan krijgen, vrij groot is.

2. Robotgebruik

2.1 Inleiding

Om vanuit Natuurwetenschap en Innovatiemanagement een zinvol antwoord te geven op de hoofdvraag is ervoor gekozen te kijken naar het gebruik van sociale robots. Gebruikers (Oudshoorn & Pinch, 2003) en niet-gebruikers (Wyatt, 2003) zijn actieve en belangrijke actoren bij het vormen van en betekenis geven aan een technologie. Volgens Wyatt (2003) is het zijn van een gebruiker of niet-gebruiker geen vaststaand iets. Veranderingen in de levensstijl of de komst en het gebruik van technologieën kunnen deze status veranderen. Het bestuderen van robotgebruik en het identificeren van factoren die belangrijk zijn voor robotgebruik of factoren die juist zorgen voor niet-gebruik en onbruik kunnen daarom een belangrijke bijdrage leveren aan het opstellen van vereisten voor de sociale robot.

Deze factoren zijn misschien nog wel belangrijker dan uiterlijke of functionele factoren, want al is een technologie nog zo functioneel, als deze niet gebruikt wordt heeft deze ook geen impact. In het theoretisch kader wordt verduidelijkt waarom dit zo is en wordt het domesticatieraamwerk toegelicht als methode om te analyseren hoe de domesticatie van een nieuwe technologie verloopt. Vervolgens wordt een literatuurstudie uitgevoerd met als doel de volgende vraag te beantwoorden: Op welke manier worden sociale robots gedomesticeerd?

In studies naar mens-robotinteractie wordt vooral onderzoek gedaan in laboratoriumomgevingen (Frennert, Efring & Östlund, 2017). Op basis van deze studies worden dan conclusies getrokken over acceptatie en gebruik, die vertaald worden in bijvoorbeeld designrichtlijnen (bijv: Broadbent, Stafford & MacDonald, 2009; Heerink, Kröse, Evers & Wielinga, 2010). De bruikbaarheid van deze resultaten is echter omstreden: laboratoriumomgevingen zijn heel anders dan de 'echte' omgeving waarin de robot uiteindelijk terecht moet komen (Frennert et al., 2017).

Om uitspraken te kunnen doen over robot gebruik en acceptatie wordt daarom gekeken naar de studies die het langetermijngebruik van en de interactie met robots bestuderen in huiselijke omgevingen. Studies naar sociale robots met een gezelschapscomponent hadden daarbij de voorkeur, maar ook studies naar andere sociale robots zijn ter vergelijking opgenomen. Door de studies te ordenen, samen te vatten en te vergelijken kan inzicht verkregen worden in hoe sociale robots gedomesticeerd worden of waarom ze juist niet gedomesticeerd worden. Hieruit kunnen vereisten worden afgeleid voor een sociale robot die 1) meer kans heeft om geadopteerd te worden en 2) meer kans heeft om ook op de langetermijn gebruikt te worden.

2.2 Theoretisch kader

Binnen de innovatiewetenschappen is een debat gaande rondom de vraag wat de bronnen van innovatie zijn (onder andere: Schmookler, 1966; Meyers & Marquis, 1969; Von Hippel, 1976; Mowery & Rosenberg, 1979; Rosenberg, 1982). De twee uiterste visies daarbij zijn het *technology-push*-en *demand-pull*perspectief. *Technology-push* stelt dat wetenschap en technologie bepalen welke technologische innovaties ontwikkeld worden en op de markt komen. Deze innovaties resulteren ‘automatisch’ in producten die de markt wil hebben. Het andere perspectief stelt dat er een breed scala aan marktkenmerken bestaat die beïnvloeden welke innovaties er ontwikkeld worden. Dit perspectief gaat ervanuit dat alleen de innovaties die aansluiten op bijvoorbeeld de behoeftes van de eindmarkt (de gebruikers) ontwikkeld zullen worden (Di Stefano, Gambardella & Verona, 2012).

Zoals vaak het geval is bij uitersten, wijst onderzoek erop dat een gebalanceerde combinatie van deze twee bronnen van innovatie het beste inzicht geeft in de vraag waar innovaties vandaan komen: “While science and technology provide the trajectories of innovation, demand is a crucial component in order to direct the trajectory towards the right economic venues” (Di Stefano et al., 2012, p. 1291). Met andere woorden: wetenschap en technologie geven richting aan de onderwerpen, vraagstukken en technologieën die onderzocht en ontwikkeld worden, terwijl de vraag en de markt bepalen welke technologieën uiteindelijk geadopteerd en gebruikt worden. Dit betekent dat de markt grote invloed heeft op het economische succes van de technologie en ook op de maatschappelijke impact die de technologie heeft. Pas als de technologie gebruikt wordt kan deze bijdragen aan het oplossen van problemen.

In het geval van robotica is deze gebalanceerde visie ook terug te vinden. Er wordt veel onderzoek gedaan op het gebied van en geëxperimenteerd met robots (*technological trajectory*), maar om een succesvolle innovatie te worden moeten robots aangeschaft en gebruikt worden. Ze moeten daartoe een doel, een behoefte en een vraag vervullen die de markt of de samenleving heeft (*economic venues*). Recentelijk wordt er veel onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van sociale robots om welzijn (waaronder ook eenzaamheid valt) van vooral oudere volwassenen te verbeteren (Fong, Nourbakhsh & Dautenhahn, 2003; Hutson, Lim, Bentley, Bianchi-Berthouze & Bowling, 2011). De verwachtingen zijn vaak positief: “These robots are considered as potential problem solvers that may prevent cognitive impairment and loneliness, and support self-reliance, quality of life and social relationships, thus leading to a better life for most people through increasing health and wealth” (Neven & Leeson, 2015, p.

85). De verwachting is dus dat sociale robots goed in staat zullen zijn een bijdrage te leveren aan het welzijn van vooral oudere volwassenen.

Of de robots in staat zijn deze verwachting te vervullen is afhankelijk van de mate waarin ze aansluiten bij de praktische behoeftes van hun gebruikers. Alleen als de behoeftes van de gebruikers vervuld worden, hebben de robots impact. Op het moment lijkt het echter alsof veel projecten aangestuurd worden vanuit de behoeftes van zorgaanbieders, beleidsmakers en ontwikkelaars en niet vanuit de behoeftes van de gebruikers; de ouderen en patiënten (Chan, Campo, Estève & Fourniols, 2009). Hierdoor ontstaat een te grote focus op de *technology-push* benadering, wat als gevolg heeft dat de gebruikers niet tevreden zijn (Chan, Campo, Estève & Fourniols, 2009). Om te verkennen wat de behoeftes van de gebruikers zijn, hoe gebruikers een robot gebruiken en of er überhaupt wel vraag is naar een robot¹, wordt in de literatuurstudie het domesticatieraamwerk gebruikt.

Het proces waarbij personen (of huishoudens, bedrijven of organisaties) overwegen en beslissen een bepaalde technologie aan te schaffen en de manier waarop ze vervolgens gewend raken aan en omgaan met de technologie heet domesticatie. Het concept domesticatie komt oorspronkelijk uit de media- en communicatiestudies, maar wordt ook gebruikt binnen studies naar de sociologie van technologie om te beschrijven en te analyseren hoe technologieën worden geaccepteerd, afgewezen en gebruikt (Berker, Hartmann, Punie & Ward, 2006). In de eerste studies door Silverstone en Hirsch (1992) werd het huishouden als actor genomen, maar latere studies hebben het raamwerk ook gebruikt om bedrijven, organisaties en individuen te bekijken (Berker et al., 2006). Met het domesticatieraamwerk kan de rol van ICT in de relatie tussen privéhuishoudens en de publieke wereld blootgelegd worden (Silverstone & Hirsch, 1992). Domesticatie kijkt dus naar hoe vreemde technologieën worden opgenomen in de context van het alledaagse leven en hoe ze worden gebruikt in externe communicatie.

Dit proces kan opgedeeld worden in de fasen appropriatie, objectificatie, incorporatie en conversie (Silverstone & Hirsch, 1992). Appropriatie is het moment waarop de technologie aangeschaft wordt, waardoor het eigendom wordt van een individu of een huishouden. Objectificatie is het proces waarbij de technologie wordt 'neergezet' in de omgeving. In deze

¹ In de economie wordt een onderscheid gemaakt tussen *needs* (behoefes) en *wants* (vraag). *Needs* zijn behoeftes die mensen hebben, zoals eten en slapen, maar ook de behoefte ergens bij te horen of iets te bereiken. *Wants* zijn de culturele vertalingen van deze needs, *wants* zijn verlangens (van der Meer, 2016). De implicatie hiervan is dat de behoefte om eenzaamheid te verminderen ervaren kan worden door mensen, maar dat dit niet automatisch betekent dat mensen vraag hebben naar een robot om deze behoefte te vervullen.

fase krijgt de technologie, bijvoorbeeld de sociale robot, een permanente plaats in het huis. De robot wordt onderdeel van het interieur, net zoals bijvoorbeeld de televisie dat is geworden. De technologie kan daarbij zowel een functioneel als esthetisch doel dienen. Bij de volgende fase, incorporatie, ligt de focus op het gebruik. De technologie heeft een functie en in deze fase wordt de technologie in gebruik genomen. In deze fase wordt bijvoorbeeld met de robot geïnteracteed. Conversie is het proces waarbij de technologie de relatie tussen het huishouden en de buitenwereld helpt tot stand te komen, of juist niet. Bij conversie laten individuen of huishoudens aan de buitenwereld zien dat ze de technologie hebben en gebruiken, deze vormt een soort statussymbool. Een voorbeeld hiervan zou zijn dat gebruikers over hun robot praten of deze laten zien tijdens interacties met andere mensen. Een belangrijke aanname bij het domesticatieraamwerk is dat technologie niet alleen mensen vormt, maar dat andersom ook het geval is. Er is een constante interactie tussen technologie, mens en omgeving.

Het domesticatieraamwerk is niet het enige model dat kijkt naar de processen rondom acceptatie en diffusie van technologieën. Het domesticatieraamwerk kwam (in het geval van *Science and Technology Studies*) op als een ‘tegenreactie’ op het diffusionisme, de studie naar de verspreiding en adoptie van innovaties (Rogers, 2003). Rogers’ theorieën zien de adoptie van nieuwe innovaties als een rationeel, lineair en technologisch gedetermineerd proces. Hoewel deze theorieën invloedrijk en wijd geciteerd zijn, zijn ze ook vaak bekritiseerd. De aannames zijn overdreven rationalistisch en daarnaast te lineair en technologisch gedetermineerd. Het domesticatieraamwerk probeert sommige van deze limitaties te overkomen door te focussen op de culturele aspecten die belangrijk zijn bij domesticatie en vooral te kijken naar de interactie tussen mens en technologie bij het aanschaffen en gebruiken van een technologie (Berker et al., 2006).

2.3 Resultaten

In deze sectie worden de resultaten van de literatuurstudie besproken en wordt inzicht gegeven in hoe de robots worden gedomesticeerd door de gebruikers. Hierbij wordt vooral aandacht besteed aan de factoren die van invloed zijn op dit domesticatieproces. In de appendix is per studie aangegeven welke robot getest is, hoe lang de studie duurde en wat het onderzoeksdesign was.

Hutson, Lim, Bentley en Bianchi-berthouze (2011) hebben geprobeerd de verzamelde gebruikerservaringen en wensen te gebruiken bij het opstellen van vereisten voor een robot ter bevordering van het welzijn van ouderen. Als gekeken wordt naar het domesticatieproces in deze studie valt een aantal dingen op. De appropriatie vond plaats na de eerste focusgroep,

waarin de deelnemers gevraagd werd of ze een robot in huis wilden nemen. De manier waarop de deelnemers vervolgens met de robots omgingen en de mate waarin ze de omgang met de robot als leuk ervaarden, wisselde erg per persoon en per robot. Huisdierachtige robots werden in sommige gevallen minder gewaardeerd, omdat ze niet voldeden aan de verwachting van een huisdier, terwijl anderen aangaven echt een relatie te hebben opgebouwd met de robot. Dit verschil in waardering kan komen doordat de domesticatie voor elk persoon een eigen proces is, waarin technologie en gebruiker vorm geven aan elkaar (Berker et al., 2006).

Kortom, in sommige gevallen werden sociale robots wel gedomesticeerd en in andere gevallen niet. De auteurs hebben geprobeerd te identificeren wat een robot moet doen om meerdere mensen tevreden te stellen. Hieruit kwam naar voren dat er nadruk op persoonlijke aanpassingsmogelijkheden moet komen, dat het functioneren van de robot beter moet en dat mensen persoonlijke en zelfstandige robots willen die spontane reacties geven en waaraan ook spontane input gegeven kan worden (Hutson et al., 2011).

Bickmore, Caruso, Clough-Gorr en Heeren (2005) hebben gekeken naar de mogelijkheden van een *relational agent* om over een langere periode ouderen te kunnen assisteren bij het gezond blijven. Een *relational agent* is een rekenkundig artefact dat ontworpen is om sociale- en emotionele relaties op te bouwen met de gebruiker op de langetermijn. Dit artefact kan op zichzelf staand gebruikt worden, zoals in dit geval als software voor een computer, of het kan geïncorporeerd worden in bijvoorbeeld een robot.

De deelnemers kregen de software in huis gedurende 60 dagen (appropriatiefase). De computer met de software kreeg een passende plaats in het huis (objectificatiefase). Vervolgens ging negentig procent van alle deelnemers minstens één keer per week met de software aan de slag. Hoewel sommigen de software niet heel nuttig vonden, bleek wel dat alle participanten meer bewogen gedurende de studie. Naast het nut, vonden veel participanten het ook leuk om met de agent te praten en sommigen voelden zich zelfs schuldig als ze dat niet gedaan hadden (incorporatiefase). Een aantal participanten praatte met familie of vrienden over de agent of ging samen achter de computer zitten (conversiefase). Sommigen vonden het dan ook echt jammer toen de computer werd weggehaald. Ook in deze studie werden echter een paar minpunten genoemd door de gebruikers. De dialogen van de agent werden na de zestig dagen soms eentonig, wat het minder leuk maakte om te gebruiken. Daarnaast hadden gebruikers graag zelf input willen geven, in plaats van gebruik te maken van de voorgeschreven opties (Bickmore et al., 2005).

Neven en Leeson (2015; Neven, 2010; Peine & Neven, 2011) beschrijven aan de hand van het domesticatieraamwerk hoe de domesticatie van gezelschapsrobot iRo verliep. Na de

eerste laboratoriumtests met de beoogde doelgroep werd aan de deelnemers gevraagd of zij iRo voor langere tijd in huis wilden nemen. Wat bleek was dat de beoogde doelgroep zichzelf niet zag als de beoogde doelgroep (fragiel, oud en behoefte hebbend aan gezelschap en cognitieve ondersteuning), waardoor de groep de robot in eerste instantie niet wilde. De appropriatiefase ging moeizaam, ondanks het feit dat ze het leuk vonden met de robot te interacteren tijdens de laboratoriumstudie. Uiteindelijk wilden de deelnemers de robots toch in huis nemen, omdat ze door mee te werken aan de studie anderen die de robot wel nodig hadden konden helpen (ze kregen een positieve rol). Hierna werd, net als in de andere studies, de robot goed ontvangen en raakten mensen gehecht aan iRo: de domesticatie slaagde. Het grootste probleem bij de adoptie en het gebruik van sociale robots is volgens deze auteurs dat de robots (onbewust) neergezet worden met het imago van een hulpmiddel voor oudere, zwakke en eenzame mensen. Veel ouderen willen niet geassocieerd worden met de robot vanwege dat imago, waardoor ze de robot niet accepteren en domesticatie niet plaatsvindt (Neven & Leeson, 2015).

De onderzoekers in het SERA project (*Social Engagement with Robots and Agents*) hebben drie follow-up studies gedaan naar de sociale interactie tussen gebruikers en de robot Nabaztag in het dagelijks leven (verslagen van verschillende (deel)studies: (De Graaf, Allouch & Klamer, 2015; Heylen, van Dijk & Nijholt, 2012; Klamer & Allouch, n.d.; Von Der Pütten, Krämer & Eimler, 2012). In de Graaf et al. (2015) wordt het gebruik van de robot beschreven aan de hand van drie domesticatiefasen. Tijdens de appropriatie fase kregen de deelnemers de robot in huis. De objectificatiefase werd niet expliciet genoemd, maar wel impliciet beschreven. De robot Nabaztag werd in de meeste gevallen bij de achterdeur geplaatst, zodat gebruikers bij het verlaten en binnenkomen van het huis met de robot in contact kwamen. In sommige gevallen werd de robot in de woonkamer geplaatst. Vervolgens vond incorporatie plaats: de robot werd onderdeel van het dagelijkse leven, werd (routinematig) gebruikt en sommigen zagen zelfs dat het hielp om meer te bewegen. In het artikel wordt conversie gezien als het praten tegen de robot, maar zoals eerder beschreven, bestaat deze fase uit het faciliteren van de relatie met de buitenwereld. Als de definitie van Silverstone en Hirsch (1992) gevolgd wordt, vond conversie wel plaats in deze studie. Sommige gebruikers gebruikten de robot als gespreksonderwerp in de conversatie met anderen of ze gingen door de aanmoedigingen van de robot vaker de deur uit. Op deze manier droeg de robot bij aan het verbeteren van het sociale en lichamelijke welzijn van de gebruiker (De Graaf et al., 2015).

De uitkomsten van De Graaf et al. (2015) komen grotendeels overeen met de uitkomsten van de andere studies in dit project (Heylen et al., 2012; Klamer & Ben Allouch, 2010; Von Der Pütten et al., 2012). De algemene gebruikerservaringen waren dat de output van de robot

te eentonig was en dat eigen input te beperkt mogelijk was. Hierdoor vonden sommige participanten het moeilijk een relatie op te bouwen met Nabaztag. Anderen vonden dat ze te weinig controle hadden over de robot en dat hun privacy in het geding was. Verder werd er uit de studies afgeleid dat de plaats van de robot in het huis effect kan hebben op de relatie die wordt opgebouwd en dat elke participant eigen wensen had over de stem, het uiterlijk en het gedrag van de robot (De Graaf et al., 2015; Heylen et al., 2012; Klamer & Ben Allouch, 2010; Von Der Pütten et al., 2012).

Een andere langetermijnstudie is uitgevoerd onder 70 huishoudens gedurende een half jaar. Dit is de enige studie die mensen van alle leeftijden meeneemt (De Graaf, Allouch & Van Dijk, 2014). Zij vonden dat tegen het einde van de studie meer dan de helft van de participanten gestopt was met het gebruiken van de robot. Daarnaast werd de robot in eerste instantie laag gewaardeerd (gemeten door acceptatievariabelen), maar nadat er ervaring met de robot was opgedaan steeg deze weer. Deze studie gaf weinig inzicht in hoe het domesticatieproces wel of niet verliep, maar in een volgend paper beschrijven dezelfde auteurs (De Graaf, Allouch & Van Dijk, 2017) waarom de deelnemers stopten met het gebruiken van de robot. Dit gaf meer inzicht in de factoren die domesticatie kunnen beperken.

