

Een illusie rijker

Oratie uitgesproken door

Prof. dr. Ineke van der Ham

bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar

met als leeropdracht

Technologische vernieuwingen in de neuropsychologie

aan de Universiteit Leiden

op vrijdag 1 december 2023



Universiteit
Leiden

“Those of us who are willing to rumble with vulnerability, live into our values, build trust, and learn to reset will not be threatened by the rise of the machines, because we will be part of the rise of daring leaders.”

Brené Brown, in *Dare to Lead*

Het is 2009 en mevrouw AC komt naar het UMC in Utrecht. Ze is ten einde raad, want ze verdwaalt. Niet af en toe, maar heel vaak, en op momenten dat dat heel gevaarlijk kan zijn. Een ogenschijnlijk gezonde, jonge, slimme vrouw, geen vuiltje aan de lucht... Maar ze rijdt met 120 kilometer per uur over de snelweg, met haar drie kleine kinderen op de achterbank. Plots weet ze niet meer hoe ze verder moet en de paniek slaat toe. Heb ik nu m'n afslag gemist? Of was het toch de volgende? Of ben ik er nog lang niet, waar ging ik eigenlijk naartoe? Met deze problemen kwam mevrouw AC na veel omwegen terecht bij Martine van Zandvoort, klinisch neuropsycholoog. Ze had onopgemerkt een hersenbloeding doorgemaakt en het enige waarneembare gevolg was verdwalen. Maar wat bleek? Met niet een van de bestaande neuropsychologische testen kon dit gebrek worden aangetoond. Het was simpelweg niet mogelijk om de intense beleving van deze mevrouw in een testrapport te beschrijven. Wat is er dan nodig om verdwalen te kunnen onderzoeken? Martine betrok mij in deze puzzel¹, op zoek naar de oplossing en 14 jaar later zijn we hier.

Mevrouw de Rector Magnificus, leden van het bestuur van de Leidse Faculteit der Sociale Wetenschappen, beste collega's, lieve familie en vrienden, zeer gewaardeerde toehoorders! Met heel veel plezier aanvaard ik vandaag officieel mijn benoeming tot hoogleraar met als leerstoel Technologische vernieuwingen in de neuropsychologie. Het verhaal en de puzzel van mevrouw AC hebben mij op het pad gezet dat leidt naar de technologische vernieuwingen waar we het vandaag over gaan hebben. Heel graag deel ik met jullie dat pad, en vooral hoe we met die technologie dichter bij de beleving van de patiënt kunnen komen.

Technologie

Technologische vernieuwingen, waar hebben we het dan eigenlijk over? Moeten we denken aan ingewikkelde apparaten, of gewoon de toenemende rol van computers, smartphones en draagbare hulpmiddelen? Als we kijken naar de inzet van technologie binnen de neuropsychologie kunnen we verschillende

vormen ontdekken. De meest toegankelijke vorm is het simpelweg digitaliseren van bestaande testen. Testen naar het cognitief functioneren, het denkvermogen, worden traditiegetrouw vaak op papier afgenomen. Met de toenemende toegankelijkheid van computers in de jaren 80 van de vorige eeuw wordt het makkelijker om deze testen via een beeldscherm af te nemen. De test zelf verandert niet; bij een geheugentaak worden bijvoorbeeld nog steeds dezelfde afbeeldingen gebruikt. Maar de meting van de gegeven antwoorden wordt zo wel preciezer en minder foutgevoelig². Deze relatief passieve vorm van technologiegebruik zien we ook in ons eigen dagelijks leven: dingen die we vroeger misschien opschreven, een boodschappenlijstje, een adres, voeren we nu gewoon in op onze telefoon. Naarmate technologie zich verder ontwikkelde, werd er ook steeds meer mogelijk. Naast de eenvoudige digitalisering, een scherm in plaats van een papier, zien we steeds meer inzet van de extra mogelijkheden die technologie ons biedt. Testvragen kunnen worden aangepast aan de prestatie van wie er getest wordt; is het te makkelijk? Dan slaan we een paar vragen over, of wordt er automatisch een ander type vraag aangeboden^{3,4}. Ook onze boodschappenlijstjes evolueren op deze manier, waarbij ze in de app van de supermarkt vanzelf op volgorde van de looproute door de winkel worden geplaatst, of we precies de aanbiedingen te zien krijgen die voor ons relevant zijn. Gemak dient de mens.

Meer recent zien we de interactie met technologie groeien: we kunnen mensen oefeningen laten doen als ze behandeling nodig hebben. Een computerprogramma kan ze wat leren. Deze oefeningen dienen een serieus doel, zoals bijvoorbeeld je geheugenstrategie verbeteren, maar hebben de vorm van een spel: serious games. De spelvorm maakt dat de oefeningen motiverend werken, meer inzicht kunnen geven in vooruitgang, soms thuis uitgevoerd kunnen worden en dus de zorg minder belasten en simpelweg leuker zijn^{5,6}. We zien dit dan ook steeds vaker voorbij komen in bijvoorbeeld musea, op school, en in allerlei trainingen op de werkvloer. Mijn kinderen krijgen regelmatig de opdracht om thuis spelletjes te spelen om bijvoorbeeld sommen beter te automatiseren in een 'pepernotenbattle'

of hun topografie beter te onthouden door een interactieve kaart te verkennen⁷.

De laatste paar jaar heeft een bijzondere vorm van technologie een vlucht genomen: de ruimtelijke technologie. Door de opkomst van virtual reality en augmented reality brillen, waarmee we digitale omgevingen kunnen laten zien, is er een unieke mogelijkheid bijgekomen. We kunnen mensen een complete ervaring geven van een andere wereld en bovendien meten hoe ze die wereld beleven. In de korte tijd dat deze technologie goed beschikbaar is, de eerste realistische en breed toegankelijke virtual reality bril Oculus Rift is nog maar 10 jaar op de markt⁸, zien we al indrukwekkende toepassingen van deze technologie in de zorg.

We kunnen met ruimtelijke technologie de echte wereld heel realistisch namaken. Dit heeft als voordeel dat deelnemers niet onnodig fysiek belast worden en logistieke drempels kunnen worden weggenomen. Je hoeft niet ver te lopen of te rijden, omdat de ervaring naar je toe komt. De overtuigingskracht van ruimtelijke technologie maakt dat emoties sterk beleefd worden⁹. Daarom biedt het bijvoorbeeld de ideale omstandigheden om mensen met angststoornissen bloot te stellen aan de situatie die hen zo beangstigt, zoals bijvoorbeeld vliegen¹⁰ of triggers van traumatische ervaringen¹¹. Maar tegelijkertijd is de gebruiker zich er volledig van bewust dat wat ze ervaren niet echt is. De bril kan op ieder moment worden afgezet. Het is een illusie.