De afgehaakte gebruikers werden ingedeeld in drie groepen: *resisters*, deze zijn nooit begonnen met het gebruik, *rejecters*, deze zijn gestopt na twee tot vier weken en *discontinuërs*, zijn gestopt na een maand of langer. De redenen voor *resisters* waren behalve privacy issues niet heel relevant: het niet spreken van de Engelse of Duitse taal of een gebrek aan tijd. De redenen voor *rejecters* waren 1) het niet inzien van het nut 2) angst voor de intelligentie en aanwezigheid van de robot en 3) een afwezigheid van plezier in het gebruik 4) moeite met gebruik 5) geen zin meer in het gebruik, de nieuwigheid is eraf. Deze laatste reden wordt ook wel *The Novelty Effect*. Hiermee wordt bedoeld dat de robot in eerste instantie gebruikt wordt, maar dat deze later aan de kant gezet wordt, omdat de nieuwigheid eraf is. De robot is niet meer nieuw en daarmee niet langer interessant. De *discontinuërs* gaven over het algemeen dezelfde redenen als de *rejecters* (De Graaf et al., 2017).

Een implicatie hiervan is volgens De Graaf et al. (2017) dat langdurig gebruik dus niet per se volgt op adoptie, iets wat in veel acceptatiestudies wel wordt aangenomen. Langdurig gebruik hangt af van de tevredenheid en de bevestiging van voorafgaande verwachtingen. Als de verwachting niet voldoende bevestigd wordt, wordt de robot minder goed beoordeeld. Dit kan gevolgen hebben voor het langetermijngebruik. Dit gegeven moet worden meegenomen in volgende studies naar de acceptatie van robots. Tenslotte is het volgens de auteurs de uitdaging om robots te creëren die plezierig en makkelijk genoeg zijn in gebruik om gebruikers op de

korte termijn te binden en die daarnaast op functioneel gebied ook relevant genoeg zijn om gebruikers op de langetermijn vast te houden (De Graaf et al., 2017).

Cesta, Cortellessa, Orlandini en Tiberio (2016) bestudeerden de effecten van een *telepresence* robot. Zij vonden dat de robot, die ‘*embodied*’ videobellen met verzorgers of familieleden mogelijk maakt, eenzaamheid kan verminderen. Daarnaast werd de robot als nuttig ervaren om contacten mee te onderhouden. Wel werd er gezegd dat de robot nog meerdere functies zou kunnen vervullen om nog nuttiger te zijn. De gebruikers vonden het jammer dat ze weinig controle hadden over het bewegen van de robot en vonden het onderhoud en de grootte van de robot lastig. De domesticatie van de robot verliep als volgt: de robot werd geïntegreerd in het huis en werd ook actief gebruikt. De robot vormde een mechanisme om met de buitenwereld in contact te komen. De gebruikers raakten gewend aan de robot en vonden het jammer dat deze werd weggehaald aan het einde van de studie. In deze studie werd ook de beoordeling van de tweede gebruiker, het familielid waarmee gebeld werd, meegenomen: het videocontact werd door deze gebruiker beter ervaren dan bij een normaal telefoongesprek, maar hij vond het onderhoud en het gebruik van de robot vooral in het begin moeilijk (Cesta et al., 2016).

Over het algemeen werd de robot in deze studie positief ontvangen en in dit geval raakte de robot niet in onbruik. Een verklaring kan zijn dat doordat de robot als nuttig ervaren werd, *The Novelty Effect* niet op trad. De eerste gebruikers voelden zich minder eenzaam en het gebruik van de robot leidde ook tot een groter gevoel van zelfstandigheid. De auteurs stellen dat sociale robots continu goed moeten werken in de huiselijke omgeving (er moet bijvoorbeeld een goedwerkende internetverbinding zijn) en de robot moet altijd veilig zijn (de robot moet passen in het huis en niet botsen met personen of objecten). Daarnaast moeten de robots aansluiten bij de behoeftes van de gebruiker om ook gebruikt te worden op de langetermijn (Cesta et al., 2016).

Als we kijken naar andere robotdomesticatiestudies (niet gezelschapperelateerd), kunnen ook limitaties geïdentificeerd worden. Fernaeus, Håkansson, Jacobsson en Ljungblad (2010) bestudeerden de interactie met Pleo, een speelgoeddinosaurus. Zij vonden dat kinderen in eerste instantie positief en actief interacteerden met Pleo, maar dat dit na een paar weken wegebde, *The Novelty Effect* trad ook hier op. Volgens de gebruikers vervulde Pleo zijn doel, het faciliteren van interactie, niet, waardoor hij saai werd en aan de kant werd gezet. Daarnaast werd van Pleo verwacht dat hij zich gedeeltelijk zou gedragen als een huisdier, vanwege zijn uiterlijk, maar dit gedrag kon niet waargemaakt worden.

Ook in Frennert et al. (2017) werd *The Novelty Effect* opgemerkt bij het gebruik van Hobbit, een servicerobot voor ouderen. Daarnaast vonden zij dat de robot vaak niet in het huis paste en snel botste wat het gebruik minder aantrekkelijk maakte, net als in Cesta et al. (2016) werd gevonden. Ten slotte werd ook gevonden dat de verwachtingen die mensen hadden op basis van het uiterlijk van Hobbit (robot met mensachtige trekken) niet waar gemaakt konden worden tijdens de interactie (Frennert et al., 2017).

In Sung, Grinter en Christensen (2010) werd ook gevonden dat de robot niet helemaal paste in het huishouden en dat deze vaak botste met meubilair. In deze studie is bekeken hoe de acceptatie van stofzuigrobot Roomba verliep. In de meeste huishoudens ging dit heel goed, de robot kreeg een plek in huis en de robot werd gedurende de hele zes maanden gebruikt. Dit zou kunnen komen doordat de robot echt zijn doel diende (schoonmaken), waardoor *The Novelty Effect* niet optrad. De auteurs geven wel aan dat de robot aangepast moet kunnen worden aan de wensen en omgeving van het huishouden. Hoewel Roomba geen sociale robot maar een service robot is, werd deze robot toch als eerder als een sociaal wezen dan een apparaat gezien (Sung et al., 2010).

2.4 Analyse

Uit de resultaten van de literatuurstudie blijkt dat er overeenkomsten tussen de domesticatieprocessen zijn. Hieronder worden deze besproken in het licht van de theorie en worden er vereisten afgeleid die kunnen bijdragen aan het creëren van positieve gebruikerservaringen en langetermijngebruik van robots.

Uit de studies kwam naar voren dat elke gebruiker verschillende verwachtingen heeft van de robot, hierdoor reageert elke gebruiker anders en hebben ze verschillende wensen. Om aan de persoonlijke verwachtingen en wensen te voldoen, zouden de robots aangepast moeten kunnen worden aan de persoonlijke voorkeuren. Als dit niet het geval is, wordt zoals beargumenteerd in de theoriesectie de gebruikersbehoefte niet vervuld. Dit kan adoptie tegenhouden of kan resulteren in onbruik op de langeretermijn.

Het belang van personalisatie wordt ook aangegeven door Peine en Moors (2015). Met betrekking tot het ontwikkelen van *personal health systems*, waaronder ook sociale robots vallen, raden de auteurs aan een balans te vinden tussen het aanbieden van gestandaardiseerde gezondheidszorg pakketten enerzijds en opties voor lokalisatie en personalisatie anderzijds (Peine & Moors, 2015). De sociale robot zou dus een gestandaardiseerd pakket aan functies moeten hebben (bijvoorbeeld gefocust op het verminderen van eenzaamheid) en de

mogelijkheid voor aanpassingen en toevoegingen aan dit pakket afgestemd op de persoonlijke wensen en omgeving.

Uit de studies blijkt dat de gebruikers de robot op dit moment nog niet als nuttig ervaren en er is volgens hen ook nog te weinig ruimte voor eigen inbreng. Zowel de gestandaardiseerde zorgpakketten als de personalisatieopties die de robots op dit moment hebben voldoen nog niet aan de behoeften van de gebruikers. Hoewel de robots dus ontworpen zijn om op de behoeften van gebruikers in te spelen, sluiten ze vaak niet aan bij de daadwerkelijke behoeften van de gebruikers. Deze bevinding komt overeen met de observatie die gedaan is door Chan et al. (2009). Zij stelden dat projecten te vaak aangestuurd worden vanuit de behoeften van de gezondheidssector en niet vanuit de behoeften van de gebruikers zelf (Chan et al., 2009). De oorzaak voor het niet aansluiten van de robot op de behoeften van de gebruikers kan dus veroorzaakt worden door een te sterke focus op de *technology-push* benadering. Een aanbeveling die op basis hiervan gedaan kan worden is om de behoeften van gebruikers goed in kaart te brengen en de robot daar goed op aan te laten sluiten. Op deze manier kan de balans tussen *demand-pull en technology-push* hersteld worden.

Om te slagen als innovatie en om daadwerkelijk impact te hebben is het namelijk van belang dat de robot zijn functionele doel bereikt (bijvoorbeeld het verminderen van eenzaamheid) en dat de gebruiker dat ook zo ervaart. Uit de studies bleek dat als de robot zijn doel wel bereikte en als de gebruikers dit ook zo ervaarden, de robot ook op de langeretermijn gebruikt werd (Cesta et al., 2016; De Graaf et al., 2017; Sung et al., 2010). Niet in alle studies werd langetermijngebruik gerealiseerd. Het uitblijven van langetermijngebruik wordt door Leite, Martinho en Paiva (2013) in verband gebracht met *The Novelty Effect*. Na een bepaalde periode verloor de robot zijn nieuwigheid en stopte het gebruik. In de studies werd dit verband ook opgemerkt (Bickmore et al., 2005; De Graaf et al., 2017; Fernaeus et al., 2010; Frennert et al., 2017). Het in onbruik raken van de robot kwam volgens deze auteurs vooral doordat de interactie te eentonig werd.

Hoewel het in de studies niet expliciet genoemd wordt, veronderstelt de onderzoeker dat *The Novelty Effect* ook in verband staat met het niet aansluiten bij de behoeften van de gebruiker. Hoewel de gebruikers in de studies over het algemeen positief stonden tegenover de robots, werd het gebruik in veel gevallen toch minder of stopte het gebruik zelfs helemaal (Bickmore et al., 2005; De Graaf et al., 2017; Fernaeus et al., 2010; Frennert et al., 2017). Dit zou kunnen komen, doordat de robots die gebruikt zijn in deze studies in de meeste gevallen niet als nuttig werden ervaren. De robots die gebruikt werden in studies waar *The Novelty Effect* niet optrad werden wél als nuttig ervaren (Cesta et al., 2016; Neven & Leeson, 2015; Sung et

al., 2010). Om te voorkomen dat de robot in onbruik raakt door *The Novelty Effect* zal de robot moeten inspelen op de behoeften van de gebruikers. Een aanbeveling die daartoe gedaan wordt in Hutson et al., (2011), Bickmore et al. (2005), De Graaf et al., (2017) en Frennert et al. (2017) is dat er spontaner en meer afwisselend met de robot geïnteracteed kan worden. Als dit gerealiseerd kan worden in robots, kan dit ervoor zorgen dat aan een van de behoeften van de gebruikers voldaan kan worden. Hierdoor zal *The Novelty Effect* hopelijk ook wegblijven en kan langetermijngebruik gerealiseerd worden.

Hierbij moet echter wel een kanttekening geplaatst worden. Uit de studies blijkt dat gebruikers te spontane opmerkingen of het aansnijden van bepaalde gespreksonderwerpen niet altijd waardeerden. Zij wilden de robot en de interactie met de robot wel onder controle houden. Wat voor de ene persoon acceptabel gedrag is, kan door de ander als onprettig worden ervaren. De robot zal dus in staat moeten zijn te beoordelen hoe hij moet reageren in bepaalde situaties. Meister (2014) beargumenteert in zijn artikel dat robottechnologie baat kan hebben bij het toepassen van de *Sociological Theory of Action*. Het gebruik van deze theorie kan robots helpen om te gaan met de complexiteit van sociale relaties, waardoor de robot beter weet hoe het moet reageren in complexe situaties. De robot kan dan afhankelijk van de persoon leren hoe hij moet reageren op en interacteren met de gebruiker. Hiermee kunnen de persoonlijke voorkeuren en wensen van de gebruiker beter beantwoord worden. Dit kan ook weer kansen bieden voor het realiseren van langetermijngebruik van de sociale robot.

Uit het onderzoek van Neven en Leeson (Neven, 2010; Neven & Leeson, 2015) kan een belangrijke les getrokken worden met betrekking tot het positioneren van de sociale robot. De auteurs vonden dat de gebruikerrepresentaties² die ontwerpers hebben van ouderen, niet overeenkomen met hoe ouderen zichzelf zien. De robot die in deze studie gebruikt werd, werd door ouderen geassocieerd met ouderdom, eenzaamheid en zwakte en hierdoor wilden zij de robot niet gebruiken. Een onjuiste gebruikerrepresentatie kan ervoor zorgen dat de robot dus niet geadopteerd wordt en de domesticatie van de robot dus niet eens begint.

Om ervoor te zorgen dat deze adoptie wel plaatsvindt en de robot in ieder geval in de appropriatiefase komt, worden een aantal aanbevelingen gedaan. Neven en Leeson (2015) stellen dat de creatie van een positieve rol voor ouderen kan helpen de adoptie te verbeteren. De robot kan bijvoorbeeld neergezet worden als een statussymbool, waardoor de gebruiker

² Het expliciete en impliciete beeld dat ontwerpers, onderzoekers engineers etc. hebben van de beoogde doelgroep van een bepaalde technologie.

zichzelf als ‘hip’ ziet. Op deze manier kan iemand een robot kopen, die bedoeld is om eenzaamheid te bestrijden, zonder dat het woord eenzaamheid er bij de positionering aan te pas komt. Een andere optie komt van Sokoler en Svensson (2007). Zij stellen dat designers tijdens het ontwerpen van technologieën voor sociale interactie ruimte moeten over laten voor ambiguïteit, zodat de gebruikers hun intenties voor gebruik niet hoeven te uiten. Dit kan ervoor zorgen dat gebruikers de robot wel accepteren, zonder dat ze zich hoeven te schamen voor het feit dat ze iets kopen dat voor fragiele ouderen is. Peine en Moors (2015) gaan hierbij nog een stap verder en stellen dat er ook ruimte over moet blijven waarin de gebruikers zelf de grenzen van de nieuwe technologieën kunnen opzoeken en zo hun eigen rol kunnen bepalen in een verouderende samenleving (*habilitation*). In deze situatie kunnen oudere personen samen met de robot en hun sociale netwerk de opkomende rol van de patiënt-consument in een verouderende samenleving verkennen. Op deze manier kan in overleg met de ouderen worden bepaald wat de waarde is van de nieuwe technologie en hoe deze van waarde kan zijn in de samenleving. Op deze manier kunnen de gebruikers zelf betekenis geven aan de technologie en op die manier kunnen ze de technologie domesticeren als actieve gebruikers (Peine & Moors, 2015).

Ten slotte kunnen uit de studies nog een aantal praktische aandachtspunten afgeleid worden. Ten eerste moet de robot veilig zijn. De robot mag geen mensen verwonden of spullen in het huishouden kapot maken. De robot moet daarom passen in een huishouden. Ten tweede mag de robot zelf ook niet te snel kapotgaan. Ten slotte moet ook rekening gehouden worden met de rol die privacy issues kunnen spelen. Onduidelijkheden over privacy en privacy schending zorgden in de bekeken studies voor onbruik en niet-gebruik.

2.5 Limitaties

Om uitspraken te kunnen doen over robot gebruik en acceptatie is in deze literatuurstudie gekeken naar studies die het langetermijngebruik van en de interactie met robots bestuderen in huiselijke omgevingen. Er is voor gekozen alleen te kijken naar robot gebruik in huishoudens en niet naar robotgebruik in zorginstellingen. Dit heeft als gevolg dat een groep gebruikers niet meegenomen is in dit onderzoek, terwijl deze groep vaak het eenzaamst is (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2017; Coalitie Erbij, 2015). De reden hiervoor is dat in studies naar sociale robots in zorginstellingen, de robots vaak gedeeld worden met andere bewoners (Sabelli, Kanda & Hagita, 2011; Neven & Leeson, 2015; Taggart, Turkle & Kidd, n.d.). De bewoners kunnen de robot daardoor niet constant individueel gebruiken. Dit maakt het moeilijker om de resultaten te vergelijken. Verder onderzoek zou inzicht kunnen geven in de vraag of er grote

verschillen zijn tussen robotgebruik in verzorgingstehuizen en normale huizen en in de vraag wat deze verschillen betekenen voor de vereisten van een sociale robot.

Een andere limitatie is dat er maar een beperkt aantal artikelen over langetermijngebruik te vinden waren die voldeden aan de eisen die de onderzoeker had gesteld. De resultaten uit de studies kwamen echter grotendeels overeen, wat de uitkomsten van het onderzoek en de opgestelde vereisten versterkt.

2.6 Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat uit langetermijnstudies blijkt dat sociale robots gedomesticeerd worden, maar dat dit nog vaak moeizaam gaat. Vooral de appropriatiefase en de objectificatiefase verlopen niet altijd vlekkeloos. De aanschaf van een sociale robot wordt geschuwd, omdat dit door veel mensen geassocieerd wordt met oud en alleen zijn. Als appropriatie wel plaatsvindt, betekent dit vaak nog niet automatisch langetermijngebruik. Problemen, klachten en opvallende verschillen en overeenkomsten in het domesticatieproces zijn hierboven geïdentificeerd. Meer aandacht voor deze factoren tijdens het ontwerp en de domesticatie van de sociale robot zullen hopelijk leiden tot een langetermijnoplossing voor het probleem waar de sociale robot voor ingezet wordt.

3. Sociale robots en hun interactie met het menselijke brein.

3.1 Inleiding

Om vanuit Cognitieve Neurobiologische Psychologie een zinvol antwoord te geven op de vraag wat de vereisten aan sociale robots zijn wanneer deze zullen worden ingezet als middel tegen eenzaamheid is ervoor gekozen om te kijken naar de verschillende aspecten van mens-mensinteractie en mens-robotinteractie. Het bestuderen van deze twee verschillende vormen van interactie en het identificeren van factoren die belangrijk zijn voor robot-mensinteractie zal leiden tot een aantal vereisten voor een sociale robot. Deze (cognitieve) vereisten zullen van belang zijn om de interactie tussen mens en robot goed te kunnen laten verlopen en dus een goede band op te bouwen tussen de sociale robot en de gebruiker van deze robot.