Naast het streven naar een zo realistisch mogelijke wereld, kunnen we echter ook een alternatieve wereld creëren. Een wereld waarin dingen bestaan of gebeuren die helemaal niet kunnen. Een indrukwekkend voorbeeld is SnowWorld¹². Mensen die ernstige brandwonden hebben opgelopen, kunnen zich hier in een virtuele wereld begeven. Zij moeten regelmatig de pijnlijke procedure doorstaan waarbij hun verbanden verwisseld moeten worden. Ze kunnen tijdens deze procedure, met een VR bril op, meedoen aan een sneeuwballengevecht. Niet alleen leidt dit ze af van de nare situatie waar ze zich in bevinden en de pijn die ze moeten doorstaan. Het feit dat ze in de sneeuw lijken te staan en zelf de koude sneeuwballen kunnen gooien

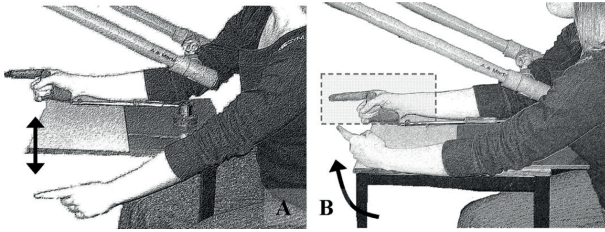
naar sneeuwpoppen, pinguïns en robots, maakt dat ze zelfs fysiek anders reageren op de behandeling. Ze beleven minder pijn, en bovendien blijkt uit breinmetingen met functionele MRI dat pijn gerelateerde hersenactiviteit sterk vermindert^{13,14}. Zo sterk is de illusie. We kunnen de beleving van de patiënt veranderen.

Illusies

Door ruimtelijke technologie zijn we dus een illusie rijker. Jullie hebben het net kunnen beleven in het IllusieLab. De illusies daar waren hopelijk vermakelijk en misschien verrassend of zelfs beangstigend. Illusies worden dan ook ingezet als entertainment. David Copperfield kon een zaal in complete verwarring brengen door een heel vliegtuig schijnbaar te laten verdwijnen. Maar illusies hebben ook een wetenschappelijke waarde: ze laten ons zien hoe ons brein informatie verwerkt én hoe het omgaat met tegenstrijdige informatie.

Ik had de titel van deze oratie al bedacht toen ik me realiseerde dat mijn allereerste wetenschappelijke experiment ook over een illusie ging. Als net nieuwe masterstudent ging ik aan de slag bij Chris Dijkerman en Marjolein Kammers. Chris had een apparaat staan in de opslag dat hij toch wel eens wilde gebruiken. Het was een groot gevaarte waarin een machine was opgehangen met aan het uiteinde een kleine cilinder die ging trillen als je het apparaat aanzette. Als deze cilinder op de pees van je bovenarm trilde, dan gebeurde er iets wonderlijks. Door de trilling leek het alsof de pees zich verlengde. En de enige logische verklaring voor deze verlenging is dat de hele spier zich verlengt en dus je onderarm zich naar beneden beweegt. Een heel gekke gewaarwording; zolang het apparaat aanstaat voel je dat je onderarm een neerwaartse beweging maakt. En wat het zo interessant maakte, is dat we onderzochten welke impact deze gewaarwording had. We lieten mensen met hun andere arm aangeven waar ze voelden dat hun onderarm zich bevond – de perceptie conditie: een stuk lager dan daadwerkelijk de armpositie was natuurlijk. We vroegen ook of ze hun vingertop met een snelle beweging wilden aanwijzen – de actie conditie. En wat bleek? De snelle vingerbeweging werd nauwelijks be-

invloed door de illusie (zie figuur 1). Dus, de illusie onthulde dat perceptie en actie processen op andere informatiebronnen berusten¹⁵. De selectieve werking van de illusie vormde bewijs in psychologische theorievorming.



Figuur 1. Weergave van de invloed van een vibrotactiele illusie op A) perceptie en B) actie¹⁵.

De illusie van ruimtelijke technologie is dat we ons in een wereld bevinden die echt lijkt, maar dat niet is. Dit wordt ook wel beschreven als de *place illusion* en *plausibility illusion*¹⁶⁻¹⁸. We bevinden ons op een denkbeeldige plek en vinden dat ook een geloofwaardige situatie. Dit wordt duidelijk geïllustreerd door de Richie's plank experience¹⁹. In de fysieke wereld ligt er een plank op de vloer van maar een paar centimeter hoog en breed genoeg om rustig op te kunnen staan. In de virtuele wereld zien we die plank ook, maar dan zonder de vloer. In plaats daarvan kijken we een diepe afgrond in, omdat de plank uitsteekt op het dak van een wolkenkrabber. Hoezeer we onszelf ervan proberen te overtuigen dat die afgrond niet bestaat en we met gemak van de plank af kunnen stappen, is het haast niet mogelijk om zonder angst en spanning die stap te kunnen maken. Genoeg filmpjes te vinden van mensen die zelfs van de plank vallen door deze angstaanjagende illusie²⁰. Ratio en emotie worden tegen elkaar uitgespeeld.

Wanneer we virtual reality gebruiken is het van groot belang om je bewust te zijn van dit illusie-effect dat onze waarneming van de ruimte aanzienlijk kan beïnvloeden. Dit effect hoeft overigens niet problematisch te zijn. We kunnen het zelfs in ons voordeel laten werken. Daar vertel ik straks meer over. Wel

zijn er een aantal voorwaarden voor het bereiken van een succesvolle virtuele illusie.

In de eerste plaats is de technologie zelf van belang; gebruiken we een plat scherm, of een head-mounted display, zoals die VR brillen worden genoemd. De technologie bepaalt namelijk de mate van immersie; dat wil zeggen in hoeverre we worden opgenomen in de virtuele omgeving en ook worden afgesloten van de echte wereld²¹. Ook eigenschappen zoals het synchroniseren van hoofd en arm-hand bewegingen met het visuele beeld vergroten immersie, net als de aanwezigheid van een avatar: een zichtbare aanwezigheid van de gebruiker in de virtuele wereld²². Overigens is zo groot mogelijke immersie niet automatisch de beste keuze. Voor veel toepassingen is weergave van de virtuele wereld op een computerscherm of zelfs een telefoon ook doeltreffend genoeg. Het hangt er maar vanaf wat je wilt bereiken. Wanneer je bijvoorbeeld geheugen voor voorwerpen wilt meten lijkt er geen noodzaak voor immersie²³, maar wanneer je driedimensionale bewegingen wilt uitlokken is sterkere immersie een goede oplossing²⁴.

Ten tweede moeten we natuurlijk naar de gebruiker kijken, en dat is een stuk gecompliceerder. Er lijken namelijk belangrijke individuele verschillen te bestaan die tot nu toe vaak worden genegeerd. Sense of presence is een centraal begrip hierin: in hoeverre voelt de gebruiker zich aanwezig in de virtuele wereld²⁵? Dit is moeilijk te meten. Vaak beperkt dat zich tot subjectieve maten waarin de gebruiker zelf aangeeft in hoeverre die zich aanwezig voelt. We willen pogingen tot het gebruik van meer objectieve maten verder kunnen onderzoeken de komende jaren, omdat dat zo belangrijk is voor de effectiviteit van toepassingen van ruimtelijke technologie. Er zijn een paar aanwijzingen dat sense of presence lijkt te verschillen op basis van geslacht en leeftijd, waarbij jongere mensen en mannen een sterkere sense of presence lijken te ervaren dan oudere mensen en vrouwen²⁶⁻²⁷. Hierbij rijst ook de vraag of ervaring met technologie bijdraagt aan het sneller en beter accepteren van zo'n virtuele omgeving. Als sense of presence inderdaad een voorspeller is van hoe goed de virtuele illusie werkt, is het van belang om sense of presence zo groot mogelijk te krijgen

bij alle gebruikers. Zeker wanneer we grootschaliger gebruik gaan maken van immersieve technieken in zorg en onderwijs, zou het systematisch bevoordelen en benadelen van groepen niet wenselijk zijn.