Door middel van literatuuronderzoek worden verschillende aspecten mens-mensinteractie en mens-robotinteractie onderzocht en wordt in dit hoofdstuk de volgende deelvraag van de scriptie beantwoord: *“In hoeverre kunnen robots geschikt worden om mens-mensinteractie te vervangen door mens-robotinteractie?”*

In studies naar sociale interactie wordt veel onderzoek gedaan naar menselijke emotieverwerking (Purves et al., 2008), verschillende emoties (Cannon, 1927; Ekman & Friesen, 1971; James, 1884; Papez, 1937; Plutchik & Conte, 1997), empathie (Wisp, 1987) en gezichtsverwerking (Bruce & Young, 1986; Calder & Young, 2005; Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2000). In cognitieve studies naar sociale robots wordt vooral onderzoek gedaan naar de *Uncanny Valley* (Mori, MacDorman, & Kageki, 2012) en griezelligheid, naar interactie van sociale robots (Blow, Dautenhahn, Appleby, Nehaniv, & Lee, 2006; Dautenhahn, 1998; Dautenhahn et al., 2005) en naar ontwerpvereisten aan robots. Door de studies te ordenen, samen te vatten en te vergelijken kan inzicht verkregen worden in de vraag in hoeverre mens-mensinteractie vervangen kan worden door robot-mensinteractie. Hieruit kunnen vervolgens vereisten worden afgeleid voor een sociale robot die ingezet kan worden als middel tegen eenzaamheid.

3.2 Sociale interactie

Als eerst zullen de visies op het menselijk emotionele brein uiteengezet worden, waarna, empathie, het volgende belangrijke aspect, wordt besproken. Vervolgens worden verschillende gezichtsverwerkingsmechanismen beschreven.

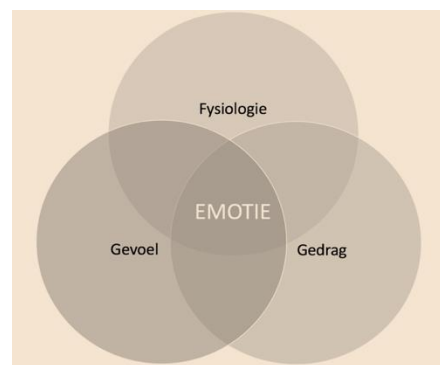
3.2.1 Het emotionele brein

Emoties hebben een belangrijke sociale functie: de uiting van emoties beïnvloedt de wijze waarop we onze intenties communiceren, ze zijn belangrijk voor het evalueren van doelen en het stellen van prioriteiten. Volgens hedendaagse onderzoekers kan emotie het beste omschreven worden als een samenstelling van gevoelens, expressief gedrag en fysiologische veranderingen (Purves et al., 2008).

Emoties worden meestal door gebeurtenissen in de lokale omgeving uitgelokt, ze zorgen voor gedragsmatige en fysiologische veranderingen waar men zich niet altijd bewust van is (Purves et al., 2008). Ook lokken emoties bepaalde externe, motorische bewegingen uit in het gezicht en lichaam, waaronder emotionele expressies (Levenson, Ekman, & Friesen, 1990), die individuen kunnen voorbereiden en signalen kunnen sturen naar anderen.

De eerste theoretische modellen over emotie waren tientallen jaren geleden relatief simpel, met een vaste set basisemoties (Barrett, 2006). De huidige modellen en theorieën over emoties zijn echter veel complexer (Lindquist, Siegel, Quigley, & Barrett, 2013). Tegenwoordig wordt er onderzoek gedaan naar veel meer verschillende factoren die betrekking hebben op emotie(verwerking). Het meten van fysiologische reacties heeft de laatste decennia een grote bijdrage geleverd aan het meer volledige beeld dat de wetenschap op dit moment heeft van menselijke emotieverwerking. Een aantal voorbeelden van fysiologische maten zijn: gezichtsexpressies gemeten door elektromyografie (EMG) (Dimberg & Thunberg, 1998), hartslag (Collet, Vernet-Maury, & Dittmar, 1997) en *Galvanic Skin Response* (GSR) (Lang, Greenwald, Bradley, & Hamm, 1993; Haag, Goronzy, Schaich, & Williams, 2004; Jerritta, Murugappan, Nagarajan, & Wan, 2011).

Een emotie kan worden gezien als een samenstelling van gevoelens, expressief gedrag en fysiologische veranderingen (zie figuur 1). De bekende vecht of vlucht reactie is een herkenbaar voorbeeld waar deze drie componenten in terug komen. Wanneer je in een noodsituatie verkeerd, zal je merken dat je hartslag verhoogd wordt en je gaat zweten (fysiologische reactie),



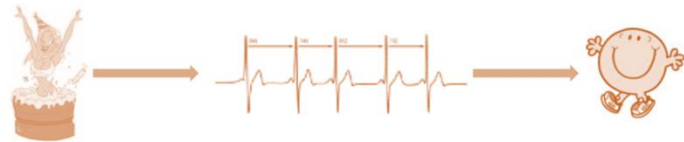
Figuur 1 - Componenten van emoties

dat je bang wordt (gevoel) en bijvoorbeeld zal vluchten van de gevaarlijke situatie. Deze drie componenten zorgen er gezamenlijk voor dat je je angstig voelt. Het vorige voorbeeld is een hele herkenbare, waarbij alle drie de componenten bewust gevoeld worden. De combinatie van deze drie componenten kunnen echter ook veel subtieler zijn wanneer je bijvoorbeeld de gezichtsuitdrukking van een ander onbewust nabootst, dit hangt allemaal af van de intensiteit

van de emotie, de persoon die de emotie verwerkt, de context waar de emotieverwerking plaats vindt en de geschiedenis van de persoon op het gebied van emotieverwerking. Hier zal verder over uitgeweid worden in de aankomende paragrafen over emotieverwerkingstheorieën. Ook kunnen emotionele stimuli van invloed zijn op verwerken in andere cognitieve mechanismen. Zoals eerder benoemd zijn er verschillende theorieën over menselijke emotieverwerking, eerst worden twee historische inzichten besproken waarna modernere emotietheorieën volgen.

Volgens James (1884) leidt de perceptie van onze eigen lichamelijke veranderingen (lichamelijke respons) tot feedback naar de sensorische- en motorcortex in de hersenen, waarna en waardoor een emotie ervaren wordt. In figuur 2 is dit gevisualiseerd; eerst een gebeurtenis, vervolgens een lichamelijke respons waarna de emotie wordt ervaren. Deze theorie gebruikt twee aannamen:

1. Ten eerste wordt een deterministische relatie tussen lichamelijke reacties en emoties verondersteld.



Figuur 2 - Visualisatie James-Lange theorie

2. Ten tweede wordt gesteld dat er geen emoties ervaren kunnen worden zonder lichamelijke reacties, omdat deze causaal met elkaar samenhangen.

Verschillende studies hebben laten zien dat veranderingen in een somatische, ofwel lichamelijke, staat op zichzelf niet genoeg zijn om een emotie te produceren. Een studie van Schachter en Singer (1962) laat zien dat lichamelijke ervaringen emoties niet creëren, maar dat ze wel bewuste emotionele ervaringen kunnen versterken, ze zijn namelijk ook op ervaring berust. Ervaring is daarbij dan een extra factor; gebeurtenis veroorzaakt mate van *arousal* én interpretatie, welke samen zorgen voor het ervaren van emotie.

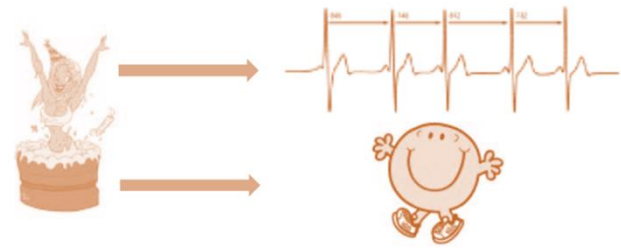
Volgens de Cannon-Bardtheorie (1927) ontstaan emoties in het brein en ontstaan de lichamelijke reacties als gevolg van de emotionele ervaring (zie figuur 3), dat is dus het omgekeerde van de James-Langetheorie. Cannon en Bard dachten dat de hypothalamus het belangrijkste hersendeel was voor emoties. De hypothalamus zou sensorische input krijgen en die vervolgens doorsturen naar het autonome zenuwstelsel en de cortex (Cannon, 1927). Hoewel deze theorie niet correct is gebleken (Retinal, 1897), was het historische belang groot,



Figuur 3 - Visualisatie Cannon-Bard theorie

omdat het een tegenhanger was voor de James-Langetheorie en het bijdroeg aan de ontwikkeling van een belangrijke andere theorie: het Papezercircuit en de limbischebreinhypothese.

Ook Papez dacht dat de hypothalamus van belang was voor emotionele verwerking, maar hij noemde nog een aantal andere gebieden die essentieel zouden zijn, zoals de hippocampus, de *anterior nucleus* van de thalamus en



Figuur 4 - Visualisatie Papez circuit

gebieden van de *cingulate cortex* (Papez, 1937). Volgens Papez ontstaan emotionele gevoelens in het Papezcircuit, een set van onderling verbonden hersengebieden die samen het emotionele brein vormen (zie figuur 4). Een tweede circuit is verantwoordelijk voor een analyse, waardoor geassocieerde herinneringen kunnen worden opgehaald (Papez, 1937). MacLean ging verder met dit idee en voegde gebieden zoals de amygdala en de orbitofrontale cortex (wat hij het limbische brein noemde) toe aan het emotionele brein (MacLean, 1949). Er is een aantal redenen waarom deze vroege neurobiologische ideeën niet meer worden aangenomen door moderne cognitieve neurowetenschappers. In de eerste plaats vervullen sommige delen van het Papezcircuit geen functies die primair gerelateerd zijn aan emoties. Bovendien plaatst hedendaags onderzoek de nadruk op verschillende soorten emoties. Elke basale emotie kan een deel van zijn eigen circuit vormen, en verschillende delen van het circuit kunnen zorgen voor verschillende cognitieve bijdragen (Scoville & Milner, 1957). Tegenwoordig worden emotionele theorieën onderverdeeld in categorische en dimensionele theorieën (Ekman, 1992; Plutchik & Conte, 1997).

Categorische theorieën zien elke emotie als een discreet onafhankelijk geheel en maken onderscheid tussen een klein aantal emoties, Ekman (1992) is hiervan de grondlegger. Basisemoties (zoals afgebeeld in figuur 5) zijn aangeboren, cultureel onafhankelijk (Ekman & Friesen, 1971), evolutionair oud, gedeeld met andere soorten en worden volgens bepaalde patronen uitgedrukt in gezichtsexpressies. Complexe emoties zijn aangeleerd, sociaal en cultureel gevormd, evolutionair nieuw, het meest voorkomend in mensen, meestal uitgedrukt volgens een combinatie van verschillende basisemoties en komen pas later in de ontwikkeling tot stand (Griffiths, 2002).



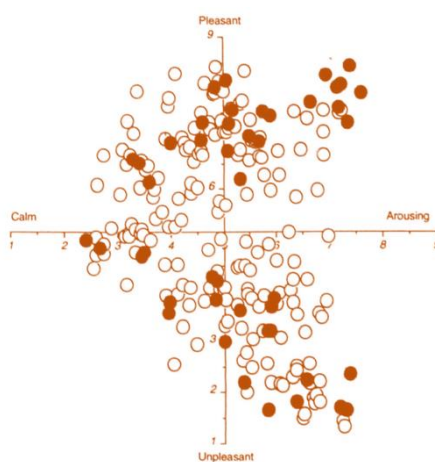
Figuur 5 - Basisemoties

Dimensionele theorieën vormen de tegenhanger van categorische theorieën. Volgens de aanhangers van dimensionele theorieën wordt er door de discrete theoretici van een veel te ideale situatie uitgegaan, waardoor alle emotionele expressies kunnen worden herleid tot een klein aantal basisemoties. Dimensionele theorieën zetten elke emotie in een grafiek met twee

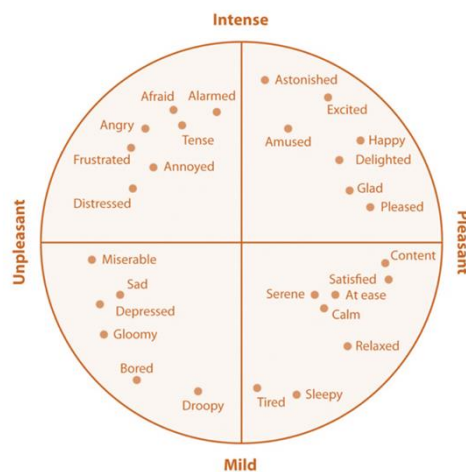
of meer dimensies, zoals afgebeeld in figuur 6 en 7. Hierdoor zouden de emoties veel minder breed interpreteerbaar zijn dan de categorische basisemoties. De twee meest gebruikte dimensies worden beschreven door Russell en Bullock (1985):

1. *Arousal*: de bereidheid bij een persoon om tot actie over te gaan in reactie op de waargenomen emotie: actief - passief.
2. *Valentie*: de mate waarin een persoon de emotie als positief (of negatief) ervaart: prettig - onprettig, aangenaam - onaangenaam.

Om een emotie weer te geven binnen deze dimensies wordt vaak een vectormodel (figuur 6) gebruikt waarbij de ene dimensie op de x-as en de ander op de y-as gezet wordt. De y-as wordt gebruikt om positieve valentie en negatieve valentie in aan te geven, en op de x-as worden stijgt de mate van *arousal* per emotie. Dit mode wordt veel gebruikt in onderzoek naar de emotionele eigenschappen van afbeeldingen, geluiden en herinneringen (Purves et al., 2008). In de contrasterende circumplexmodellen, zoals afgebeeld in figuur 7, worden emoties om de omtrek van een cirkel geplaatst die in het midden staat van twee assen van *arousal* en valentie (Plutchik & Conte, 1997). Studies waarbij de participanten wordt gevraagd om de emotionele eigenschappen van woorden, gezichtsuitdrukkingen en muziek maken juist weer meer gebruik van deze circumplexmodellen (Purves et al., 2008). Dimensionele theoretici zoeken niet naar discrete neurale systemen die onder elke emotie liggen, maar zoeken naar de neurale correlaties van de dimensionele assen (Lang et al., 1993), wel representeren ze beiden individuele emoties. Dit wordt door middel van vectormodellen gedaan waarbij plaatjes getoond worden tijdens experimenten (Russell & Bullock, 1985), en de circumplexmodellen zijn gebaseerd op het tonen van woorden waarbij associaties van de participant worden opgewekt (Lang et al., 1993).



Figuur 6 - Vectormodel



Figuur 7 – Circumplexmodel

3.2.2 Empathie

Empathie is een tweede concept dat te maken heeft met sociale interactie tussen mensen. Empathie is het begrijpen van de emotionele staat van een ander, voor het slagen van sociale interactie is het van belang om deze te onderscheiden van de eigen emotionele staat (Purves et al., 2008). Dit is een proces waarbij emoties, afhankelijk van de sociale context, gedeeld worden tussen mensen (Wisp, 1987). De bovenstaande definitie van empathie kan op verschillende manieren worden opgevat:

1. het kennen van de interne staat van een ander, inclusief gedachten en gevoelens;
2. de houding van een ander aannemen of zorgen dat de neurale respons overeenkomt;
3. een emotionele reactie hebben vanwege de situatie van iemand anders, hoewel het niet dezelfde reactie hoeft te zijn;
4. je voorstellen hoe je je zou voelen of hoe je zelf zou reageren in die situatie;
5. je voorstellen hoe een ander zich zou voelen of zou reageren in die situatie.

Deze vijf verschillende opvattingen zijn van groot belang voor de praktijk waarin mens-robotinteractie geslaagd zou moeten verlopen. De eerste drie scenario's verschillen in de mate waarin de kennis of het gevoel hetzelfde is bij jezelf en de ander. De vierde en vijfde optie zijn meer gerelateerd aan het nemen van perspectief, maar verschillen in de mate waarin je op jezelf of de ander gericht bent. Aangezien er zo veel verschillende manieren zijn waarop je empathie kunt uitleggen, is het niet verbazingwekkend dat er geen overeenstemming bestaat over een meting voor empathie (Davis, 1983; Mehrabian & Epstein, 1972; Wisp, 1987).

Voor de ontwikkeling van sociale robots is het van belang bewust te zijn van deze verschillende opvattingen en ook bewust te kiezen om te werken vanuit een bepaalde opvatting en de rest van de opvattingen dus bewust weg te cijferen. De vraag die je jezelf moet stellen is of het van belang is om de robot ook echt de interne staat van de ander te kunnen laten voelen, of alleen te laten weten wat hij moet doen als hij zeker is van de interne staat van de ander. Omdat al eerder duidelijk is geworden dat er in de wetenschap nog niet genoeg bekend is over de menselijke verwerking van emoties, is tijd een van de afwegingen die bij deze vraag gemaakt kan worden. De laatste drie opvattingen zullen met de kennis van nu makkelijker te realiseren zijn dan de eerste twee. Wanneer een sociale robot wordt ingezet tegen eenzaamheid, zou deze wellicht zo geprogrammeerd kunnen worden dat het niet eens noodzakelijk is voor de robot om zich in precies dezelfde staat te laten verkeren als de persoon waar de interactie mee plaatsvindt. Als de robot wel precies kan inschatten hoe hij moet reageren op de interactie en daarmee ook het doel kan bereiken waarmee eenzaamheid verminderd wordt, zonder dat de relatie tussen de robot en de gebruiker aangetast wordt, zou het niet noodzakelijk lijken.

3.2.3 Gezichtsverwerking

De *Fusiform Face Area* (FFA) is een van de hersengebieden die betrokken is bij het herkennen van gezichten en de menselijke voorkeur om gezichten te herkennen in niet-menselijke objecten (Kanwisher, McDermott, & Chun, 1997). Onze sociale mens-mensinteracties vinden plaats met andere leden van onze soort, de zogenaamde *conspicifics*. We hebben een effectief systeem nodig om bij te houden wie anderen zijn, hoe ze er uitzien en wat hun normale gedragingen zijn. Gezichten en lichamen vormen een belangrijke bron voor deze informatie. Bruce en Young hebben in 1986 een model ontwikkeld dat de gezichtsverwerkingsmechanismen van de mens beschrijft (Bruce & Young, 1986). Het herkennen van een bekend gezicht houdt in dat er een visuele beschrijving van het gezicht wordt gekoppeld aan een opgeslagen representatie van dat gezicht. Haxby, Hoffman en Gobbini (2000) beschrijven echter een contrasterend model dat uit gaat van een neurale basis en twee verschillende visuele paden in plaats van het puur cognitieve model van Bruce en Young (1986).

Zowel het cognitieve model van Bruce en Young en het neurale model van Haxby maken onderscheid tussen het herkennen van bekende gezichten, gezichtsidentiteit en het herkennen van emotionele expressies. Hoewel er bewijs is dat de basale ideeën kloppen, leveren beide modellen volgens Calder en Young geen goede verklaring voor het exacte gezichtsverwerkingsmechanisme (Calder & Young, 2005). De structurele codering van gezichten uit de theorie van Bruce en Young is belangrijk voor zowel gezichtsidentiteit als emotionele expressie en werkt dus ook voor alle emoties (vrijwel) hetzelfde. Calder en Young (2005) gaan er echter van uit dat er geen enkele route is voor alle emoties, maar dat elke emotie een eigen route heeft. Deze mechanismen van gezichtsverwerking en emotieherkenning zijn van belang om de vraag te kunnen beantwoorden of de gezichtsexpressies bij robots ook hetzelfde wordt verwerkt als menselijke gezichtsexpressies. De theorieën zijn contrasterend, maar voor beiden is ook wetenschappelijk bewijs. In eerste instantie is het belangrijk om te achterhalen hoe mensen emoties verwerken en hoe dit verwerkingsproces gemeten kan worden, om dit ook toe te kunnen passen in de praktijk voor robots. De voorgaande paragraaf heeft verschillende emotieverwerkingstheorieën beschreven waaruit geconcludeerd kan worden dat de wetenschap op dit moment nog niet precies genoeg weet hoe het menselijk brein emoties verwerkt, om dit ook exact na te kunnen maken. Echter zijn er wel een aantal interessante zaken aan bod gekomen, die een positieve invloed kunnen hebben op de praktijk. Zo is het belangrijk om adequaat onderscheid te kunnen maken tussen verschillende basisemoties, die door Ekman (1992) zijn benoemd, maar zal het in de praktijk ook belangrijk zijn om complexe emoties (combinaties van basisemoties) te kunnen verwerken om goed te kunnen functioneren als

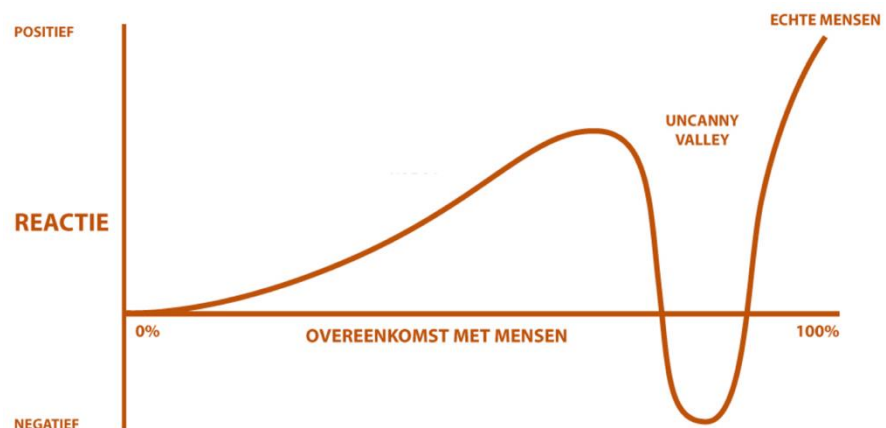
sociale robot. Ook zal goed afgewogen moeten worden in welke mate het van belang is dat robots welke vorm van empathie moeten kunnen voelen, en hoe dit in de praktijk slim ingezet kan worden.

3.3. (Sociale) Robots

Om een tweede deel van het vraagstuk, of de mens emoties kan herkennen in artificiële gezichten, te kunnen beantwoorden is ook meer kennis over sociale robots vereist. Als eerst zal het concept *Uncanny Valley* uitgelegd en besproken worden, waarna de consequenties voor toepassingen binnen de robotica uiteen kunnen worden gezet. Vervolgens zal ook besproken worden welke sociale vaardigheden robots die gebruikt worden als middel tegen eenzaamheid nodig hebben.

3.3.1 Uncanny Valley

Meer dan 45 jaar geleden scheef Masahiro Mori voor het eerst over de - later naar het Engels vertaalde - *Uncanny Valley* (Mori et al., 2012). Hij merkte op dat robots die (te) veel op mensen gaan lijken, een *erie* (in dit hoofdstuk vertaald als griezelig) gevoel opwekken bij mensen en noemde dit de *Uncanny Valley*. Deze hypothese van Mori is van invloed op het vraagstuk van dit disciplinaire hoofdstuk omdat griezeligheid een nadelige invloed zou kunnen hebben op robot-mensinteractie. De *Uncanny Valley* wordt zichtbaar wanneer de *human likeness* (in dit hoofdstuk vertaald als menselijkheid) uiteengezet wordt tegen de affiniteit die men toont tegenover een artificieel object (de robot). De negatieve piek in deze grafiek bevindt zich volgens Mori bij ongeveer zeventig procent menselijkheid, zoals zichtbaar is in figuur 8. De theorie stelt dat als een niet menselijke entiteit (bijvoorbeeld een robot) tot ongeveer zeventig procent op een mens lijkt, de mens in toenemende mate affiniteit met deze entiteit heeft. Na ongeveer zeventig procent bevindt de entiteit zich in de *Valley*, de entiteit wordt dan als griezelig ervaren en de affiniteit wordt laag. Pas als de entiteit weer uit de *Valley* is, rond de tachtig procent, begint de affiniteit weer hoger te worden. Hoe hij dit percentage heeft berekend is echter



Figuur 8 - Uncanny Valley

onduidelijk en roept dan ook vragen op. De menselijkheid van een robot is later door Hanson

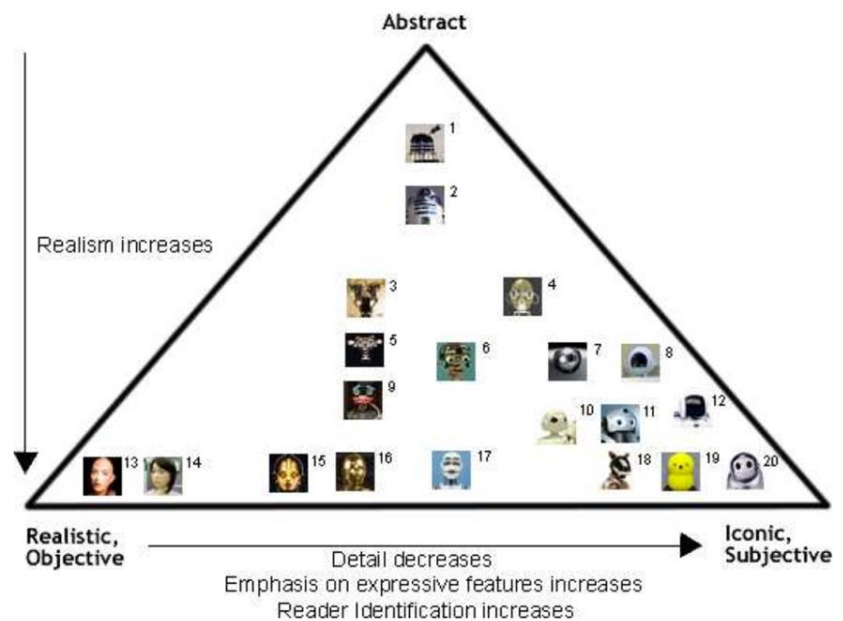
gedefinieerd als “uitziend binnen de mogelijke natuurlijk-voorkomende verschijningen van mensen” (Hanson, 2006). Op het moment dat Mori zijn hypothese beschreef, bijna vijftig jaar geleden, waren de technieken om het menselijke uiterlijk na te maken een stuk minder geraffineerd. Dat zou invloed kunnen hebben op de percentages menselijkheid die de robots destijds toebedeeld zouden hebben gekregen in verhouding tot de percentages heden ten dage. De theorie beschrijft namelijk dat een *bunraku* pop, een soort handpop uit Japan, al veel menselijker is dan poppen in de *Valley*. Tegenwoordig zouden we de *bunraku* poppen echter niet meer heel menselijke noemen. Er wordt op dit moment dan ook veel onderzoek gedaan naar de *Uncanny Valley* waarbij niet alleen de aspecten van menselijkheid onderzocht worden (en dus indirect waar die zeventig procent op gebaseerd is), maar ook naar andere constructen die affiniteit en menselijkheid zouden kunnen vervangen. In de volgende paragrafen wordt een aantal onderzoeken uitgelicht.

De vraag of de menselijkheid van de robot invloed heeft op de mate waarin een robot als meer griezelig ervaren wordt en of een gezichtsexpressie ook anders wordt beoordeeld wanneer een robot zich in de *Uncanny Valley* zou bevinden, zijn logische vragen die hieruit voortvloeien. Wat als een robot, die met een neutrale gezichtsuitdrukking, als griezelig ervaren wordt ineens gaat glimlachen of juist verandert in een boze gezichtsuitdrukking. Worden deze dan als blij en boos ervaren zoals men menselijke emoties ervaart? Of geven bijvoorbeeld hartslag en huidgeleiding een ander patroon, omdat de griezeligheid ook een rol speelt? Dit zijn diepgaande en complexe vraagstukken waar de wetenschap nog niet achter is. Op dit moment wordt er al wel volop onderzoek gedaan naar deze, op de praktijkgerichte, vraagstukken.

Er zijn meerdere onderzoeken gedaan naar de verschillende dimensies van de menselijkheid van de robots en naar de psychologische validiteit van Moris hypothese (Mori et al., 2012). Het *Uncannyeffect* wordt inderdaad waargenomen, maar op welke wijze de esthetiek van de robot invloed heeft op dit effect, blijft nog onbeantwoord (Hanson et al., 2005; Seyama & Nagayama, 2007). De menselijkheid kan worden beschouwd vanuit verschillende constructen. ‘abstractheid’ en ‘realisme’ worden genoemd (Blow et al., 2006), maar ook ‘abnormaliteit’ (Seyama & Nagayama, 2007). Ho en MacDorman (2010) spreken juist weer over ‘antropomorfisme’ en ‘likeability’. Dit betekent dat er veel onduidelijkheid is over het begrip menselijkheid. Enerzijds zou er geconcludeerd kunnen worden dat er geen eenduidigheid is in deze tak van wetenschap over de factoren die invloed hebben op de menselijkheid van de robot die ervoor zouden zorgen dat een robot in de *Valley* zou vallen. Wel biedt dit kansen voor de vereisten die aan sociale robots gesteld moeten worden, wanneer deze ingezet zullen worden als middel tegen eenzaamheid.

DiSalvo onderzocht de invloed van gelaatstrekken en afmetingen van het gezicht op de perceptie van hoofden van robots als menselijk (DiSalvo, Gemperle, Forlizzi, & Kiesler, 2002). De factoren die van invloed bleken, zijn de aanwezigheid van de neus, mond en oogleden. Ze stelden zes eisen waaraan een robot moet voldoen. Om als menselijk ervaren te worden moet een robot een breed hoofd hebben, kenmerken die het gezicht domineren, gedetailleerde ogen, vier of meer executieve functies, een huid of een soort van bedekking van het lichaam en een organisch, gebogen vorm van het lichaam. (DiSalvo et al., 2002)

Blow et al. beschrijven op hun beurt de plaats van robots op de grafiek van de *Uncanny Valley* door een *extended* versie van de 'designspace' driehoek van McCloud, waarin de gezichten van robots gegroepeerd kunnen worden. In de linkerhoek staat realistisch (vergelijkbaar met een fotoportret), rechts staat iconisch (vergelijkbaar met een smiley :)), de bovenste punt



Figuur 9 - Extended designspace

representeert abstract, dat is vergelijkbaar met bijvoorbeeld Mondriaan of Picasso's kubusportretten (Blow et al., 2006; McCloud, 1993). In figuur 9 is door Blow et al. extensie toegepast op de *designspace* van McCloud en zijn verschillende bestaande robots in de driehoek en in verhouding tot elkaar en hun realisme, abstractheid en *iconity* geplaatst. De driehoek werd oorspronkelijk gebruikt door striptekenaars, maar Blow et al. (2006) hebben dit dus toegepast binnen het design aspect van robotica. De robot zou dus niet te realistisch moeten worden, om niet in de *Uncanny Valley* te kunnen 'vallen'. De begrippen *iconity* en abstractheid van Blow et al. (2006) lijken hier een goede oplossing voor te kunnen zijn. Door wel oogleden, een neus en een mond, die werden aangekaart door DiSalvo (2002), in het design te verwerken, maar ook iconisch en abstract te blijven zal de *Uncanny Valley* dus goed ontweken kunnen worden. Je zal de robot daardoor wel als een levend wezen, dat veel weg heeft van een mens ervaren, en dat is dan weer de *likeability* en het antropomorfisme van Ho en MacDorman (2010) waardoor de uiteenlopende constructen toch aan elkaar gelinkt blijken te kunnen worden. Waar eerst werd gezegd dat dit enerzijds dus een probleem kan opleveren, is inmiddels gebleken dat

deze uiteenlopende begrippen en gebrek aan eenduidigheid echter niet zo problematisch is als het lijkt.

3.3.2 Sociale vaardigheden van een robot

Kerstin Dautenhahn is een van de vooraanstaande wetenschappers op het gebied van sociale robots binnen Kunstmatige Intelligentie. Zij heeft onder meer een spectrum van vereisten opgesteld waar de sociale vaardigheden van robots aan moeten voldoen voor de taak waar ze voor gemaakt zijn (Dautenhahn, 2003). Robots als begeleider in huis staan bovenaan deze Pyramide waarna de robots in de verpleegkundige zorg komen. Een robot die dient als middel tegen eenzaamheid speelt op beide vlakken een rol (Dautenhahn et al., 2005). Dat betekent ook meteen dat de sociale intelligentie van de robots erg hoog moet zijn.

Daarbij heeft zij ook vier andere criteria beschreven: 1) contact met mensen; 2) functionaliteiten van de robot; 3) rol van de robot; 4) vereisten van sociale vaardigheden. Deze vier criteria geven inzicht in de specifieke sociale vaardigheden die de robot nodig heeft, en moeten volgens Dautenhahn tot in groot detail bestudeerd worden om de vaardigheden van een robot passend te maken voor de toepassing waarvoor het bedoeld is (Dautenhahn, 2007). Dit betekent dat een robot die ingezet zal worden tegen eenzaamheid andere sociale vaardigheden nodig zal hebben dan een robot die ingezet zal worden als hulpmiddel bij bijvoorbeeld autisme. De vaardigheden zouden per toepassing aangepast moeten worden, wat betekent dat niet alle sociale robots dan ook hetzelfde zouden moeten worden. Ook is afhankelijk van het doel waarvoor de robot ingezet zal worden, in hoeverre de robot exact op de mens zal moeten lijken op cognitief vlak. In de vorige sectie werd het uiterlijk besproken en zojuist het innerlijk, waarvan duidelijk is geworden wat de criteria zijn per toepassing van de sociale robot.

3.4 Conclusie

De vraag in hoeverre robots geschikt kunnen worden om mens-mensinteractie te vervangen door mens-robotinteractie kan vanuit de cognitieve en neurobiologische invalshoek zeer breed beantwoord worden.

In dit hoofdstuk is gekeken naar de verschillende aspecten van mens-mensinteractie, waaronder emotieverwerking, empathie en gezichtsverwerkingsmechanismen. Ook is literatuuronderzoek gedaan naar de robot-mensinteractie en de implicaties hiervan. De *Uncanny Valley* is beschreven, evenals de sociale vaardigheden die een robot, die ingezet wordt als middel tegen eenzaamheid, benodigd. Telkens wordt binnen deze discipline getracht om robots zo menselijk mogelijk te maken. Niet alleen het uiterlijk, maar ook het innerlijk. Niet voor niets gebruikt Dautenhahn zelf de volgende definitie van sociaal intelligente robots: “Robots that

show aspects of human-style social intelligence, based on possibly deep models of human cognition and social competence.” (Dautenhahn, 1998). Op basis van dit literatuuronderzoek is het mogelijk om de voorlopige conclusie te trekken dat het nog niet mogelijk is om robots honderd procent hetzelfde te laten werken als mensen. Dat komt omdat er op dit moment nog te weinig kennis is over de exacte werking van het menselijke brein en daarmee de verwerking van emoties, gezichten, empathie en sociale interactie. Doordat deze kennis nog niet beschikbaar is, zal het voorlopig ook nog niet mogelijk zijn om robots honderd procent hetzelfde te laten werken als mensen. Dat is naar mijn mening echter helemaal geen probleem, want ik denk dat het heel goed mogelijk is om wél een robot te ontwikkelen die weet hoe hij op mensen moet reageren, maar zelf niet persé hetzelfde werkt als een mens. Mori zei dit zelf ook al in zijn eerste hypothese (Mori et al., 2012). Hij legde een verband met slechte ogen en een bril. Een bril verhelpt het probleem van niet goed accomoderende ogen perfect, maar het is geen nagmaakte oogbal. Wanneer het doel is om de mens perfect na te maken, kan de robot veel meer dan alleen eenzaamheid bestrijden. Met die insteek zou je namelijk, in een utopische toekomst robots kunnen namaken als mensen en los je meer het personeelsprobleem in de zorg tegen eenzaamheid op, dan dat je de robot zelf inzet om eenzaamheid te bestrijden. Om eenzaamheid te kunnen verhelpen moet de robot vooral een goede relatie kunnen opbouwen met de eenzame persoon en sociaal dus heel vaardig zijn, daarvoor moet de mens echter nog wel de emotie en sociale bedoelingen van de robot kunnen interpreteren. Ik denk dat dit dan ook een goed uitgangspunt zou zijn voor het ontwikkelen van sociale robots als middel tegen eenzaamheid, omdat de wetenschap op dit moment nog niet zo ver is om de cognitieve mens volledig te begrijpen, laat staan na te maken.

Deel II: Integratie

De bedrijven in het Senseo samenwerkingsverband hadden elk een eigen object gevormd met betrekking tot de koffiemachine (zie deel 1). Maar deze objecten verschilden in sommige gevallen erg van elkaar en konden niet allemaal direct aan elkaar gekoppeld worden. Zo pasten de onderdelen van het technische ontwerp bijvoorbeeld niet in het uiterlijke ontwerp. De bedrijven hebben toen net zo lang gepuzzeld tot alle elementen met elkaar verenigd konden tot een gedeeld object. Dit ging echter niet vanzelf: “Integrating the various objects of the different organizations was not a tension-free activity” (Deken & Lauche, 2014). Toch is het de bedrijven gelukt om de verschillende objecten met elkaar te verenigen tot een zeer succesvol product (Deken & Lauche, 2014).

4. Integratie

4.1 Inleiding

Het doel van deze studie is om vereisten op te stellen voor sociale robots die kunnen dienen als middel tegen eenzaamheid. Dit doel kan gezien worden als het realiseren van de uiteindelijke Senseo koffiemachine. In de voorgaande hoofdstukken hebben de drie disciplines een bijdrage geleverd aan het opstellen van vereisten voor de sociale robot. Deze inzichten zijn soms complementair, maar conflicteren, net zoals in de Senseo metafoor, in sommige gevallen ook met elkaar. Deze conflicten maken het onmogelijk te bepalen welke inzichten gebruikt moeten worden voor het opstellen van vereisten voor een sociale robot, omdat niet gesteld kan worden dat het ene inzicht ‘beter’ is dan het andere. Een opsomming van de disciplinaire inzichten kan dus niet als antwoord dienen op de hoofdvraag.