Het creëren van een succesvolle virtuele illusie van een alternatieve wereld is een onderwerp waar naast de wetenschap ook de kunsten mee te maken hebben. De coronapandemie heeft een krachtige impuls gegeven aan het ontwikkelen van alternatieve voorstellingen, zoals bijvoorbeeld virtuele dansvoorstellingen. Samen met Anouk Keizer en Cinedans onderzoeken we hoe de virtuele wereld door dansers en niet-dansers wordt beleefd. Erg belangrijk om te weten bij het maken van een overtuigende voorstelling. Iemand die expert is in het uitdenken en uitvoeren van precieze bewegingen is zich naar verwachting meer bewust van de beleving van het eigen lijf. Tegelijkertijd observeren we dat dansers een virtuele wereld actiever verkennen. Ben je daardoor dan juist minder of meer gevoelig voor input vanuit die virtuele wereld en wat doet dat met je sense of presence? Dit is belangrijk om te weten, zeker bij het maken van virtuele kunst, want mogelijk verschilt je eigen beleving als maker sterk van die van je publiek. Met dansgezelschap 'Another kind of blue' gaan we juist die publieksbeleving van VR voorstellingen onderzoeken de komende maanden. Zij gaan op tournee met een voorstelling die speciaal ontworpen is voor een VR beleving. Hoe verschilt voor het publiek de beleving van een VR voorstelling van de beleving in een traditioneel theater? En waar liggen de kansen om VR te benutten voor een overtuigende illusie in een voorstelling? De illusie van ruimtelijke technologie is dus zinvol gereedschap om de individuele beleving in kaart te kunnen brengen.

Zorg en onderwijs

Als illusie het gereedschap is, wat is dan de klus? De voordelen van vernieuwing in de neuropsychologische zorg lijken tot nu toe vooral praktisch van aard te zijn; door digitalisering kunnen we meer en beter meten en behandelen. Maar ruimtelijke technologie geeft ons meer dan dat. We hebben volledige controle over de wereld die we kunnen presenteren. De gebruiker

kan bijvoorbeeld over straat gaan zonder storende verkeersdrukke en we kunnen de zon altijd laten schijnen. Daardoor kan de ruimte ons een nieuwe beleving geven. De beleving van de patiënt, dat is het verhaal dat we krijgen, de puzzel die we op moeten lossen. Aan ons de taak om die beleving te vatten met onze gereedschapskist aan neuropsychologische testen. En hoewel we zeer goed in staat zijn om geïsoleerd de verschillende traditionele domeinen van het denkvermogen in kaart te brengen, met de huidige gangbare middelen lukt het niet altijd om die beleving treffend te vatten in testuitslagen. Kijk maar naar het voorbeeld van mevrouw AC. En ook bij andere cognitieve klachten, zoals bepaalde geheugenproblemen zien we dat we tegen de grenzen van het traditionele testmateriaal aanlopen²⁸⁻²⁹.

Ik zou willen stellen dat we ruimtelijke technologie in moeten zetten om wél tot die individuele beleving te kunnen komen. Zoals iemand met verdwaaalklachten me vertelde tijdens een navigatietest in een virtuele wereld 'Ah ja, deze vraag, dit is precies wat ik niet kan'. Er was herkenning. Ik wil hier graag bij opmerken dat het wat mij betreft niet nodig is om de echte wereld zo realistisch mogelijk te benaderen. De echte wereld, die hebben we al. Maar de techniek stelt ons in staat om de verschillende elementen van een cognitieve opdracht beter uit elkaar te halen en los van elkaar te bekijken. We kunnen daarbij de context invoegen die we nodig hebben, en ons virtueel verplaatsen in plaats en tijd.

Los van de mogelijkheden tot meten, is er misschien ook een verandering nodig in hoe we metingen van ruimtelijke vaardigheden interpreteren. Ons dagelijks leven is de afgelopen decennia sterk veranderd. Er wordt een groot beroep gedaan op onze ruimtelijke vaardigheden in een wereld waarin we almaar mobieler worden en steeds meer taken en informatie te verwerken hebben op een dag. GPS-systemen kunnen hier verlichting in bieden, maar zeker niet altijd en niet voor iedereen.

Interviewer: Je vertelt dat je weleens de weg kwijtraakt, wat gebeurt er dan?

Persoon A: Nou bijvoorbeeld op een festival, als ik naar de bar

of de wc ga, dan leer ik uit m'n hoofd waar m'n vrienden staan. Maar dat gaat niet altijd goed. Een keer op Lowlands kwam ik terug en kon ik m'n vrienden niet meer vinden en ik wist zeker dat ik op de goede plek stond. Ook na sms-en kon ik ze niet meer vinden en ik was echt een beetje boos op ze. Ik moest gewoon naar buiten, het feest was voorbij. En wat bleek nou de dag erna, dat ik naar de verkeerde tent terug was gelopen met een heel andere dj.

Interviewer: *Je vertelt dat je vaak verdwaalt, heb je daar dan ook last van?*

Persoon B: *Oh soms zeker. Ik had laatst een overleg in het gebouw naast het gebouw waar ik werk en ik moet dan via een loopbrug. En ik ken één route van hier via die loopbrug naar het andere gebouw en ik probeer die loopbrug te bereiken en het was afgesloten vanwege een verbouwing. Ja dan kan ik dus niet bedenken hoe ik bij die loopbrug kan komen! Ik ging naar buiten, het regende, het stortregende gewoon. En uiteindelijk kwam ik veel te laat, geïrriteerd en zeiknat bij het overleg.*

Interviewer: *Wat doe je dan zoal, om het op te lossen?*

Persoon C: *Nou bijvoorbeeld bij het hardlopen... Ik ben 6 jaar geleden verhuisd en het lukt me dus niet om veel verschillende routes te leren. Maar ik heb er nu eentje van vijf kilometer en die is eigenlijk heel veilig, omdat die altijd langs het water gaat, dus dat kan niet misgaan. En die ren ik dan gewoon een paar keer achter elkaar. Oh en wat ik ook nog heel vaak doe is dat ik heel goed let op dingen in de omgeving. Dus ik ben heel erg goed in details aan huizen onthouden, details aan stoepen, gekke paaltjes, planten en bomen in tuinen onthouden. Op zich werkt dat heel goed, maar het gaat mis als het bijvoorbeeld opeens donker is of als mensen hun tuin veranderd hebben, want dan weet ik het niet meer.*

Deze voorbeelden illustreren goed hoe groot de impact kan zijn als je verwaalklachten hebt. En dit geldt niet alleen voor een handjevol mensen met ernstige hersenschade. Bij mensen met mild niet aangeboren hersenletsel zien we dat dit voor-

komt bij zo'n 30 tot 40 procent³⁰⁻³². Sterker nog, de voorbeelden hierboven gaan niet eens over mensen met hersenletsel. De mensen die ik sprak zijn kerngezond, intelligent en functioneren behalve deze klachten zeer goed. Wat zou hier dan aan de hand kunnen zijn?

In 2009 wordt voor het eerst gerept over *Developmental Topographical Disorientation*³³. Oftewel aangeboren desoriëntatie in de ruimte, wat je zou kunnen zien als een soort 'ruimtelijke dyslexie'. Zonder zichtbare neurologische afwijkingen worden mensen geboren met het onvermogen om zich in gedachten een voorstelling te maken van de ruimte, bijvoorbeeld de vorm van hun eigen keuken, of hoe een straat eruit ziet na de volgende bocht. Het maakt daarbij niet uit hoe goed ze een omgeving kennen. Samen met Ronald Veldhuizen, journalist bij de Volkskrant sprak ik in 2021 een vrouw die haar ervaringen met extreem verdwalen deelde³⁴. Zo'n 20 spontane reacties volgden van mensen die zichzelf herkenden in haar verhaal en vaak een leven lang op zoek zijn naar wat er 'mis' is met ze. En nog steeds ontvang ik zulke reacties, 2 jaar na dit artikel. Opvallend hierbij is dat deze vrouw vertelde dat haar moeder en oom dezelfde ervaringen hadden. Maar voor haar moeder was het leven een stuk overzichtelijker: zij was altijd thuis en iedereen in het kleine dorp wist dat ook. Als iemand haar wilde spreken kwamen ze gewoon bij haar thuis langs. Iets wat moeilijker past bij het tijdsbeeld van vandaag.