Door gebruik te maken van integratietechnieken, kunnen de oorzaken van de conflicten geïdentificeerd worden en kan er een manier gevonden worden om ze op te lossen. In dit hoofdstuk is dit gedaan door gebruik te maken van de integratietechnieken: organisatie, transformatie en extensie, zoals beschreven in Repko (2008). De inzichten die hieruit volgen, kunnen de basis vormen voor een *common ground*. Wat Repko de *common ground* noemt, kan ook beschreven worden als het gedeeld object uit de Senseo metafoor: een punt van overlap waarbij alle vier de bedrijven het eens zijn over een bepaald (deel van) het object. Vanuit deze *common ground* kunnen de drie disciplines verder werken om een nieuw geheel te vormen, waarin de conflicten niet meer aanwezig zijn. Dit nieuwe geheel, de *more comprehensive understanding*, kan bijdragen aan het antwoord op de onderzoeksvraag. Teruggekoppeld naar de Senseocusus, is de *more comprehensive understanding* het uiteindelijke product dat op de markt is gekomen. Dit product is beter geworden dan wanneer een van de vier bedrijven deze innovatie alleen had ontwikkeld. Dan was de Senseo waarschijnlijk nooit zo'n succes geworden. In het geval van de sociale robot betekent dit dat er betere vereisten opgesteld zullen worden dan wanneer de disciplines dit apart van elkaar gedaan zouden hebben.

Voordat begonnen wordt met het integreren, worden de disciplinaire inzichten in tabel 1 schematisch weergegeven. Door deze tabel wordt inzichtelijk waar de inzichten conflicteren en wordt aangegeven met welke techniek het conflict het beste opgelost kan worden. Vervolgens wordt elk conflict uitgewerkt en wordt de *common ground* die daardoor ontstaat beschreven. Daarna worden de implicaties van de *common ground* en de daardoor ontstane, nieuwe kennis beschreven. Ten slotte wordt een aanbeveling gedaan.

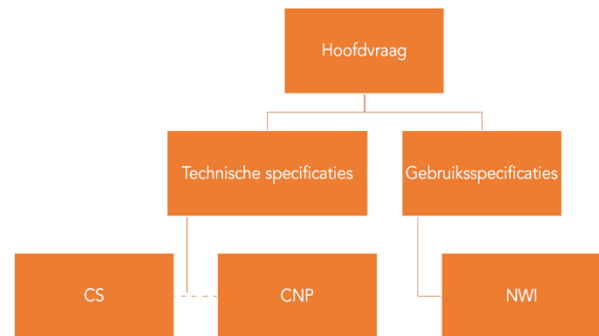
Concept/ aanname	CS	NWI	CNP	Conflict	Oplissing
<i>Natural Language Processing (NLP)</i>	X		X	Er is geen conflict. CS stelt dat NLP nog niet ver genoeg is om robots over immateriële dingen zoals emoties te laten redeneren en communiceren. Volgens CNP komt dit doordat de kennis over emoties bij mensen nog niet ver genoeg is om toe te kunnen passen op robots. De inzichten zijn dus complementair.	
Emotieherkenning	X		X	Conflict: Andere definities en gebruik van emotie concepten. CNP noemt zes basisemoties en CS drie. Complexe emoties zijn volgens CNP een combinatie van de zes basisemoties en de verkeerde aanname kan gemaakt worden dat dit binnen CS uit een combinatie van 3 bestaat.	Herdefinitie
Machine learning (neurale netwerken/ reinforced learning)	X	X	X	Conflict: de term <i>machine learning</i> wordt alleen in CS gebruikt, maar wordt in NWI als aanname gebruikt om vereisten mee op te stellen. Het idee van <i>machine learning</i> conflicteert echter met inzichten uit CNP en NWI. CNP en NWI stellen dat de robot op sommige punten geen fouten mag maken, omdat dit een relatiebreuk tussen robot en gebruiker tot gevolg kan hebben. Binnen NWI is dit conflict opgelost door een voorstel te doen om de <i>Sociological Theory of Action</i> toe te passen op robots, maar dit is hier geen optie omdat er geen socioloog aanwezig is.	Transformatie
Reactie van mens op (likeness van) robot		X	X	Conflict: NWI neemt aan dat persoonlijke verwachtingen gekoppeld zijn aan de beoordeling van en reactie op de robot, terwijl CNP aanneemt dat de reactie op de robot alleen wordt bepaald door de <i>likeness</i> van de robot (de <i>Uncanny Valley</i> theorie).	Extensie
Sociale vaardigheden van de robot	X	X	X	Geen conflict: Alle drie de disciplines geven aan dat de sociale capaciteiten van de robot goed moeten zijn, maar op dit moment nog niet voldoende zijn.	
<i>The Novelty Effect</i>		X		Geen conflict	
Nut en effect van de robot wordt vaak niet ervaren door gebruiker		X		Geen conflict	
Controle over de robot		X		Geen conflict	
<i>Privacy kwesties</i>		X		Geen conflict	
Conflict tussen user representations van ontwerpers en de beoogde doelgroep		X		Geen conflict	

Tabel 1– Inzichten voor integratie

4.2 Het creëren van *common ground*

De drie disciplinaire hoofdstukken hadden elk een eigen focus: technologische capaciteiten (hoofdstuk 1), robotgebruik (hoofdstuk 2) en menselijke interactie (hoofdstuk 3). Om de verhoudingen tussen de drie disciplinaire delen en hun focus weer te geven is de integratietechniek organisatie toegepast (Repko, 2008). Repko (2008) noemt dit proces *Mapping the Problem*.

In figuur 10 is te zien dat Cognitieve Neurobiologische Psychologie (CNP) en Informatica (CS) beide hebben geprobeerd technische vereisten voor de robot op te stellen. CNP heeft dit gedaan door empirisch bewijs te vinden voor theorieën rondom emotie, empathie en gezichtsherkenning. CS



Figuur 10 - Organisatie

heeft gekeken naar de vereisten voor eenzaamheidsbestrijding (relatievorming) en heeft deze vertaald naar computertechnologieën die hieraan zouden kunnen bijdragen. Het onderzoek binnen Natuurwetenschap- en innovatiemanagement (NWI) is vanuit een andere insteek gedaan, waarbij gekeken is naar mens-robot-interactie op de lange termijn. Door de langetermijninteracties te bestuderen zijn vereisten afgeleid die (langetermijn)gebruik van de robot kunnen bevorderen.

De inzichten van de verschillende disciplines zijn vanwege de verschillende foci grotendeels aanvullend, maar in sommige gevallen, zoals is uitgelegd in tabel 1, waren er conflicten. De conflicten worden hieronder verder uitgewerkt. Uit hoofdstuk 2 is gebleken dat in veel gevallen langetermijngebruik van de robot niet wordt bereikt. De redenen die hiervoor worden gegeven zijn dat de robot niet meer nieuw en interessant gevonden wordt en dus gaat vervelen of omdat het doel niet bereikt wordt volgens de gebruiker (dit wordt binnen NWI ook wel *The Novelty Effect* genoemd).

De verschillende disciplines hebben verschillende manieren gevonden om dit effect tegen te gaan. Volgens CNP kan het probleem worden opgelost door de emotie- en gezichtsherkenning te verbeteren, waardoor er meer empathie gevoeld kan worden voor robots en dus een realistischere mens-mensinteractie nagebootst kan worden. Op deze manier wordt de interactie niet saai en past de robot zich aan aan de gebruiker, wat persoonlijke interactie zal verbeteren.

Volgens CS is het leren van interacties een belangrijke manier om mens-robotinteracties plaats te laten vinden. Door gebruik te maken van *reinforced learning* in neurale netwerken kan

er van fouten geleerd worden en zo kan de beste interactiestrategie van dat moment gevonden worden. CS maakt hierbij de aanname dat het maken van fouten tijdens de interactie onvermijdelijk is.

De oplossingen van NWI vormden binnen de discipline een conflict. Enerzijds werd gevonden dat een spontane, uitgebreide, nuttige en persoonlijke interactie met de robot gewaardeerd werd door gebruikers. De aanname van CS, die stelt dat het fouten maken onvermijdelijk is, wordt hierbij gevolgd door NWI. Om interacties persoonlijk en spontaan te maken, moet de robot weten wat hij wel en niet kan zeggen tegen een bepaald persoon. De robot moet dus soms fouten maken om de spontaniteit en de persoonlijke interactie mogelijk te maken. Anderzijds is door NWI ook gevonden dat te spontane interacties en gespreksonderwerpen niet altijd worden gewaardeerd door gebruikers. De gebruiker wil de controle houden over de interactie met de robot. Dit neigt weer meer naar de aanname van CNP, waarbij gesteld wordt dat de robot geen fouten mag maken, omdat dit gevolgen kan hebben voor de relatie met de robot. Binnen NWI is dit opgelost door een voorstel te doen om de *Sociological Theory of Action* te gebruiken, maar dit kan hier niet gebruikt worden, omdat deze theorie sociologisch van aard is en het onderzoeksteam geen socioloog bevat.

Er is dus een conflict omtrent de inzichten van de drie disciplines. NWI en CNP stellen dat mensen het niet zullen waarderen wanneer de robot fouten maakt in de interactie of de conversaties, terwijl het volgens CS en NWI onvermijdelijk is om fouten te maken om verder te kunnen komen. Om dit conflict op te lossen is gebruikgemaakt van de techniek transformatie. Hierbij worden de twee uiterste inzichten op een continuüm geplaatst, zoals afgebeeld in figuur 11. Dit continuüm vormt hierbij de *common ground* (Repko, 2008).



Figuur 11 - Continuüm transformatie

De onderzoekers zijn overeengekomen dat op het gebied van gezichts- en dus persoonsherkenning geen fouten gemaakt mogen worden, omdat dit een relatiebreuk tussen de

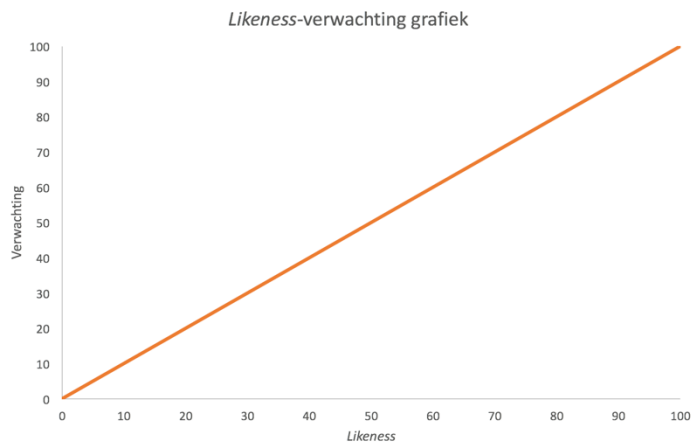
robot en haar gebruiker tot gevolg kan hebben en dit is juist heel belangrijk bij het bestrijden van eenzaamheid. In het geval van emotieherkenning is het bijna onvermijdelijk dat de robot zal moeten leren van interacties. Niet elke persoon wil dezelfde reactie op zijn of haar getoonde emoties, de robot zal per persoon moeten leren hoe deze moet reageren. Op het continuüm is daarom het nieuwe standpunt in het midden aangegeven. Gebruik van deze integratietechniek heeft ervoor gezorgd dat er een consensus is bereikt omtrent het conflict, maar heeft ook laten zien dat er nog gezocht moet worden naar een technologische oplossing om de consensus te verwezenlijken. Deze oplossing zou idealiter zorgen voor de best mogelijke verhouding tussen ‘leren van interactie’ en ‘niet voorspelbaar zijn’. De aard van neurale netwerken maakt het echter lastig om robots persoonlijk te kunnen laten interacteren zonder fouten te maken, terwijl fouten maken een negatieve invloed kan hebben op de relatie. Voor emotieherkenning is dit niet problematisch, maar voor persoonsherkenning wel. De technologische oplossing voor persoonsherkenning zou gezocht kunnen worden binnen andere technologieën dan neurale netwerken.

In hoofdstuk 3 is de *Uncanny Valley*theorie uitgelegd door CNP. Deze theorie stelt dat als een niet menselijke entiteit (bijv. een robot) tot ongeveer zeventig procent op een mens lijkt, de mens in toenemende mate affiniteit met deze entiteit heeft. Na ongeveer zeventig procent bevindt de entiteit zich in de *valley*, de entiteit wordt dan als griezelig ervaren en de affiniteit wordt laag. Pas als de entiteit weer uit de *valley* is, rond de tachtig procent, begint de affiniteit weer hoger te worden. De *Uncanny Valley*theorie beschrijft echter niet waarom deze *valley* bestaat, het is een hypothese. Daarnaast is de beoordeling van de menselijkheid (x-as) en affiniteit (y-as) subjectief en is het alleen gebaseerd op uiterlijke kenmerken, zie figuur 12.



Figuur 12 - *Uncanny Valley* van Mori. Grafisch weergegeven versie van de hypothese.

Volgens de onderzoekers kan een integratie van de inzichten uit de discipline NWI en de *Uncanny Valley*theorie uit CNP belangrijke inzichten opleveren voor de sociale robot. Volgens NWI hebben mensen bepaalde verwachtingen bij een bepaald ontwerp. Lijkt een robot bijvoorbeeld op een hond, dan verwachten mensen ook dat de robot



Figuur 13 - Likeness-verwachting grafiek

zich gedraagt als een hond. Er ontstaat hier dus een lineair verband tussen de *likeness* van de robot en de verwachting die mensen daarbij hebben. Dit is te zien in figuur 13.

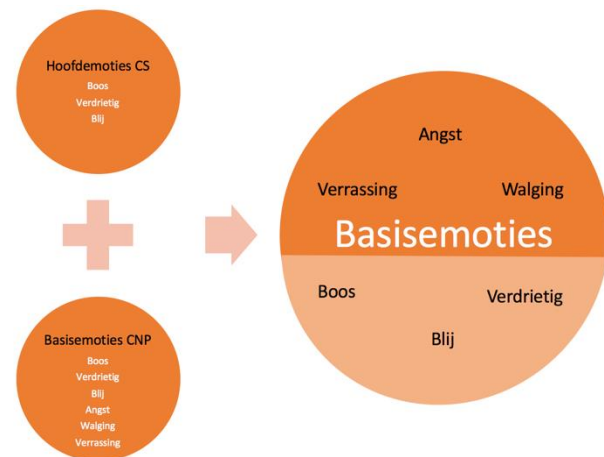
Doordat mensen een bepaalde verwachting hebben bij een bepaald ontwerp, kan de robot tegenvallen als deze niet voldoet aan de verwachting. Lijkt de robot bijvoorbeeld exact op een hond, maar gedraagt hij zich niet zo, dan voldoet deze niet aan de verwachting en wordt deze minder goed beoordeeld. Het gevolg hiervan is dat de robot minder gebruikt wordt.

Het lineaire verband tussen verwachting en *likeness* vormt een conflict met de *Uncanny Valley*theorie, want deze theorie gaat niet uit van een lineair verband tussen *likeness* en affiniteit, maar stelt dat er een *valley* is. Dit conflict kan opgelost worden door extensie toe te passen. Bij extensie wordt een concept breder gemaakt om ook buiten de discipline toegepast te kunnen worden (Repko, 2008). In dit geval wordt de *Uncanny Valley*theorie breder gemaakt, zodat deze ook het verband tussen verwachting en *likeness* kan omvatten. De geëxtendeerde theorie, *Uncanny Expectation Valley* theorie die hieruit voortkomt, vormt de *common ground*. Het verband dat hierdoor ontstaat is als volgt: hoe menselijker de robot eruit zal komen te zien, des te hoger de verwachting van de gebruiker zal zijn. Wanneer de robot aan de verwachting voldoet zal dit de effectiviteit om eenzaamheid te bestrijden ten goede komen.

In de disciplinaire hoofdstukken van CS en CNP wordt gesproken over verschillende emotie concepten. In het hoofdstuk van CS worden 3 hoofdemoties beschreven als boze, blijde en verdrietige emotionele uitdrukkingen (Poria et al., 2016). Binnen CNP wordt echter gesproken over zes verschillende basisemoties die ten grondslag liggen aan complexe emoties. Tot deze basisemoties van CNP behoren, naast boosheid verdriet en blijdschap, ook de emoties walging, verrassing en angst. Complexe emoties zouden worden gevormd door combinaties van de verschillende basisemoties.

De genoemde hoofdemoties binnen CS worden geherdefinieerd als een selectie van de basisemoties uit CNP. Bij de techniek herdefinitie worden twee verschillende concepten die hetzelfde betekenen geherdefinieerd, zodat zij onder dezelfde naam gebruikt kunnen worden. De volledige set basisemoties bestaat nu dus uit boosheid, verdriet, blijdschap, walging, verrassing en angst. Dit is gedaan om te voorkomen dat bepaalde complexe emoties niet gevormd kunnen worden. Als alleen de drie emoties van CS gebruikt zouden worden, kunnen complexe emoties die bestaan uit combinaties met walging, verrassing en angst niet gebruikt worden. Een voorbeeld hiervan is jaloezie. De *common ground* die hierdoor wordt gevormd, is te zien in figuur 14. De hoofdemoties van CS vallen nu onder de basisemoties van CNP.

In deze paragraaf zijn de conflicten rond *machine learning*, de reactie van de mens op (de *likeness* van) de robot en complexe emoties door middel van drie integratietechnieken aangepakt. Hieruit is naar voren gekomen dat er een onderscheid moet worden gemaakt tussen het accepteren van fouten rond gezichts- en persoonsherkenning en emotieherkenning, dat *likeness*, verwachting en de *Uncanny*



Figuur 14 - Common ground na herdefinitie

Valley met elkaar verbonden zijn en dat zowel boos blij en verdrietig als angst, walging en verrassing bij basisemoties worden gerekend. De *common ground* die gevormd is in deze paragraaf, vormt de basis voor het creëren van nieuwe kennis die gebruikt kan worden om vereisten op te stellen voor de sociale robot.

4.3 More comprehensive understanding

In de Senseo casus leidde de samenwerking en het integreren van de verschillende objecten tot de creatie van een nieuw product: de Senseo koffiemachine. De Senseo kan gezien worden als de creatie van nieuwe kennis. De Senseo is het grotere geheel dat niet had kunnen ontstaan wanneer de bedrijven niet hadden samengewerkt.

In deze paragraaf wordt beschreven tot welke nieuwe kennis de samenwerking en integratie van de disciplinaire inzichten heeft geleid. Daarnaast wordt ook beschreven hoe deze nieuwe kennis gebruikt kan worden voor het opstellen van vereisten voor een sociale robot. Op deze manier kan een interdisciplinair antwoord worden gegeven op de hoofdvraag van dit

onderzoek: *Wat zijn de vereisten aan sociale robots wanneer deze zullen worden ingezet als middel tegen eenzaamheid?*

De nieuwe kennis die opgedaan is in dit onderzoek kan ingedeeld worden in drie groepen vereisten: Technologische vereisten, positioneringsvereisten en ontwerpvereisten. Aan de hand van deze indeling zal beschreven worden wat de nieuwe kennis inhoudt en hoe deze zich verhoudt tot al bestaande kennis.