Deze ruimtelijke dyslexie, wat nog maar pas is beschreven, bestaat natuurlijk al veel langer en kan variëren in ernst. Dit roept ook de vraag op wat we in de moderne samenleving moeten zien als 'beperking' van ruimtelijke vaardigheden. Ben je alleen beperkt als verreweg de meerderheid van de mensen iets beter kan dan jij? Of misschien vooral als het je dagelijkse activiteiten moeilijk maakt? Je zou kunnen zeggen dat we onze biologische vermogens overvragen met hoe wij tegenwoordig onze omgeving inrichten. Denk ook maar eens aan die ingewikkelde ziekenhuisgangen, met allerlei routes met kleuren en nummers. En dan oefenen we ook nog een stuk minder, doordat we vertrouwen op anderen, zoals een buschauffeur, of techniek, zoals GPS systemen³⁵. Het ligt in de lijn der verwachting dat

de groep mensen die beperkte ruimtelijke vaardigheden heeft aanzienlijk groter is dan we vermoeden, en in de toekomst verder zal groeien.

Ruimtelijke vaardigheden laten ook nog eens veel variatie zien in de gezonde populatie³⁶. Dat zagen we ook bij een onderzoek onder geneeskundestudenten hier in Leiden, met onder meer Katja Bogomolova, Jos van der Hage en Beerend Hierck. In praktische experimenten wordt gekeken hoe augmented reality in de collegezaal gebruikt kan worden. Juist voor complexe ruimtelijke informatie, zoals de menselijke anatomie, biedt deze vorm van onderwijs een uitkomst. Een digitaal lichaam kan als een soort hologram van alle kanten bekeken worden. We zagen dat deze vorm van studie tot betere toetsresultaten leidde dan leren uit een boek, en ook dan leren vanaf een plat scherm. Dat laatste was opvallend genoeg alleen zo voor studenten die moeite hadden met ruimtelijk inzicht, zoals gemeten met een mentale rotatie taak³⁷.

Dus juist voor wie het zich wat moeilijker voor kan stellen, bieden deze ruimtelijke vormen van onderwijs een uitkomst. Ik ga daarom ook graag aan de slag met deze vorm van leren voor onze eigen studenten. Met het geweldige docententeam van de masterspecialisatie klinische neuropsychologie hier in Leiden richten we ons op het opleiden van de neuropsycholoog van de toekomst, die een stevige klinische basis combineert met inzicht en vaardigheden gericht op de aankomende ontwikkelingen binnen het vakgebied. Ik kijk daarom uit naar de pilot onder onze eigen studenten waarin ze met immersieve video's kunnen ervaren hoe het is om met dementie te leven. Met Judith Schomaker en Monika Theron gaan we kijken naar hoe deze aanpak het curriculum kan verrijken. Voor de toekomst zie ik veel mogelijkheden om ook deze vorm van virtuele beleving te kunnen betrekken in het onderwijs.

Verdwalen

Het probleem van verdwalen is levensgroot. Hoe komen we dan tot een oplossing? Een van de belangrijkste redenen waarom we verdwalen zo moeilijk met traditioneel testmateri-

aal kunnen vangen is dat dat testmateriaal zich richt op kleine ruimte. De benodigde ruimte is vaak niet groter dan een a4-tje en hooguit zo groot als het oppervlak van de tafel. Verdwalen doe je echter in de grote ruimte. En we weten uit onderzoek dat de vermogens die je nodig hebt om kleine en grote ruimte te begrijpen en te onthouden maar deels overlappen. Zodra je gaat lopen, zijn er andere processen die een rol gaan spelen om de ruimtelijk informatie te kunnen verwerken³⁸. Niet gek dus dat je een probleem in grote ruimte niet kunt meten met een test in kleine ruimte.

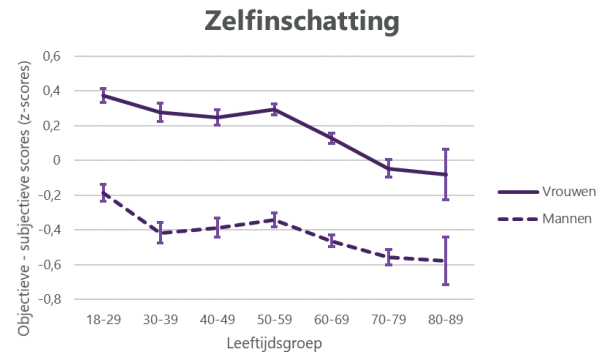
Toen we mevrouw AC zagen, was de vraag dus vooral hoe we goed in grote ruimte kunnen meten. Het gebruik van virtuele omgevingen was het antwoord. We haalden de grote ruimte de kleine ruimte in met een gewoon computerscherm. We lieten haar video's van virtuele werelden zien en testten daarna haar geheugen voor de verschillende elementen van die omgeving, zoals herkenningspunten, afslagen en plattegronden. We konden toen precies identificeren waar haar beperking lag: bij het onthouden van de volgorde van herkenningspunten¹. Maar een andere vraag die rees was hoe vaak dit nou voorkomt. Zoals al genoemd was zij geen uitzondering, maar zagen we door onderzoek met onze screeningsvragenlijst, de Wayfinding Questionnaire^{30,31,39} dit soort klachten in een aanzienlijk deel van de mensen die niet-aangeboren hersenletsel doormaken. Alleen in Nederland al honderdduizenden mensen.

Dit motiveerde ons ontzettend om te werken aan een theoretisch model van verdwalen, een test en behandelmogelijkheden. Ik ben heel blij dat we na al die jaren alle drie bereikt hebben. Ik zeg met nadruk steeds we, want dit proces was zeker teamwerk, waarin bovendien veel verschillende expertises samenkwamen. De eerste brug werd geslagen door Albert Postma, en Anne Visser-Meily is er vanaf het begin af aan bij geweest om de verbinding tussen wetenschap en zorg te kunnen maken. Merel Braspenning, Michiel Claessen en Milan van der Kuil hebben bergen werk verzet in het opzetten en uitvoeren van het onderzoek bij zowel mensen met niet-aangeboren hersenletsel als gezonde deelnemers.

Op basis van literatuuronderzoek gecombineerd met experimenten zijn we tot een model voor verdwalen gekomen⁴⁰⁻⁴¹. Als iemand verdwaalt, is het belangrijk om te kijken wat er mis gaat: gaat het om *wat* – de herkenningspunten, om *waar* – de locaties, of *hoe* – de verbindingen tussen verschillende locaties. Met deze informatie konden we een test maken die in slechts een paar minuten af te nemen is en goed inzicht geeft in of er een afwijking in navigatievermogen bestaat, en zo ja, op welk vlak^{42,43}. We gebruiken hiervoor een virtuele omgeving die makkelijk online te bekijken is. En door onze betrokkenheid bij het Weekend van de Wetenschap in 2017-2018 hebben op dit moment inmiddels zo'n 20.000 mensen verschillende versies van deze test gemaakt. We weten nu dus heel goed wat de gemiddelde score is van mannen en vrouwen van verschillende leeftijden. En er zijn varianten van deze test over de hele wereld in gebruik, die worden ingezet voor de zorg, onderzoek en onderwijs.