4.3.1 Technologische-vereisten

Mevrouw Smetsers uit de inleiding vertelde later in het interview het volgende: “Het is een stuk levendiger geworden. Je leert medebewoners ook anders kennen. We hadden elkaar weinig te vertellen, maar toen ik een buurman zag dansen, dacht ik: man, er zit veel meer in jou dan ik had gedacht.” (Schalkwijk, 2014). Onderzoek naar sociale robots lijkt er dus op te wijzen dat robots op dit moment al in staat zijn om sociale eenzaamheid te verminderen doordat ze contact tussen mensen faciliteren. Om emotionele eenzaamheid te bestrijden moet de technologie echter nog een aantal stappen zetten. Zo zijn de huidige robots nog niet in staat om diepgaande gesprekken te voeren. Zora kan je bijvoorbeeld wel aanmoedigen bij een therapeutische bewegingsoefening, of als tijdverdrijf fungeren tijdens het wachten op een arts. Deze gesprekken zijn echter te oppervlakkig om daadwerkelijk sociale banden aan te gaan. Pepper is een robot die beter zou moeten zijn in sociale interactie dan Zora, maar ook bij hem laat het leren van ervaringen en reacties van mensen nog te wensen over. De gesprekken blijven nog steeds erg eenzijdig, maar de spraak klinkt al wel erg menselijk (Byford, 2014). Ook blijkt het emotieherkenningsmechanisme van Pepper nog niet voldoende te zijn (Alpeyev & Amano, 2016). Pepper werd in China daarom ook vooral veel gebruikt, omdat hij opzienbarend was, maar nadat de nieuwigheid eraf was bleek het gebruik ook terug te vallen (Tobe, 2016).

Deze kritiekpunten op de bestaande robots hebben overeenkomsten met de disciplinaire inzichten en de ontwikkelde *common ground*. De onderzoekers zijn op zoek gegaan naar mogelijkheden om de gebrekkige interactie en *the novelty effect* tegen te gaan. Hieruit zijn drie aanbevelingen voortgekomen:

1. de robot heeft een adequaat persoons- en emotieherkenningsstelsel nodig waarmee ook complexe emoties herkend kunnen worden;
2. de robot moet kunnen leren van ervaringen en reacties van mensen;
3. de robot moet een goede natuurlijktalverwerking hebben waardoor ook immateriële onderwerpen begrepen kunnen worden.

Met betrekking tot de eerste aanbeveling kan gezegd worden dat de technologie op dit moment nog niet ver genoeg is om alle emoties te herkennen. Uit het onderzoek uit hoofdstuk 1 is gebleken dat het *convolutional MKL* systeem slechts een selectie van basisemoties accuraat kan herkennen (Poria et al., 2016). Dit systeem herkent alleen de emoties blij, boos en verdrietig. Dit betekent dat de technologie nog niet zo ver is dat zij alle basisemoties kan classificeren, want volgens nieuwe geherdefinieerde definitie van basisemoties zijn dit er immers zes. Doordat er maar drie emoties herkend kunnen worden, kunnen niet alle combinaties gemaakt worden voor complexe emoties. Hierdoor kan adequate emotieherkenning dus nog niet plaatsvinden.

De robot Pepper kan al bepaalde emoties uiten en herkennen. Dit kan hij doen doordat elke emotie gekoppeld is aan een bepaalde reactie. Pepper kan dus alleen vaststaande reacties geven op een bijbehorende emotie (Alpeyev & Amano, 2016). Door gebruik te maken van *machine learning*, kan ervoor gezorgd worden dat de robot niet alleen vaststaande reacties geeft op het zien van een bepaalde emotie, maar dat hij ook zelf reacties kan inschatten en aanleren als de emotie niet helemaal overeenkomt met de voorgeschreven emotie.

Daarnaast kan de robot met *machine learning* leren welke reactie de gebruiker het prettigst vindt. Als de gebruiker boos is en Pepper reageert medelevend en de gebruiker vindt dit een fijne reactie, dan kan de robot zichzelf aanleren dat hij de volgende keer dat hij de boze emotie herkent opnieuw medelevend reageert. Op deze manier kan de robot echt leren van de interactie met de gebruiker en zou er een persoonlijke band kunnen ontstaan. Het is daarbij onvermijdelijk dat de robot dingen uitprobeert en dus met vallen en opstaan leert welke reactie gewenst is door de gebruiker.

Hoewel emotieherkenning baat kan hebben bij een verdere ontwikkeling en het gebruik van neurale netwerken en *machine learning*, is uit de integratie gebleken dat het gebruik van deze technologieën op dit moment een te hoog risico met zich meebrengt bij het realiseren van adequate gezichtsherkenning. Hiervoor moet dus een andere oplossing worden gezocht. Er kan gebruik gemaakt worden van een andere technologie, bijvoorbeeld *radio frequency identity* (RFID-chips). Eerder onderzoek heeft hiervan gebruikgemaakt met een positief effect (Kanda, Hirano, Eaton, & Ishiguro, 2004). De mens draagt een chip bij zich (bijv. in de smartphone of in het ondergoed of een broekriem) waarmee de robot de mens in een oogwenk kan herkennen door middel van radiogolven (Kanda et al., 2004). Op deze manier wordt het probleem van neurale netwerken en het maken van fouten die fataal zouden kunnen zijn voor de relatie omzeild.

Uit hoofdstuk 1 is gebleken dat goede natuurlijketaalverwerking belangrijk is om een band te creëren tussen de robot en de mens. Op dit moment kunnen sociale robots correcte zinnen vormen en basisbegrippen uit de taal begrijpen. Doordat het redeneren over natuurlijke taal nog niet ver genoeg is, worden de gesprekken echter snel eenzijdig. De gesprekken bestaan vooral uit oppervlakkige vragen die gesteld worden door de robot. Om dit te verbeteren moet de robot kennis krijgen van de wereld, moet de robot om kunnen gaan met deze feiten, moet hij emoties kunnen interpreteren in gesprekken en daarnaast ook nog rekening houden met culturele nuances (Cambria & White, 2014).

Als technologische-vereisten valt te concluderen dat de sociale robot om emotionele eenzaamheid te kunnen bestrijden een goede emotieherkenning nodig heeft, geen fouten mag maken in de persoonsherkenning, moet kunnen leren van acties en reacties van mensen en dat de natuurlijketaalverwerking die van de mens moet evenaren. De huidige technologie kan aan de meeste eisen echter nog niet voldoen.

4.3.2 Positioneringsvereisten

Positionering is de manier waarop een product ‘in de markt gezet’ wordt. Bedrijven streven ernaar om een product zo in de markt te zetten dat deze een bepaalde positie inneemt in de markt ten opzichte van de concurrentie. Deze positie wordt echter altijd subjectief ervaren door de consument. In het geval van de sociale robot bleek de positionering van de robot belangrijke gevolgen te hebben voor de acceptatie en het gebruik ervan. Uit het disciplinaire onderzoek van NWI bleek dat de robot wordt gepositioneerd als een hulpmiddel voor oudere, hulpbehoevende en eenzame mensen (zie hoofdstuk 2). Waar de ontwerpers echter vaak geen rekening mee hadden gehouden was dat de beoogde doelgroep, de oudere, hulpbehoevende en eenzame mensen, zichzelf niet zagen als de doelgroep. Als gevolg adopteerden zij de robot niet, omdat zij niet geassocieerd wilden worden met deze positie (Neven & Leeson, 2015).

Bij het positioneren van een sociale robot moet daarom rekening worden gehouden met de perceptie van de beoogde gebruikers. Een robot tegen eenzaamheid mag niet geassocieerd worden met negatieve gebruikersrollen, zoals een eenzame oudere. Om dit te kunnen bewerkstelligen moet er volgens Neven en Leeson (2015) een positieve gebruikersrol gecreëerd worden. De robot kan bijvoorbeeld neergezet worden als een statussymbool, waardoor de gebruiker zichzelf als ‘hip’ ziet. Op deze manier kan iemand een robot kopen, die bedoeld is om eenzaamheid te bestrijden, zonder dat het woord eenzaamheid er bij de positionering aan te pas komt. Anderen stellen dat ontwerpers bewust ruimte voor ambiguïteit in gebruiksredenen moeten overlaten, zodat het kopen van de sociale robot niet direct geassocieerd wordt met een

bepaalde marktpositie (Sokoler & Svensson, 2007). Op deze manier kunnen gebruikers de robot gebruiken, zonder dat ze hun intenties direct hoeven te uiten aan de buitenwereld. Zo hoeven zij dus niet aan iedereen te bekennen dat zij zich eenzaam voelen (Sokoler & Svensson, 2007).

Bij het positioneren van de robot moeten ook de privacy kwesties in ogenschouwen genomen worden. Uit studies naar gebruik bleek dat onduidelijkheden over privacy en privacy schending zorgden voor onbruik en niet-gebruik. Als bij de positionering van de robot duidelijk wordt gemaakt welke informatie gedeeld wordt en welke informatie nodig is voor gebruik, kunnen gebruikers daarmee rekening houden en hun beslissing tot aanschaf daarop afstellen.

Uit de uitkomsten van het onderzoek kunnen voorzichtige vereisten, of eigenlijk richtlijnen rondom positionering opgesteld worden. Deze zijn: vermijd negatieve gebruikersrollen, probeer positieve rollen te creëren of laat ruimte over voor ambiguïteit in gebruiksredenen en houd ten slotte rekening met privacy kwesties.

4.3.3 Ontwerpvereisten

Met betrekking tot het ontwerp van de sociale robot is er uit dit onderzoek niet een ideaal ontwerp naar voren gekomen, maar zijn er richtlijnen en vereisten geïdentificeerd waarmee in het ontwerp rekening gehouden moet worden.

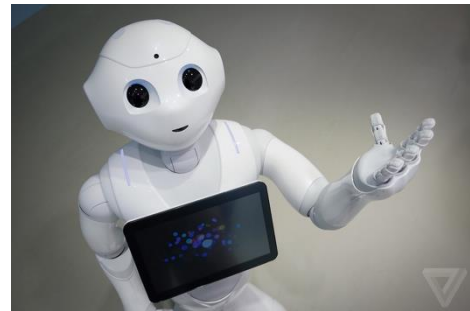
Uit het disciplinaire onderzoek van NWI is naar voren gekomen dat de robot bovenal veilig moet zijn. Met veilig wordt bedoeld dat de robot geen mensen verwondt of spullen in het huishouden kapot maakt. Sommige robots, zoals Roomba, hadden hier soms nog moeite mee en raakten objecten in het huishouden tijdens het gebruik (Sung et al., 2010). Een voorbeeld van een slimme oplossing hiervoor is geïmplementeerd in de robot Kuri. Deze robot heeft een ingebouwd *lasersysteem* dat de locatie van muren en meubels op de millimeter af kan bepalen en daarmee een plattegrond kan vormen van zijn omgeving. Daarnaast kan hij ter plaatse bepalen waar hij is en waar hij wel en niet heen kan (Wiggers, 2017). Op deze manier kunnen botsingen voorkomen worden.

Daarnaast moet de robot zelf niet te snel kapotgaan. Een ontwerp dat tegen een stootje kan is daarom belangrijk. De robot moet ook passen in een huishouden. Hiermee wordt bedoeld dat de robot niet te groot of te zwaar mag zijn en daarnaast gemakkelijk te onderhouden moet zijn. Vooral als de robot gebruikt wordt door ouderen, die over het algemeen fragieler en minder goed ter been zijn, is deze kwestie belangrijk.

De voorgaande vereisten zijn vooral kwesties waar rekening mee gehouden moet worden in het ontwerp. De *Uncanny Expectation Valley*theorie, die is beschreven in de

integratie, heeft drie implicaties van waaruit richtlijnen kunnen worden opgesteld voor het ontwerpen van de sociale robot.

Ten eerste moeten ontwerpers voorkomen dat de *robotlikeness* tussen de 70-95 % belandt, want dan valt het ontwerp in de *Uncanny Valley*, waardoor de robots minder gebruikt worden. Ontwerpers zijn zich hier al van bewust. Zo heeft de robot Pepper een menselijke vorm maar is hij gemaakt van plastic en is hij veel kleiner dan de mens zoals zichtbaar in figuur 15.



Figuur 15 - Pepper de robot

Volgens *The Verge* is Pepper daarom “More reminiscent of a household appliance than a threatening Cylon or Cyberman. The hardware strikes an attractive balance between recognizably humanlike and reassuringly utilitarian, with no hint of the Uncanny Valley.” (Byford, 2014). De *likeness* is dus zo ontworpen dat deze niet in de *Uncanny Valley* valt.

Ten tweede moeten ontwerpers altijd rekening houden met de stijgende verwachting die hoort bij een stijgende *likeness*. De ontwerpers van Kuri hebben er bewust voor gekozen om Kuri geen menselijke stem te geven, omdat dit de verwachting van Kuri verhoogt (Wiggers, 2017).

Ten derde, als een honderd procent lijkende robot gemaakt wordt om zo de *Uncanny Valley* te ontwijken, moet opnieuw rekening gehouden worden met de verwachtingen die mensen hebben bij zo’n honderd procent lijkende robot. Deze moet dan in functioneel opzicht ook voldoen aan de verwachting die mensen hebben bij dat ontwerp. Dat is op dit moment echter nog niet mogelijk, maar zal voor de toekomst zeker het overwegen waard zijn.

In kort betekent dit dat er gekozen moet worden voor een ontwerp dat niet te veel op mensen lijkt, want dat schept ook geen hoge verwachtingen. Een erg lijkend ontwerp is alleen mogelijk als de technologie goed genoeg is om te kunnen voldoen aan de verwachting die bij dit ontwerp hoort. Alleen dan kan een robot met een menselijk ontwerp ook effectief zijn.

In de voorgaande alinea's zijn de vereisten per categorie beschreven, maar wat betekenen deze vereisten voor het bestrijden van eenzaamheid? In de inleiding is onderscheid gemaakt tussen twee soorten eenzaamheid. Sociale eenzaamheid wordt veroorzaakt door een tekort aan sociale contacten, terwijl emotionele eenzaamheid het gevolg is van een gebrek aan kwalitatieve relaties.

Om sociale eenzaamheid aan te pakken is het voldoende als gebruikers door middel van de robot met andere mensen in contact komen. De robot dient dan als aanleiding voor en onderwerp van een gesprek. Bij het ontwerpen van een dergelijke robot is het van belang dat

de ontwerp en positioning vereisten gevolgd worden. De technologische vereisten hoeven daarbij niet volledig gehaald te worden, omdat er niet per se een intieme band met de robot gevormd hoeft te worden. De onderzoekers verwachten echter wel dat een robot die technologisch beter ontwikkeld is, succesvoller zal zijn in het bestrijden van sociale eenzaamheid. Dit is echter geen gegeven.

De mens moet in staat zijn een emotionele band met de robot te vormen om het probleem van emotionele eenzaamheid te kunnen verminderen. In de *attachment theory*, die wordt beschreven in hoofdstuk 1, wordt duidelijk dat relaties met *attachment figures* zorgen voor minder eenzaamheid (Hazan & Shaver, 1994). De robot moet dus zo'n *attachment figure* worden voor de mens. Op dit moment is dit nog niet mogelijk, omdat de technologie in de sleutelvoorwaarden, emotieherkenning en taalverwerking nog niet goed genoeg is.

5. Conclusie en Discussie

5.1 Conclusie

Eenzaamheid is een groeiend probleem in de samenleving. In deze scriptie is onderzocht aan welke vereisten een sociale robot moet voldoen om ingezet te kunnen worden als middel tegen eenzaamheid. Om dit vraagstuk te onderzoeken is gekozen voor een interdisciplinaire aanpak. Dit is gedaan, omdat het een complex vraagstuk betreft dat verschillende componenten heeft. De verschillende componenten hebben elk een ander disciplinair karakter. Als er een disciplinair antwoord gegeven wordt op de hoofdvraag, wordt er dus maar een van de componenten van het vraagstuk bestudeerd. Dit leidt tot een incompleet antwoord.

Onderzoekers uit de gebieden informatica (CS), cognitieve en neurobiologische psychologie (CNP) en natuurwetenschap en innovatiemanagement (NWI) hebben daarom samengewerkt om een zo compleet mogelijk antwoord te geven op de hoofdvraag. Ze hebben eerst vanuit de eigen disciplines naar dit probleem gekeken en vervolgens de disciplinaire inzichten geïntegreerd om tot een breder begrip te komen. Deze integratie is gedaan door de integratietechnieken organisatie, herdefinitie, transformatie en extensie toe te passen op verschillende concepten om zo een *common ground* te scheppen tussen de disciplines (Repko, 2008). Deze *common ground* diende als fundering van het interdisciplinaire synergetische antwoord op de gestelde hoofdvraag.

Vanuit CS is gekeken naar de uitdagingen die het programmeren van leren van situaties en menselijke interactie met zich mee brengen. Bij menselijke interactie moet er rekening gehouden worden met zowel natuurlijketaalverwerking als emotieherkenning, omdat beide een grote rol spelen. Bij zowel het leren van situaties, als natuurlijketaalverwerking, als emotieherkenning, is de ontwikkeling van neurale netwerken de sleutel. De bevinding vanuit deze discipline is dan ook dat voordat sociale robots alle eenzaamheid kunnen bestrijden, er meer ontwikkeling moet komen in de neurale netwerken.

NWI beschreef op welke manier sociale robots gedomesticeerd worden. Uit langetermijnstudies blijkt dat het domesticeren van sociale robots moeizaam gaat. De aanschaf van robots wordt vaak geschuwd, en als ze wel in gebruik genomen werden was dit vaak niet voor lang. De robots zullen daarom beter moeten voldoen aan de behoeften van gebruikers. Nu wordt door ontwerpers te vaak de nadruk gelegd op de *technology-push* benadering. Daarnaast moet goed nagedacht worden over het imago dat de robot krijgt en moet de robot zo ontworpen worden dat deze veilig en stevig is.

Vanuit het perspectief van CNP is er in het derde hoofdstuk gezocht naar een antwoord op de deelvraag: *In hoeverre zijn robots geschikt om mens-mensinteractie te vervangen door mens-robotinteractie*. Er is gekeken naar verschillende aspecten van mens-mensinteractie en er is literatuuronderzoek gedaan naar mens-robotinteractie en de implicaties hiervan. Er kan worden geconcludeerd dat het op dit moment niet mogelijk is om robots op dezelfde manier te laten werken als de mens, maar dat dit ook geen probleem hoeft te zijn. Naar aanleiding van dit onderzoek blijkt dat bij de ontwikkeling van sociale robots eerder gekeken zou moeten worden naar robots als een oplossing voor eenzaamheid, dan het perfect namaken van mens-mensinteractie. Dat hoeft dus niet te betekenen dat de robot eerst perfect menselijk gemaakt moet worden om daarmee eenzaamheid te verminderen.