Het voert te ver om in deze rede alle bevindingen in detail te delen, maar een van de vragen die we aan de deelnemers stelden heeft geleid tot de volgende grafiek (figuur 2). Uit informeel empirisch onderzoek zou ik willen afleiden dat dit de grappigste grafiek uit mijn carrière is. Voordat het experiment live ging, besloten we om nog even snel een vraag toe te voegen; dat paste nog net binnen de 10 minuten die het experiment maximaal mocht duren. We waren namelijk benieuwd hoe mensen nou zelf tegen hun navigatievermogen aankeken. Wat was hun beleving van hun eigen vermogen? Het mooie is dat we van alle deelnemers ook konden bepalen hoe kloppend hun inschatting was. Er bleek een systematisch patroon te bestaan van zowel leeftijd als geslacht, uitgaande van de groepsgemiddeldes. Hoe ouder mensen worden, hoe meer ze hun vermogen gaan overschatten. En mannen overschatten hun vermogen, terwijl vrouwen dat onderschatten⁴⁴. Ik hoor vaak dat mensen dit een open deur vinden en het vooral als een vermakelijk feitje wordt gezien, en misschien een bijdrage aan een kaartleesconflict in de auto in de zomervakantie. Toch denk ik dat dit patroon serieus genomen moet worden en gevolgen heeft voor hoe we bijvoorbeeld luisteren naar klachten in de spreekkamer. Een oude man die aangeeft problemen

te ervaren lijkt wat anders te betekenen dan wanneer een jonge vrouw dat doet. Beleving is zeer persoonlijk, met systematische patronen.



Figuur 2. De kwaliteit van zelfinschatting van navigatievermogen: objectieve score-subjectieve score. Een positieve waarde duidt zelfonderschatting aan, een negatieve waarde zelfoverschatting⁴⁴.

9

We hebben dit opgevolgd met onderzoek naar stereotype overtuigingen. Die blijken sterk aanwezig te zijn voor ruimtelijke vaardigheden. We zien dat mensen denken dat ruimtelijke prestatie samenhangt met geslacht, maar niet met leeftijd. Dat is opvallend, omdat de grote verschillen in daadwerkelijke prestatie juist tussen leeftijden gevonden worden en niet voor geslacht. De meeste mensen zijn ervan overtuigd dat mannen beter de weg kunnen vinden dan vrouwen, een overtuiging die overigens het sterkst aanwezig is bij jonge mannen⁴⁵. Het is dus nodig om een objectieve test af te nemen om echt zicht te krijgen op iemands navigatievermogen. En we willen dan niet alleen weten wat er aan de hand is, we willen er ook iets aan kunnen doen. De uitkomsten van deze test geven ons inzicht in de sterktes en zwaktes van de patiënt. De een is beter in herkenningspunten onthouden, de ander in het reproduceren van een route. Met deze informatie kon onze navigatietraining vormgegeven worden. Dit was een intensief, transdisci-

plinair proces, waar wederom de inspanningen van Milan van der Kuil, Anne Visser-Meily, Andrea Evers en Michiel Claessen essentieel in waren. Zorgverleners, patiënten zelf, IT-experts en onderzoekers hebben hun expertise gebundeld om een zo goed mogelijk werkende training samen te stellen. Het is een serious game geworden die thuis gespeeld kan worden. Al na een paar weken behalen spelers hun behandeldoelen nagenoeg volledig. Een van de meest leerzame momenten van dit proces vond ik de gesprekken met de betrokken ergotherapeuten. Waar Milan een prachtig game design had ontwikkeld met Griekse mythologie als thema, met minotaurussen in oude ondergrondse gangenstelsels⁴⁶, bleek dat mooie ontwerp een misser te zijn. Het sloot namelijk niet aan bij de beleving van de patiënt. Veel beter was een aanpak die wel herkenbaar was en aansloot bij dagelijkse taken, en de momenten waarin in het echt problemen met verdwalen konden ontstaan. Gelukkig kon Milan hier uitstekend mee uit de voeten en hebben we nu voor de definitieve versie een design waarbij de beruchte ziekenhuisgang is opgenomen en er in een gewone woonwijk rondgewandeld wordt⁴⁷. Voor het slagen van een behandeling met ruimtelijke technologie, is het van groot belang de beleving van de patiënt zo dicht mogelijk te benaderen, ook al betekent dat soms dat je niet voor het meest gelikte ontwerp moet gaan.

Alternatieve werkelijkheid

Ik noemde het net al even, met ruimtelijke technologie kunnen we vooral ook alternatieve werkelijkheden creëren. Het is niet aan te raden om aan te nemen dat een virtuele weergave van een echte situatie hetzelfde wordt beleefd als die echte situatie. De beleving van zowel ruimte als tijd lijken namelijk verstoord in een virtuele omgeving. Ruimte wordt doorgaans onderschat, een virtuele kopie van de werkelijkheid ervaren we als net iets kleiner⁴⁸⁻⁵⁰. Bovendien zien we dat de kwaliteit van ruimtelijke informatieverwerking positief wordt beïnvloed als we daadwerkelijk door de omgeving heen lopen. Als je staand

of zittend naar een virtuele omgeving kijkt, is je geheugen voor afstanden minder goed²³. En toen er door de makers van de Oculusbrillen werd geopperd dat tijdsbeleving in virtuele omgevingen ook verstoord is, hebben we dat onderzocht. We vonden inderdaad dat de duur van filmpjes in een VR omgeving als korter werd ervaren. Maar dit bleek te komen door een intensere emotionele beleving van die filmpjes, niet door de VR bril zelf⁵¹.

Het werk van Anne Cuperus is een goed voorbeeld van de kracht van alternatieve werkelijkheden. We hebben in zijn onderzoeken op verschillende manieren bekeken hoe het manipuleren van de digitale omgeving invloed heeft op de gebruiker. Bij voetballers zagen we dat ze een opname van hun eigen penaltyschoten realistischer vonden naarmate deze beelden hun prestatie gunstiger weergaven. De versie waar de ballen dichterbij het doel kwamen dan het bij het daadwerkelijke schot, zagen zij als overtuigender, en ze voelden zich bovendien competenter na het zien van deze beelden⁵². Door deze resultaten kwam Anne op het idee om dit principe ook in de fysiotherapie toe te passen. Mensen met claudicatio, ook wel etalagebenen genoemd, moeten wekelijks bij de fysiotherapeut langs om op een loopband te lopen. Niet de meest stimulerende omgeving, dus wie weet helpt het om een rustgevende, plezierige virtuele omgeving te presenteren tijdens het lopen (zie figuur 3). Ze vonden dit inderdaad een plezierige ervaring, maar met hun prestatie gebeurde helemaal niks. Pas toen we de omgeving ongemerkt gingen oprekken liepen ze verder⁵³. We waren zo verbaasd over dit effect dat we het nog eens herhaald hebben met gezonde deelnemers en daar zagen we dat je de omgeving zelfs tot 150% kunt uitrekken in de looprichting, zonder dat dat opgemerkt wordt. Ze moesten dus anderhalf keer zo ver lopen om hetzelfde virtuele punt te bereiken, zonder dat ze in de gaten hadden dat we de omgeving hadden gemanipuleerd⁵⁴. We doen kennelijk niet zo moeilijk over een alternatieve werkelijkheid.



Figuur 3. De gebruikte virtuele omgeving op de loopband⁵³

Net als bij het verwerken van informatie in de grote ruimte is de rol van ons lijf en onze bewegingen in ruimtelijke technologie heel groot. De aanwezigheid van een virtueel lichaam, een avatar, kan de illusie dan ook versterken. Dat wordt ook wel een full body illusion genoemd⁵⁵. Dat soort lichaamsillussies kunnen vaak heel makkelijk opgewekt worden, denk maar aan een rubber arm die in de meeste gevallen moeiteloos als onze eigen arm ervaren wordt⁵⁶. Deze flexibiliteit van het lichaamsbeeld kunnen we goed benutten in de full body illusions. Hierin schuilt een grote kracht. In deze illusie vindt namelijk het Proteus effect plaats⁵⁷. Proteus is een Griekse zee-god die de toekomst kan voorspellen. Om te voorkomen dat hem dat steeds gevraagd werd, kon hij naar wens andere gedaantes aannemen. In de virtuele wereld werkt die gedaanteverwisseling met evenveel gemak, want die andere gedaantes accepteren we doorgaans meteen zodra ze gepresenteerd worden. Wat dit zo krachtig maakt is dat we die gedaantes niet alleen accepteren, maar er ook consequenties aan verbinden. Tot nu toe is er vooral gekeken naar de impact van avatars op ons sociaal functioneren. We zijn bijvoorbeeld empathischer ten opzichte van minderheden als onze avatars er net zo uit ziet als zij⁵⁸. Ook

zie je dat sociaal gedrag in groepen kan veranderen. We zijn eerder geneigd tot samenwerken met karakters met hetzelfde geslacht als onze avatar en als onze avatar ouder is, bieden we meer hulp aan⁵⁹. Er bestaat ook een enkele aanwijzing dat onze motoriek zich ongemerkt aan kan passen. Geef je jonge mensen een ouder virtueel lichaam dan gaan ze wat krommer staan en langzamer lopen. En oude mensen kunnen juist een boost krijgen van een jong lijf⁶⁰.

Dus onze waarneming, sociale interacties en motoriek zijn heel direct verbonden aan de illusie, maar hoe zit dat met ons denkvermogen? Zijn zulke lichaamsillussies misschien ook in te zetten als we het denkvermogen van mensen willen vergroten, zoals we in het onderwijs en de cognitieve revalidatie willen doen?

De eerste voorzichtige aanwijzingen van andere onderzoekers hierover zijn spannend en hoopvol. Ook voor bijvoorbeeld ruimtelijke opdrachten lijken we ons namelijk iets aan te trekken van de avatar die we als onszelf zien. Stereotype overtuigingen kunnen in de weg zitten bij het bereiken van optimale prestatie. Zo zien we bijvoorbeeld dat vrouwen slechter gaan presteren in wiskunde als er nadruk wordt gelegd op hun geslacht. Als die nadruk er niet is, presteren ze vergelijkbaar met mannen⁶¹. Als vrouwen een mannelijke avatar te zien krijgen tijdens het onderzoek, presteren ze beter op opdrachten waar zo'n stereotype voor bestaat. Bovendien zien we het omgekeerde effect als mannen een vrouwelijke avatar te zien krijgen; prestaties dalen dan⁶²⁻⁶³. Er is inmiddels ook tegenstrijdig onderzoek verschenen dat laat zien dat een avatar het beste sterk op jezelf moet lijken voor optimaal resultaat⁶⁴. Iets wat we beter uit moeten zoeken dus.

Zou avatarontwerp ook de sleutel kunnen zijn tot een cognitief placebo-effect, waarmee we ons potentieel nog beter kunnen benutten? En belangrijker nog, hoe kunnen we ervoor zorgen dat een dergelijk placebo-effect ook buiten de virtuele wereld blijft bestaan? Met Henriët van Middendorp als expert in placebo-effecten hebben we mooie plannen om deze vragen te beantwoorden. Ik ben benieuwd of zo'n cognitief placebo-effect zou kunnen werken en mogelijk ingezet kan worden

voor betere resultaten in zorg en onderwijs. Stereotype overtuigingen over geslacht en cognitief vermogen zijn namelijk het sterkst voor ruimtelijke vaardigheden. Een erg hardnekkige overtuiging waarvan we inmiddels weten dat de werkelijkheid veel genuanceerder ligt. Bovendien zijn zulke aannames over hoe we functioneren niet beperkt tot ruimtelijke vaardigheden. Ook voor het gebruik van technologie bestaan zulke overtuigingen. Het beeld overheerst dat vooral jonge mannen hier het beste mee uit de voeten kunnen⁶⁵. Dit zou het gebruik van die technologie in meer diverse groepen mensen wel eens kunnen dwarsbomen. Er is veel aan gelegen om dat beeld te herzien. Gelukkig biedt de technologie zelf ons de mogelijkheid om de beleving positief te sturen.

Duurzame vernieuwing

Ik hoop dat ik jullie heb kunnen overtuigen van de waarde en het belang van technologische vernieuwing. Die waarde is namelijk soms minder zichtbaar in de traditionele beoordelingscriteria in de wetenschap. Ondanks positieve verandering worden we vaak nog afgerekend op mooie publicaties en vergelijkbare output, gelukkig wel steeds vaker op kwaliteit dan kwantiteit. Het blijft daarom een lastige afweging om tijd en energie te steken in innovatie, in het vernieuwingsproces zelf. En je kunt je afvragen of dat nog onderdeel uitmaakt van je taken als wetenschapper. Ben je niet gewoon klaar als je je idee bedacht en bewezen hebt? Ik denk dat onze rol groter is dan dat. Juist wanneer je met een idee de complete afstand van theorie naar toepassing in de praktijk hebt overbrugt, weet je wat alle obstakels zijn en waar de weerstand zit. Zoals wij ontdekten bleek een mooi game design wat aan alle serious gaming richtlijnen voldeed niet goed te passen bij onze doelgroep⁶⁶. Als we ons niet bezig hadden gehouden met implementatie waren we daar niet achter gekomen. Ook het verkennen van de bereidheid van de beoogde eindgebruikers is heel belangrijk voor het uiteindelijk goed landen van je idee⁶⁷.

Ik ben dan ook blij dat de Universiteit Leiden 'ruimte voor vernieuwing' noemt in haar strategisch plan. In dit document wordt aangegeven hoe de komende jaren de nodige ruimte

wordt gemaakt voor verandering en vernieuwing. Ook met mensen aan het roer zoals zeer gewaardeerde collega's Hanneke Hulst en Marieke Adriaanse verwacht ik positieve veranderingen op dit vlak. Met een wetenschappelijke wereld die in beweging is, en een herziening van hoe we wetenschappers erkennen en waarderen hebben we de kans om onze rol als vernieuwers in de maatschappij beter in te kunnen nemen. Hanneke en Marieke nemen de moedige stap om het voortouw te nemen in deze beweging en daar sluit ik me heel graag bij aan. Op mij kunnen jullie rekenen.

Echte innovatie bereik je pas als de ideeën omgezet zijn in het daadwerkelijk gebruiken van de bedachte oplossing. Innovatie vraagt daarom om facilitering, meer dan alleen waardering van een goed idee of de mooie intentie. Dit vraagt om oog voor de kosten, zowel in tijd als geld die het vormgeven én implementeren van deze vernieuwingen vraagt. Het heeft intensieve samenwerking tussen verschillende disciplines nodig. De aandacht die binnen LURIS bestaat om ook sociaal-wetenschappelijk onderzoek dichter bij de maatschappij te brengen vind ik hierin heel waardevol. Ik ben erg benieuwd naar hoe deze initiatieven richting *social enterprise* zich in de toekomst zullen ontwikkelen. Ook van het Leiden-Delft-Erasmus Medical Delta initiatief Healthy Society verwacht ik waardevolle ontwikkelingen op dit vlak. Door de handen ineen te slaan bereiken we meer voor en met de maatschappij.