De disciplinaire delen geven ieder hun eigen inzichten over wat er vanuit dat perspectief nodig is voor sociale robots, maar door hier een opsomming van te maken ontstond er nog geen nieuwe kennis. Er bestonden ook conflicten tussen de inzichten, waardoor de vorming van een *common ground* nodig was. Deze conflicten werden opgesomd in tabel 1.

De *common ground* tussen deze disciplines werd gevormd door drie conflicten op te lossen door middel van verschillende integratietechnieken. Een van de conflicten tussen de drie disciplines was dat CS en NWI ervan uitgaan dat er geleerd moet worden van fouten, en dat er dus ook fouten moeten worden gemaakt, terwijl CNP en NWI stellen dat fouten maken kan leiden tot een ernstige relatiebreuk tussen de robot en de mens en dat dit dus vermeden moet worden. Door de inzichten op een continuüm in te delen en een tussenweg te vinden werden de inzichten met elkaar geïntegreerd. Dit gaf inzicht in een completere oplossing dan simpelweg het ene inzicht aannemen en het andere verwerpen. Wanneer bijvoorbeeld uitgegaan was van het feit dat er volgens CNP en NWI absoluut geen fouten gemaakt mogen worden, zou er een conflict blijven met CS. In dit geval is de oplossing een goede bepaling maken van welke fouten er wel gemaakt mogen worden en welke absoluut vermeden moeten worden.

Een ander conflict werd gevonden tussen NWI en CNP. NWI neemt namelijk aan dat persoonlijke verwachtingen gekoppeld zijn aan de beoordeling van en reactie op de robot, terwijl CNP aanneemt dat de reactie op de robot vooral afhangt van de menselijkheid zoals beschreven in de *Uncanny Valley*theorie. Door extensie toe te passen op deze theorie werd deze verbreed zodat het ook de inzichten over het verband tussen verwachting en *likeness* kon meenemen waardoor een nieuwe theorie is ontwikkeld, de *Uncanny Expectation Valley*theorie. De meerwaarde van deze theorie is dat hierdoor drie ontwerprichtlijnen opgesteld zijn, die geen van de disciplines individueel hadden opgesteld.

Om de hoofdvraag kort en bondig samen te vatten kan geconcludeerd worden dat volgens dit interdisciplinaire onderzoek de minimale eisen waar een robot aan zou moeten voldoen, om te helpen tegen eenzaamheid als volgt zijn:

1. de robot moet goede natuurlijke taalverwerking hebben, waarmee ook immateriële onderwerpen begrepen kunnen worden;
2. de robot moet op een adequate manier complexe en basisemoties kunnen herkennen;
3. de robot moet geen fouten maken in het herkennen van personen;
4. de robot moet kunnen leren van ervaringen en reacties van mensen;
5. bij het positioneren van de robot moeten negatieve gebruikersrollen vermeden worden;
6. in plaats daarvan moet geprobeerd worden een positieve rollen te creëren of moet er ruimte over gelaten worden voor ambiguïteit of het bepalen van de eigen gebruikersrol;
7. bij het positioneren van de robot moet rekening gehouden worden met privacy kwesties;
8. het ontwerp van de robot moet veilig en robuust zijn en de robot moet passen in een huishouden;
9. bij het ontwerpen van de robot moet rekening gehouden worden met de implicaties van de *Uncanny Expectation Valleytheorie*: 1.) houd de *likeness* beneden de 70% 2.) houd rekening met een stijgende verwachting bij een stijgende *likeness* 3.) een 100% *likeness* vereist technologie die aansluit bij de 100% *likeness*.

5.2 Discussie

In deze scriptie is gekozen voor een interdisciplinaire aanpak. De meerwaarde van deze aanpak blijkt uit de nieuwe kennis die is opgedaan door de integratie en de vereisten die aan de hand hiervan zijn opgesteld. Deze vereisten zouden zonder deze interdisciplinaire aanpak niet boven gekomen zijn. Zoals beschreven is in 4.2 leidden de disciplinaire inzichten in sommige gevallen tot conflicten en daarom kon geen van de disciplines een compleet antwoord geven op de hoofdvraag. Daarnaast werd door de interdisciplinaire aanpak het ‘kiezen’ van vereisten vermeden. Door alle inzichten te ordenen in een tabel werd inzichtelijk hoe de inzichten zich tot elkaar verhielden en werden alleen daar waar nodig integratietechnieken toegepast. Op deze manier bleef er genoeg ruimte over voor de disciplinaire inzichten die niet conflicteren en werden alle disciplinaire inzichten als gelijkwaardig gezien en gebruikt. Kiezen voor de resultaten van één discipline was daardoor niet nodig.

Hoewel de interdisciplinaire aanpak heeft gezorgd voor een groter en omvattender antwoord en een gelijkwaardige vertegenwoordiging van de disciplines in dat antwoord, betekent dit niet dat de aanpak geen limitaties kent. De keuze voor de disciplines CS, NWI en CNP zijn gerechtvaardigd, doordat zij alle drie iets zeggen over het fenomeen sociale robots, maar dit neemt niet weg dat er niet meerdere disciplines relevant zijn.

Een antropologische invalshoek had kunnen bijdragen aan een beter begrip van culturele verschillen bij het accepteren en gebruiken van robots in de samenleving. Nu hebben de onderzoekers weinig aandacht besteed aan culturele verschillen, omdat dit in de disciplinaire literatuurstudies niet aan bod kwam.

Klinische psychologie had daarnaast een bijdrage kunnen leveren aan een beter begrip van therapievormen omtrent eenzaamheid en wat de invloed hiervan is op de mens als individu.

De definitie van eenzaamheid die gebruikt is in deze scriptie is afkomstig uit sociologie, omdat geen van de individuele disciplines een directe definitie heeft geformuleerd voor dit begrip. De onderzoekers hebben geprobeerd het gemis van deze discipline te verhelpen door een breed gedeelde definitie van eenzaamheid als waar aan te nemen. Een socioloog had ook inzicht kunnen geven in de verschillende definities en de redenen daarvoor. Daarnaast had er vanuit sociologie ook gekeken kunnen worden naar wat de komst van robots betekent voor de sociale relaties tussen mensen in de samenleving en wat dit betekent voor eenzaamheid. Daar zouden dan ook het post-humanisme en filosofie een rol in kunnen spelen. Ook is het wettelijke aspect, mede rondom privacy, een belangrijk onderdeel dat hier nu niet uitvoerig besproken is.

Tot slot had ook de bijdrage van robotica nuttig kunnen zijn om inzicht te leveren in de mogelijkheden van fysiek contact met robots bij het verhelpen van eenzaamheid. Waar CS vooral gaat over het softwarematig problemen oplossen, had de robotica kunnen helpen bij het ontwerp en het handelen van de echte robots.

De grootste limitatie van dit onderzoek is dus dat het niet alle belangrijke inzichten heeft kunnen meenemen. Het onderzoek geeft echter wel inzicht in de bijdragen van CS, NWI en CNP en zorgt daarmee voor een belangrijke bijdrage in het ontwikkelen van sociale robots tegen eenzaamheid. Toekomstig disciplinair onderzoek zou zich kunnen focussen op het aandragen van deze missende disciplinaire invalshoeken. Interdisciplinair onderzoek is nodig om deze disciplinaire inzichten met elkaar en met de kennis die in dit onderzoek al gegenereerd is te verenigen. Dit zou een uitgebreider pakket van vereisten kunnen opleveren voor de sociale robot.

Een interessante onderzoeksrichting zou het verkennen van het voorstel van Meister (2014) kunnen zijn. In hoofdstuk 2 is beschreven dat volgens Meister (2014) toepassing van de

Sociological Theory of Action in robots, robots kan helpen om te gaan met de complexiteit van sociale relaties. Hierdoor kan de robot beter inschatten hoe hij moet reageren in complexe situaties. Uit ons onderzoek is gebleken dat de technologie voor emotieherkenning en natuurlijketaalverwerking (beide onderdelen van sociale relaties) nog niet adequaat is. Het zou interessant zijn om te onderzoeken hoe de sociologische theorie een bijdrage kan leveren aan het omgaan met de complexiteit van sociale relaties en hoe dit bijvoorbeeld te verenigen valt met de inzichten uit CS.

De verhoudingen tussen de individuele bijdragen waren grotendeels complementair. Elke discipline had een eigen bijdrage, of zoals in de Senseocampus een eigen object, die leidde tot het grotere geheel. CS heeft vooral gekeken naar het technologische aspect van robots: de softwareuitdagingen en technologieën rond sociale interactie en *machine learning*. Door CNP werd ook naar sociale interactie gekeken, maar dit werd met een andere focus gedaan. In deze bijdrage werd de mens centraal gesteld en werden vraagstukken behandeld als: wat zijn emoties, wat is empathie en hoe ontstaan deze in de mens? Daarna is bekeken hoe de mens reageert op de robot en of dit volgens dezelfde mechanismen werkt. De bijdrage van CNP leidde tot een beter inzicht in mechanismen die zorgen voor emotie en empathie in mensen. Deze kennis is belangrijk voor de verdere ontwikkeling van software en technologieën bedoeld voor sociale interactie. CNP vormt daarmee een aanvulling op CS.

De inzichten van NWI zijn gebaseerd op bevindingen van studies naar robotgebruik. Deze disciplinaire bijdrage zorgt daarmee voor een soort toetsing van wat in de andere studies wordt onderzocht: Is de technologie al voldoende om sociale interactie mogelijk te maken? Is mens-robotinteractie al goed genoeg om mens-mensinteracties te vervangen? In deze bijdrage werd bekeken hoe gebruikers reageerden op de robots en wat ze van de interactie met de robots vonden. De bijdrage van NWI leverde naast inzichten rondom de stand van de technologie ook inzichten op die niet in de andere disciplines aan bod kwamen en is daarmee zowel een toetsing aan de werkelijkheid van sociale robots en een aanvulling. De disciplinaire en de interdisciplinaire inzichten die ontstonden na het oplossen van de conflicten leidden tot een omvattend antwoord op de hoofdvraag.

De disciplinaire hoofdstukken hebben ook limitaties. In het eerste hoofdstuk wordt er een poging gedaan om de nieuwste technieken die betrekking hebben op sociale robots in het gebied van CS op een rijtje te zetten. De ontwikkelingen gaan in dit gebied echter razendsnel, waardoor de technieken die op dit moment het meest belovend lijken, misschien irrelevant blijken over een korte tijd. Ook zijn de gebruikte onderzoeken over emotieherkenning en natuurlijketaalverwerking uitgevoerd over een al verzamelde set data, terwijl een sociale robot

zelf data moet verzamelen om die vervolgens ter plekke te verwerken. Tussen het verzamelen en de uiteindelijke verwerking van de data, moet de data klaargemaakt worden voor de verwerking zelf en dit kan kostbaar zijn in tijd of computatiekracht. Uiteindelijk kan deze extra stap als gevolg hebben dat de technieken niet bruikbaar zijn voor sociale robots, omdat de totale tijd die nodig is voor de verwerking te lang is.

Bij NWI is ervoor gekozen alleen te kijken naar robotgebruik in huishoudens en niet naar robots in zorginstellingen. Dit had als gevolg dat een groep gebruikers niet meegenomen is in dit onderzoek, terwijl deze groep vaak het meest eenzaam is. De reden hiervoor was dat robots in zorginstellingen vaak gedeeld worden met andere bewoners en de gebruiker daarom niet constant de tijd had de robot individueel te gebruiken. Dit maakte het lastig de uitkomsten van de studies te vergelijken. Een andere limitatie was dat er maar een beperkt aantal artikelen over langetermijngebruik te vinden waren die voldeden aan de eisen die de onderzoeker had gesteld. De resultaten uit de studies kwamen echter grotendeels overeen, wat de uitkomsten van het onderzoek weer versterkte.

CNP is een multidisciplinaire discipline. Dat levert veel kennis op, maar brengt ook limitaties met zich mee. De validiteit van het literatuuronderzoek kan beïnvloed worden door verschillende kenmerkende aspecten van CNP. Een van deze aspecten is de verscheidenheid aan epistemologieën die de multidisciplinaire discipline met zich meedraagt. Dit heeft als gevolg dat er op verschillende wijzen aannames worden gedaan voorafgaand aan empirisch onderzoek. Een voorbeeld hiervan is de *Uncanny Valley*theorie van Mori, een hypothese waarvan veel gebruikt wordt gemaakt binnen deze discipline. Mori was een roboticus en beschreef dat de *valley* bij ongeveer zeventig procent menselijkheid zou optreden. Een deel van de neuropsychologen vraagt zich af waar deze zeventig procent op gebaseerd is en probeert door middel van empirisch onderzoek deze hypothese te bevestigen of te verwerpen. Door de verschillende aannames die gedaan worden, zullen ook verschillende resultaten gevonden worden, wat de validiteit kan beïnvloeden.

Daarnaast bleek uit het literatuuronderzoek dat er op dit moment eigenlijk te weinig kennis is van het menselijk brein om echt sterke uitspraken te doen over de werking hiervan. Er is niet alleen veel tegenstrijdig onderzoek gevonden, maar er werden bijvoorbeeld ook veel concepten door elkaar gebruikt. Het is van groot belang dat er binnen de discipline wordt gewerkt zonder verschil in definities, maar het hoeft geen probleem te zijn dat er nog te weinig kennis bestaat over de werking van het menselijk brein. Het doel van het ontwikkelen van een sociale robot die ingezet gaat worden als middel tegen eenzaamheid zou niet moeten zijn om een ‘nieuw soort mens’ te ontwikkelen die het personeelsprobleem in de zorg op gaat lossen,

want die robot zou meteen ook geschikt zijn om tal van andere problemen op te lossen. Met dit inzicht is het probleem dat de wetenschap nog niet ver genoeg is, ook verholpen. De robot zou namelijk helemaal niet exact hoeven te werken als de mens, en op die manier zijn we op dit moment al een stuk dichterbij de realisatie van een sociale robot die het eenzaamheidsprobleem kan tegengaan. Ook moet als kanttekening gesteld worden dat er binnen deze discipline vanuit wordt gegaan dat wanneer men exact weet hoe het menselijk brein werkt, dat dit technisch ook nageemaakt kan worden. Dat is echter nog maar de vraag, zoals blijkt uit het disciplinaire deel van CS. Maar, zoals eerder gezegd, wanneer niet getracht wordt de mens exact na te maken, zal dit eventuele probleem ook ontweken kunnen worden. Wel is het dus van belang dat er in de toekomst binnen de discipline meer eenheid gevormd zal moeten worden in bijvoorbeeld gebruik van definities tijdens empirisch onderzoek om meer valide literatuuronderzoek te kunnen doen.

6. Literatuurlijst

- Alpeyev, P., & Amano, T. (2016). A Japanese Billionaire's Robot Dreams Are on Hold - Bloomberg. Retrieved April 13, 2017, from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-10-27/a-japanese-billionaire-s-robot-dreams-are-on-hold>
- Barrett, L. F. (2006). Solving the emotion paradox: Categorization and the experience of emotion. *Personality and Social Psychology Review*, 10(1), 20–46.
- Berker, T., Hartmann, M., Punie, Y., & Ward, K. (2006). *Domestication of media and technology*. Open University Press.
- Bickmore, T. W., Caruso, L., Clough-Gorr, K., & Heeren, T. (2005). “It”’s just like you talk to a friend’ relational agents for older adults. *Interacting with Computers*. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2005.09.002>
- Blow, M., Dautenhahn, K., Appleby, A., Nehaniv, C. L., & Lee, D. C. (2006). Perception of robot smiles and dimensions for human-robot interaction design. In *Robot and Human Interactive Communication, 2006. ROMAN 2006. The 15th IEEE International Symposium on* (pp. 469–474).
- Booijnk, M. (2015). Aanpak eenzaamheid blijft symptoombestrijding | Movisie. Retrieved February 13, 2017, from <https://www.movisie.nl/artikel/aanpak-eeenzaamheid-blijft-symptoombestrijding>
- Broadbent, E., Stafford, R., & MacDonald, B. (2009). Acceptance of healthcare robots for the older population: Review and future directions. *International Journal of Social Robotics*. <https://doi.org/10.1007/s12369-009-0030-6>
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of*

Psychology, 77(3), 305–327.

Byford, S. (2014). I met an emotional robot and felt nothing | The Verge. Retrieved April 13, 2017, from <http://www.theverge.com/2014/6/19/5820080/meeting-softbank-pepper-robot>

Calder, A. J., & Young, A. W. (2005). Understanding the recognition of facial identity and facial expression. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(8), 641–651.

Cambria, E., & White, B. (2014). Review article. *IEEE COMPUTATIONAL INTELLIGENCE MAGAZINE*, (May), 48–57. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1112830>

Cannon, W. B. (1927). The James-Lange theory of emotions: A critical examination and an alternative theory. *The American Journal of Psychology*, 39(1/4), 106–124.

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2017). CBS StatLine - Bevolking; kerncijfers. Retrieved April 10, 2017, from <http://statline.cbs.nl/statweb/publication/?vw=t&dm=slnl&pa=37296ned&d1=0-2,8-13,19-21,25-35,52-56,68&d2=0,10,20,30,40,50,60,64-65&hd=151214-1132&hdr=g1&stb=t>

Cesta, A., Cortellessa, G., Orlandini, A., & Tiberio, L. (2016). Long-Term Evaluation of a Telepresence Robot for the Elderly: Methodology and Ecological Case Study. *International Journal of Social Robotics*. <https://doi.org/10.1007/s12369-016-0337-z>

Chan, M., Campo, E., Estève, D., & Fourniols, J. Y. (2009). Smart homes - Current features and future perspectives. *Maturitas*, 64(2), 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2009.07.014>

Clarkson, T. G. (1996). *Introduction to neural networks*. *Neural Network World* (Vol. 6). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(95\)91746-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(95)91746-2)

- Coalitie Erbij. (2015). Feiten en cijfers rond eenzaamheid. Retrieved February 13, 2017, from <https://www.eenzaam.nl/over-eeenzaamheid/75-feiten-en-cijfers-rond-eeenzaamheid>
- Collet, C., Vernet-Maury, E., & Dittmar, A. (1997). Autonomic nervous system response pattern specificity to basic emotions. *International Journal of Psychophysiology*, 25(1), 53–54.
- Dautenhahn, K. (1998). The art of designing socially intelligent agents: Science, fiction, and the human in the loop. *Applied Artificial Intelligence*, 12(7–8), 573–617.
- Dautenhahn, K. (2003). Roles and functions of robots in human society: implications from research in autism therapy. *Robotica*, 21(4), 443–452.
- Dautenhahn, K. (2007). Socially intelligent robots: dimensions of human--robot interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), 679–704.
- Dautenhahn, K., Woods, S., Kaouri, C., Walters, M. L., Koay, K. L., & Werry, I. (2005). What is a robot companion-friend, assistant or butler? In *Intelligent Robots and Systems, 2005.(IROS 2005). 2005 IEEE/RSJ International Conference on* (pp. 1192–1197).
- Davis, M. H. (1983). A Multidimensional Approach to Individual Differences in Empathy. *Journal of Personality and Social Psychology*, 44(1), 113–126.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.44.1.113>
- De Graaf, M., Allouch, S. Ben, & Klamer, T. (2015). Sharing a life with Harvey: Exploring the acceptance of and relationship-building with a social robot. *Computers in Human Behavior*. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.030>
- De Graaf, M., Allouch, S. Ben, & Van Dijk, J. (2017). Why Do They Refuse to Use My Robot?: Reasons for Non- Use Derived from a Long-Term Home Study, 224–233.