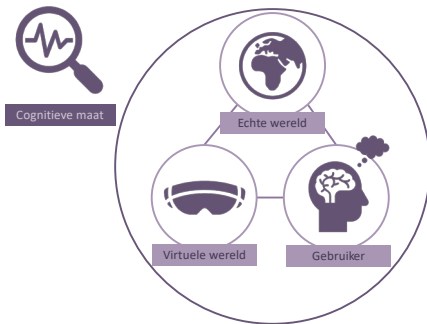
In ons onderwijs proberen wij dan ook onze studenten voor te bereiden op hun rol als potentiële vernieuwers. Dit vraagt om creativiteit en een open blik, maar ook om een gezond kritische houding. In een veld waarin de komende jaren veel veranderingen te verwachten zijn, de zorg, is het van belang dat professionals in staat zijn om de kwaliteit van voorgestelde vernieuwingen in te kunnen schatten en waar mogelijk zelf positief bij te dragen aan de kwaliteit ervan.

Conclusie

Ik begon dit verhaal met de puzzel van mevrouw AC en het idee dat technologische vernieuwingen ons dichterbij de beleving van de patiënt kunnen brengen. Want het is niet zozeer

de techniek zelf, maar de gebruikers en hun beleving van de techniek die centraal staat. Met virtuele werelden kunnen we illusies creëren die ons helpen de beleving van de gebruiker beter te begrijpen. Of dit nu een patiënt is, een student, of een zorgverlener. Met het verhaal van vandaag kunnen we de route schetsen voor zowel meten als leren met behulp van ruimtelijke technologie.

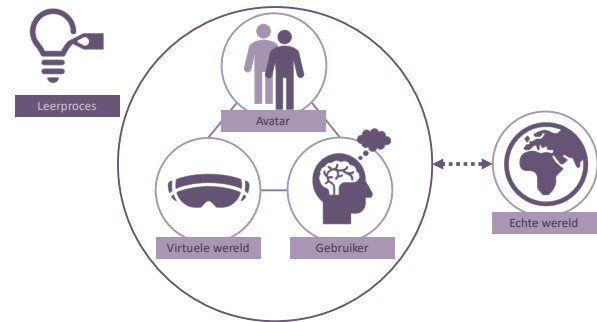
Wanneer we cognitieve prestatie willen meten, kan ruimtelijke technologie een uitkomst zijn (zie figuur 4). Met deze illusie komen we dichterbij de beleving door de grote ruimte te gebruiken. Hierbij is het van belang je bewust te zijn van de kleine verstoringen in ruimte en tijd die optreden in de overstap van de echte naar de virtuele wereld. Vervolgens is daar de gebruiker, die verschillend kan reageren op de virtuele wereld, afhankelijk van factoren als geslacht, leeftijd en ruimtelijke vaardigheden. En ook de overtuigingen, over eigen kunnen en stereotypes, beïnvloeden de prestatie die gemeten wordt. Met oog voor deze individuele verschillen en overtuigingen, kunnen we tot betrouwbaar gebruik van ruimtelijke technologie komen.



Figuur 4. Schematische weergave van de aanbevelingen voor het meten van cognitieve prestatie met ruimtelijke technologie.

We willen niet alleen beter kunnen constateren wat er aan de hand is, maar ook een oplossing kunnen bieden (zie figuur 5). Ruimtelijke technologie geeft veel mogelijkheden voor be-

handeling, doordat alternatieve werelden ontworpen kunnen worden die passen bij wat we willen aanleren. Een alternatieve 'zelf', een avatar, is hier in het bijzonder van belang. Er zijn veelbelovende aanwijzingen dat we avatars in kunnen zetten om prestatie te vergroten. Ik zie mooie kansen voor toekomstig onderzoek naar de afstemming tussen avatar en gebruiker en de overtuigingen van de gebruiker. Hier ligt mogelijk de sleutel naar verborgen cognitief potentieel; we kunnen soms meer dan we denken. En tot slot ligt er de uitdaging om dat wat er geleerd wordt in de virtuele wereld te behouden in de echte wereld. Ik kijk uit naar de jaren die komen, waarin deze vraagstukken een grote rol gaan spelen.



Figuur 5. Schematische weergave van de aanbevelingen voor het verbeteren van cognitieve prestatie met ruimtelijke technologie.

Dankwoord

Het is 2023 en we zijn hier, met een bont gezelschap van mensen die betrokken zijn bij onderwijs, onderzoek, zorg, beleid, bestuur, commerciële ondernemingen, kunst, technologie en communicatie. Het samenkomen van al deze achtergronden hebben al tot veel waardevolle inzichten, succesvolle projecten en effectieve producten geleid. Bovendien stemt het hoopvol voor de toekomst dat we elkaar zoals vandaag steeds weer weten te vinden. Ik wil graag afsluiten door stil te staan bij hoezeer al dit werk en deze plannen leunen op teamwerk en het samenkomen van allerlei verschillende mensen met hun unieke blik en vaardigheden.

Allereerst jullie allemaal bedankt dat jullie dit moment met mij willen delen. Dit vind ik een enorme eer. Er is helaas geen ruimte om iedereen te noemen, aan iedereen die me afgelopen jaren geïnspireerd, gesteund en gemotiveerd heeft in welke vorm dan ook; dankjulliewel!

Dank aan het College van Bestuur van de Universiteit Leiden en de leden van de benoemingsadviescommissie voor het vertrouwen in mij en voor het zien van het belang van deze leerstoel.

Als wetenschapper zijn goede voorbeelden onmisbaar, mensen die je op weg helpen en laten zien hoe mooi ons vak kan zijn. Drie van zulke voorbeelden wil ik heel graag noemen vandaag. Allereerst Albert Postma, zonder jou had ik hier zeker niet gestaan. Jouw ontspannen en sympathieke benadering van de wetenschap hebben voor mij een essentiële basis gelegd. Dankjewel voor de ruimte die je me letterlijk en figuurlijk gegeven hebt. Anne Visser, dank voor je grote betrokkenheid bij de navigatie test en training al deze jaren, ik blijf diep onder de indruk van je toewijding. Je weet het misschien niet, maar ik hoor je regelmatig in gedachten 'Mooi dat we deze interventie nu hebben, maar hoe krijgen we het naar de zorg?' Een vraag die we onszelf moeten blijven stellen. Andrea Evers, we heb-

ben de afgelopen maanden meer dan ooit kunnen zien wat een bijzonder mens je bent. Dank voor het voorleven hoe positief leiderschap eruitziet, je onuitputtelijke enthousiasme en dat je zag wat ik kan, voordat ik dat zelf zag.

Alle collega's van de afdeling gezondheids-, medische en neuropsychologie, wat een voorrecht om bij jullie te horen. Veel dank voor de stimulerende, positieve en motiverende omgeving. Hanneke, Henriët en Marieke, het is een groot plezier om met jullie het dagelijks bestuur van de afdeling te vormen en mee te doen met de fantastische initiatieven over academia in motion en erkennen en waarderen. Heel mooi dat we samen als afdeling hierin kunnen pionieren. In het bijzonder wil ik graag de neuro stafleden noemen: Aglaia, Anne, Dominique, Franz, Hanneke, Judith, Julie, Karin, Marit, Michiel, Rebecca. Ik ben heel blij met wat we de afgelopen jaren hebben opgebouwd voor de klinische neuropsychologie opleiding en het hechte en effectieve team dat we samen vormen, zowel als docenten als onderzoekers.