<https://doi.org/10.1145/2909824.3020236>

De Graaf, M., Allouch, S. Ben, & Van Dijk, J. A. G. M. (2014). Long-term evaluation of a social robot in real homes.

Deken, F., & Lauche, K. (2014). Coordinating Through the Development of a Shared Object: an Approach To Study Interorganizational Innovation. *International Journal of Innovation and Technology Management*, *11*(1), 1440002.

<https://doi.org/10.1142/S0219877014400021>

Di Stefano, G., Gambardella, A., & Verona, G. (2012). Technology push and demand pull perspectives in innovation studies: Current findings and future research directions. *Research Policy*, *41*(8), 1283–1295. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.03.021>

Dimberg, U., & Thunberg, M. (1998). Rapid facial reactions to emotional facial expressions. *Scandinavian Journal of Psychology*, *39*(1), 39–45.

DiSalvo, C. F., Gemperle, F., Forlizzi, J., & Kiesler, S. (2002). All robots are not created equal: the design and perception of humanoid robot heads. In *Proceedings of the 4th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques* (pp. 321–326).

Ekman, P. (1992). Are there basic emotions?

Ekman, P., & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, *17*(2), 124.

Fernaesus, Y., Håkansson, M., Jacobsson, M., & Ljungblad, S. (2010). How do you Play with a Robotic Toy Animal ? A long-term study of Pleo.

Fong, T., Nourbakhsh, I., & Dautenhahn, K. (2003). A survey of socially interactive robots. In *Robotics and Autonomous Systems*. [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(02\)00372-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(02)00372-X)

- Frennert, S., Efrting, H., & Östlund, B. (2017). Case Report: Implications of Doing Research on Socially Assistive Robots in Real Homes. *International Journal of Social Robotics*.
<https://doi.org/10.1007/s12369-017-0396-9>
- Griffiths, P. E. (2002). Basic emotions, complex emotions, Machiavellian emotions.
- Haag, A., Goronzy, S., Schaich, P., & Williams, J. (2004). Emotion recognition using biosensors: First steps towards an automatic system. In *Tutorial and research workshop on affective dialogue systems* (pp. 36–48).
- Hanson, D. (2006). Exploring the aesthetic range for humanoid robots. In *Proceedings of the ICCS/CogSci-2006 long symposium: Toward social mechanisms of android science* (pp. 39–42).
- Hanson, D., Olney, A., Prilliman, S., Mathews, E., Zielke, M., Hammons, D., ... Stephanou, H. (2005). Upending the uncanny valley. In *Proceedings of the national conference on artificial intelligence* (Vol. 20, p. 1728).
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223–233.
- Hazan, C., & Shaver, P. R. (1994). Attachment as an Organizational Framework for Research on Close Relationships. *Psychological Inquiry*, 5(1), 68–79.
<https://doi.org/10.1207/s15327965pli0501>
- Heerink, M., Kröse, B., Evers, V., & Wielinga, B. (2010). Assessing acceptance of assistive social agent technology by older adults: The almere model. *International Journal of Social Robotics*. <https://doi.org/10.1007/s12369-010-0068-5>
- Heylen, D., van Dijk, B., & Nijholt, A. (2012). Robotic Rabbit Companions: Amusing or a nuisance? *Journal on Multimodal User Interfaces*. <https://doi.org/10.1007/s12193-011->

- Ho, C.-C., & MacDorman, K. F. (2010). Revisiting the uncanny valley theory: Developing and validating an alternative to the Godspeed indices. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1508–1518.
- HU Onderzoek. (2016). Lectoraat Vraaggestuurde Zorg - HU Onderzoek. Retrieved March 27, 2017, from <https://www.onderzoek.hu.nl/Kenniscentra/Innovatie-van-Zorgverlening/Lectoraat-Vraaggestuurde-Zorg>
- Hutson, S., Lim, S. L., Bentley, P. J., & Bianchi-berthouze, N. (n.d.). Investigating the Suitability of Social Robots for the Wellbeing of the Elderly, 578–587.
- Hutson, S., Lim, S. L., Bentley, P. J., Bianchi-Berthouze, N., & Bowling, A. (2011). Investigating the Suitability of Social Robots for the Wellbeing of the Elderly. *LNCS*, 6974, 578–587.
- James, W. (1884). What is an emotion? *Mind*, 9(34), 188–205.
- Jerritta, S., Murugappan, M., Nagarajan, R., & Wan, K. (2011). Physiological signals based human emotion recognition: a review. In *Signal Processing and its Applications (CSPA), 2011 IEEE 7th International Colloquium on* (pp. 410–415).
- Kanda, T., Hirano, T., Eaton, D., & Ishiguro, H. (2004). Interactive Robots as Social Partners and Peer Tutors for Children: A Field Trial. *Human-Computer Interaction*, 19(1), 61–84. https://doi.org/10.1207/s15327051hci1901&2_4
- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *Journal of Neuroscience*, 17(11), 4302–4311.
- Klamer, T., & Ben Allouch, S. (2010). Acceptance and use of a social robot by elderly users

in a domestic environment.

<https://doi.org/10.4108/ICST.PERVASIVEHEALTH2010.8892>

Kołakowska, A., Landowska, A., Szwoch, M., Szwoch, W., & Wróbel, M. R. (2014).

Emotion Recognition and Its Applications. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 300, 51–62. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08491-6_19

Krose, B., & Smagt, P. Van Der. (1996). *An introduction to Neural Networks*.

Kumar, A., Irsoy, O., Su, J., Bradbury, J., English, R., Pierce, B., ... Socher, R. (2015). Ask Me Anything: Dynamic Memory Networks for Natural Language Processing. *arXiv*, 1–10.

Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., & Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30(3), 261–273.

Leite, I., Martinho, C., & Paiva, A. (2013). Social Robots for Long-Term Interaction: A Survey. *International Journal of Social Robotics*, 5(2), 291–308.

<https://doi.org/10.1007/s12369-013-0178-y>

Levenson, R. W., Ekman, P., & Friesen, W. V. (1990). Voluntary facial action generates emotion-specific autonomic nervous system activity. *Psychophysiology*, 27(4), 363–384.

Lindquist, K. A., Siegel, E. H., Quigley, K. S., & Barrett, L. F. (2013). The hundred-year emotion war: are emotions natural kinds or psychological constructions? Comment on Lench, Flores, and Bench (2011).

Lipton, Z. C., & Elkan, C. (2016). Playing the Imitation Game with deep learning. *IEEE Spectrum*, 53(2), 40–45. <https://doi.org/10.1109/MSPEC.2016.7419799>

MacLean, P. D. (1949). Psychosomatic Disease and the“ Visceral Brain”: Recent Developments Bearing on the Papez Theory of Emotion. *Psychosomatic Medicine*,

11(6), 338–353.

Manning, C. D., & Schütze, H. (1999). Foundations of Statistical NLP.

McCloud, S. (1993). Understanding comics: The invisible art. *Northampton, Mass.*

Mehrabian, A., & Epstein, N. (1972). A measure of emotional empathy. *Journal of Personality*, 40(4), 525–543. <https://doi.org/10.1086/521907>

Meister, M. (2014). When is a robot really social? An outline of the Robot Sociologicus. *STI-Studies*, 10, 107–134.

Meyers, S., & Marquis, D. G. (1969). *Successful Industrial Innovation: A study of factors underlying innovation in selected firms*. National Science Foundation. Washington D.C.

Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., Rusu, A. a, Veness, J., Bellemare, M. G., ... Hassabis, D. (2015). Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature*, 518(7540), 529–533. <https://doi.org/10.1038/nature14236>

Mori, M., MacDorman, K. F., & Kageki, N. (2012). The uncanny valley [from the field]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(2), 98–100.

Mowery, D., & Rosenberg, N. (1979). The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies. *Research Policy*, 8(2), 102–153.

Neven, L. (2010). “But obviously not for me”: Robots, laboratories and the defiant identity of elder test users. *Sociology of Health and Illness*, 32(2), 335–347. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9566.2009.01218.x>

Neven, L., & Leeson, C. (2015). Beyond Determinism: understanding actual use of social robots by older people. In D. Prendergast & C. Garattini (Eds.), *Aging and the Digital Life Course* (pp. 84–102). New York: Berghahn.

Neven & Leeson 2015.pdf. (n.d.).

Oliveros, P. (2004). Tripping On Wires: The Wireless Body: Who is Improvising? *Critical Studies in Improvisation / Études Critiques En Improvisation*, 1(1).

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21083/csieci.v1i1.9>

Ouderenfonds. (n.d.). Feiten en cijfers - Het Nationaal Ouderenfonds. Retrieved March 28, 2017, from <https://www.ouderenfonds.nl/onze-organisatie/feiten-en-cijfers/>

Oudshoorn, N., & Pinch, T. (2003). *How users matter, the co-construction of users and technology*. Cambridge Massachussets: The MIT Press.

Papez, J. W. (1937). A proposed mechanism of emotion. *Archives of Neurology & Psychiatry*, 38(4), 725–743.

Peine, A., & Moors, E. H. M. (2015). Valuing health technology - habilitating and prosthetic strategies in personal health systems. *Technological Forecasting and Social Change*.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.08.019>

Peine, A., & Neven, L. (2011). Social-structural lag revisited. *Gerontechnology*, 10(3), 129–139.

Plutchik, R. E., & Conte, H. R. (1997). *Circumplex models of personality and emotions*.

American Psychological Association.

Poria, S., Chaturvedi, I., & Cambria, E. (2016). Convolutional MKL Based Multimodal Emotion Recognition and Sentiment Analysis. <https://doi.org/10.1109/ICDM.2016.178>

Purves, D., Cabeza, R., Huettel, S. A., LaBar, K. S., Platt, M. L., & Woldorff, M. G. (2008). Principles of Cognitive Neuroscience. In *Principles of Cognitive Neuroscience* (Second, pp. 319–358). Sinauer Associates.

- QBMT. (2015). *Het grote ZORA boek*. Retrieved from www.consyst.nl/wp-content/uploads/2015/04/QBMT_hetgroteZORAboek.pdf
- Repko, A. F. (2008). *Interdisciplinary research: Process and theory*. Sage.
- Retinal, V. W. I. O. F. T. H. E. (1897). Three dimensions of Emotion. *Psychological Review*, *IV*(4), 81–88.
- Rogers, E. (2003). *diffusion of innovations* (fifth edit). The Free Press.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the Black Box: Technology and Economics*. New York: Cambridge University Press.
- Russell, J. a., & Bullock, M. (1985). Multidimensional Scaling of Emotional Facial Expressions. *Similarity From Preschoolers to Adults*, *48*(5), 1290-1298.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.48.5.1290>
- Sabelli, A. M., Kanda, T., & Hagita, N. (2011). A Conversational Robot in an Elderly Care Center : an Ethnographic Study. <https://doi.org/10.1145/1957656.1957669>
- Schachter, S., & Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, *69*(5), 379.
- Schalkwijk, L. (2014). Robot Zora is steun en toeverlaat voor senioren | Binnenland | AD.nl. Retrieved April 28, 2017, from <http://www.ad.nl/binnenland/robot-zora-is-steun-en-toeverlaat-voor-senioren~a67105d2/>
- Schmookler, J. (1966). *Invention and Economic Growth*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Scoville, W. B., & Milner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, *20*(11), 11–21.

<https://doi.org/10.1136/jnnp.20.1.11>

- Seyama, J., & Nagayama, R. S. (2007). The uncanny valley: Effect of realism on the impression of artificial human faces. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 16(4), 337–351.
- Shapiro, S. C. (1992). Artificial Intelligence. *Encyclopedia of Artificial Intelligence*, 54–57.
- Silverstone, R., & Hirsch, E. (1992). *Consuming Technologies: media and information in domestic spaces*. London, New York: Routledge.
- SoftBank Robotics. (2017). ZORA/NAO documentatie. Retrieved April 19, 2017, from <http://doc.aldebaran.com/2-1/index.html>
- Sokoler, T., & Svensson, S. (2007). Embracing ambiguity in the design of non-stigmatizing digital technology for social interaction among senior citizens. *Behaviour & Information Technology*, 26(4), 297–307.
- Sung, J. Y., Grinter, R. E., & Christensen, H. I. (2010). Domestic robot ecology: An initial framework to unpack long-term acceptance of robots at home. *International Journal of Social Robotics*. <https://doi.org/10.1007/s12369-010-0065-8>
- Taggart, W., Turkle, S., & Kidd, C. D. (2005). An Interactive Robot in a Nursing Home: Preliminary Remarks.
- Tobe, F. (2016). How is Pepper, SoftBank's emotional robot, doing? | The Robot Report - tracking news about the business of robotics. Retrieved April 13, 2017, from <https://www.therobotreport.com/news/how-is-the-emotional-robot-pepper-doing>
- van der Meer, P. (2016). *ow Smaller Firms Can Win*. Utrecht University concept version.
- van Tilburg, T., & Savelkoul, M. (2003). Kort en Bondig. *Psychol Rep*, 92(2), 7–545.

- Von Der Pütten, A. M., Krämer, N. C., & Eimler, S. C. (2012). Living with a Robot Companion – Empirical Study on the Interaction with an Artificial Health Advisor, 5(4). <https://doi.org/10.1145/2070481.2070544>
- Von Hippel, E. (1976). The dominant role of users in the scientific instrument innovation process. *Research Policy*, 5(3), 212–239.
- Weston, J., Bordes, A., Chopra, S., Mikolov, T., & Rush, A. M. (2015). Towards AI-Complete Question Answering: A Set of Prerequisite Toy Tasks. *arXiv Preprint*, 273, 486–494. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.09.131>
- Wiggers, K. (2017). The Mayfield Robotics Kuri is the Smartest Home Robot You'll Ever See | Digital Trends. Retrieved April 13, 2017, from <http://www.digitaltrends.com/home/mayfield-robotics-kuri-ces-2017/>
- Wisp, L. (1987). History of the concept of empathy. *Empathy and Its Development*, 17–37.
- Woodford, C. (2017). Neural networks. Retrieved April 18, 2017, from <http://www.explainthatstuff.com/introduction-to-neural-networks.html>
- Wyatt, S. (2003). non-users also matter: the construction of users and non-users of the internet. In *How users matter, the co-construction of users and technology* (pp. 67–80). The MIT Press.
- Zora Robotics. (n.d.). Zorabots - tot je dienst! Retrieved March 27, 2017, from <http://zorarobotics.be/index.php/nl/tot-je-dienst>

Appendix

Auteurs en artikel	Soort robot	Onderzoekperiode	Soort studie
Hutson, Lim, Bently, ianchi-Berthouze en Bowling (2011) <i>- Investigating the Suitability of Social Robots for the Wellbeing of the Elderly</i>	Sociale robots, verschillende designs: huisdierachtig (Pleo, Huggable and FurReal Cat); humanoid (Robosapien en Heart); apparaat-achtig (Keep on, Mood Lamp, I-Cat, Nabaztag, and Teddy Phone).	Een tot drie weken.	Focus-groepen en in-home studie d.m.v. pre- en postenquêtes en dagelijks interactiedagboek.
Bickmore, Caruso, Clough-Gorr & Heeren (2005) - <i>'It's just like you talk to a friend' relational agents for older adults</i>	Sociale Relational Agent in de rol van bewegingsadviseur. (software voor o.a. sociale robots)	Twee maanden	<i>randomized trial</i> in-huis studie d.m.v. pre- en postenquêtes, dagelijkse stappenteller en semi-gestructureerde interviews achteraf.
Neven & Leeson (2015); Peine en Neven (2011); Neven (2010) Beyond Determinism – understanding actual use of social Robots.	Sociale robot iRo, cartoon-achtige robot die geprogrammeerd kan worden om verschillende taken uit te voeren. In dit onderzoek trad hij op als een metgezel om spelletjes mee te doen.	Twee keer twee weken	Laboratorium studies aangevuld met een in-huis studie waarbij data opgeslagen werd door iRo zelf en gebruiker dagboeken werden bijgehouden.
Klamer & Allouch 2010; de Graaf, Allouch & Klamer, 2015; von der Pütten, Klamer & Eimler, 2011; Heylen, van Dijk & Nijholt, 2012 – SERA project	Sociale robot Nabaztag, die ook bedoeld is om fysieke activiteit te verbeteren.	Drie keer tien dagen, waarbij elke week iteraties werden gedaan.	In-huis studie waarbij data werd gegenereerd door video en spraak opnamen gecombineerd met gebruiker ervaringen verkregen door semi-

			gestructureerde interviews
De Graaf, Allouch & van Dijk, 2014; 2017 - <i>Long-term evaluation of a social robot in real homes; Why Do They Refuse to Use My Robot?: Reasons for Non-Use Derived from a Long-Term Home Study</i>	Nabaztag	Een half jaar	In-huis studie d.m.v. kwantitatieve enquêtes aangevuld met kwalitatieve interviews naar redenen voor niet-gebruik of onbruik.
Cesta, Cortellessa, Orlandini & Tiberio (2016) – <i>long term evaluation of telepresence robot for the elderly: methodology and ecological case study (part of Ambient Assisted Living project)</i>	<i>Telepresence</i> robot, bedoeld voor sociale interactie. De <i>telepresence</i> robot wordt in het huis van de eerste gebruiker geplaatst en kan gebruikt worden om contact te maken met tweede gebruikers. Dit kunnen verzorgers of familieleden zijn. Deze kunnen via de robot contact maken met de personen in het huis en andersom. (soort van bellen, maar dan ‘ <i>embodied</i> ’, via een robot lichaam.	Een jaar	In-huis studie, waarbij op verschillende momenten enquêtes werden afgenomen met zowel eerste als tweede gebruikers en semi-gestructureerde interviews werden gehouden over lange termijn ervaringen.
Frennert, Efring & Ostlund (2017) - <i>Case Report: Implications of Doing Research on Socially Assistive Robots in Real Homes</i>	Hobbit – service robot	Twee maanden	Participerende observatie, Gebruiker dagboeken, semi-gestructureerde interviews en enquêtes m.b.t. dagelijkse ervaringen.
Sung, Grinter & Christensen (2010)	Stofzuigrobot Roomba	Half jaar	Semi-gestructureerde interviews, gebruiker dagboeken, meerdere

			<i>home-visits</i> tijdens de gehele studie.
--	--	--	--