Speciale dank voor alle promovendi die prachtig werk hebben verricht en nog steeds verrichten: Michiel Claessen, Anne Cuperus, Milan van der Kuil, Miranda Smit, Suzanne Brinkman, Luming Zheng en Marijn Coers. Ik ben heel trots op jullie en onder de indruk van jullie kunnen. Ook alle studenten die ik dagelijks tegenkom, of het nou in de collegezaal is of tijdens mooie onderzoeksprojecten, wil ik graag bedanken.

Door de jaren heen zijn er nog veel meer onderzoekspartners geweest die belangrijk zijn geweest voor het ontwikkelen van ideeën, onmisbaar oog voor de zorg, technologische tools en inspirerende samenwerking, heel veel dank aan jullie. In het bijzonder bedank ik Martine van Zandvoort, Elbrich Jagersma en Jorit Meesters voor de focus op de zorg en toepassingen. Rafael Bidarra, de mensen van Triple en 8d games, Monika Theron en Jessica Meijer voor al het werk over ruimtelijke technologie en de implementatie ervan. Judith Schomaker, Anouk

Keizer en de mensen bij Cinedans voor alle aanstekelijke en waardevolle ideeën over hoe we ruimtelijke technologie nog beter kunnen begrijpen en gebruiken.

Veel dank ook aan alle leden van de Master Opleidings Commissie van psychologie en alle betrokkenen bij de onderwijs coördinatie van psychologie. Het is heel inspirerend om samen met jullie te mogen werken aan de kwaliteit van onze opleidingen. Ook bedank ik graag iedereen van het NVN bestuur, het is een eer om samen met jullie steeds weer mooie neuropsychologie congressen neer te zetten.

Soms vervaagt de grens tussen collega's zijn en vriendschap. Rebecca Schaefer, we begonnen samen in Leiden en wat was het fijn om samen die stap te kunnen zetten. Ik ben heel blij dat je er weer helemaal bent. Ik bewonder je warmte. Anouk Keizer, met een soort open whatsapp lijn overbruggen we de afstand tussen Utrecht en Leiden met gemak, of het nou over klusjes in huis, basisscholen van de kinderen of reviewercommentaren gaat, alles komt voorbij. Ik bewonder je authenticiteit.

Alle familie, schoonfamilie en vrienden wil ik ook heel graag noemen, Mannes en Marijke in het bijzonder. Heel veel dank voor jullie interesse, steun en de gezelligheid die het leven zoveel leuker maken.

Opgroeien met een juf, meester en twee grote broers in een huis vol nieuwsgierigheid en creativiteit. Wat wil je nog meer? Pap en mam, ik kan jullie niet genoeg bedanken voor jullie onvoorwaardelijke steun en betrokkenheid. Tom, grote broer, jij hebt mij geleerd om anders te kijken en anders te communiceren. Dat is enorm belangrijk voor het doen van goed onderzoek, dankjewel. Jetze, grote broer, weet je nog, samen liften in Canada? 'That dude's got integrity, man'. Die man had wel gelijk, dankjewel dat je er altijd voor me bent.

Dan tot slot, de vier allerbelangrijksten. Janna, Melle, Tygo, wat een geluk dat ik bij jullie mag horen. Samen met jullie is iedere belevenis een feestje. Ik ben supertrots op jullie, altijd!

Larry, wat moet ik zonder jou, niet zoveel, denk ik zo. Jij houdt me scherp en geeft kleur aan ons leven. Dankjewel voor wie je bent en alles wat je doet.

Ik heb gezegd.

Referenties

1. van der Ham, I. J., van Zandvoort, M. J., Meilinger, T., Bosch, S. E., Kant, N., & Postma, A. (2010). Spatial and temporal aspects of navigation in two neurological patients. *NeuroReport*, 21(10), 685-689.
2. Miller, J. B., & Barr, W. B. (2017). The technology crisis in neuropsychology. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 32(5), 541-554.
3. Gibbons, R. D., Weiss, D. J., Frank, E. & Kupfer, D. (2016). Computerized adaptive diagnosis and testing of mental health disorders. *Annual Review of Clinical Psychology*, 12, 83-104.
4. Reise, S. P. & Waller, N. G. (2009). Item response theory and clinical measurement. *Annual Review of Clinical Psychology*, 5, 27-48.
5. van Heugten, C. M., Ponds, R. W., & Kessels, R. P. (2016). Brain training: hype or hope?. *Neuropsychological rehabilitation*, 26(5-6), 639-644.
6. Gamito, P., Oliveira, J., Coelho, C., Morais, D., Lopes, P., Pacheco, J., ... & Barata, A. F. (2017). Cognitive training on stroke patients via virtual reality-based serious games. *Disability and rehabilitation*, 39(4), 385-388.
7. <https://www.gynzy.com/nl-nl>
8. Rubin, P. (2014) "The Inside Story of Oculus Rift and How Virtual Reality Became Reality". *Wired*. ISSN 1059-1028.
9. Diemer, J., Alpers, G. W., Peperkorn, H. M., Shibani, Y., & Mühlberger, A. (2015). The impact of perception and presence on emotional reactions: a review of research in virtual reality. *Frontiers in psychology*, 6, 26.
10. Rothbaum, B. O., Hodges, L., Smith, S., Lee, J. H., & Price, L. (2000). A controlled study of virtual reality exposure therapy for the fear of flying. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 68(6), 1020.
11. Botella, C., Serrano, B., Baños, R. M., & Garcia-Palacios, A. (2015). Virtual reality exposure-based therapy for the treatment of post-traumatic stress disorder: a review of its efficacy, the adequacy of the treatment protocol, and its acceptability. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 2533-2545.
12. Hoffman, H. G. (2004). Virtual-reality therapy. *Scientific American*, 291(2), 58-65.
13. Hoffman, H. G., Richards, T. L., Coda, B., Bills, A. R., Blough, D., Richards, A. L., & Sharar, S. R. (2004). Modulation of thermal pain-related brain activity with virtual reality: evidence from fMRI. *Neuroreport*, 15(8), 1245-1248.
14. Hoffman, H. G., Richards, T. L., van Oostrom, T., Coda, B. A., Jensen, M. P., Blough, D. K., & Sharar, S. R. (2007). The analgesic effects of opioids and immersive virtual reality distraction: evidence from subjective and functional brain imaging assessments. *Anesthesia & analgesia*, 105(6), 1776-1783.
15. Kammers, M. P., van der Ham, I. J., & Dijkerman, H. C. (2006). Dissociating body representations in healthy individuals: differential effects of a kinaesthetic illusion on perception and action. *Neuropsychologia*, 44(12), 2430-2436.
16. Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3549-3557.
17. Slater, M. (2018). Immersion and the illusion of presence in virtual reality. *British journal of psychology*, 109(3), 431-433.
18. Slater, M., Banakou, D., Beacco, A., Gallego, J., Macia-Varela, F., & Oliva, R. (2022). A separate reality: An update on place illusion and plausibility in virtual reality. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 914392.
19. https://store.steampowered.com/app/517160/Richies_Plank_Experience/
20. https://www.youtube.com/results?search_query=richie%27s+plank+experience
21. Slater, M., & Wilbur, S. A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of

- Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603-616, 1997.
22. Waltemate, T., Gall, D., Roth, D., Botsch, M., & Latoschik, M. E. (2018). The impact of avatar personalization and immersion on virtual body ownership, presence, and emotional response. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 24(4), 1643-1652.
 23. van der Ham, I. J., Faber, A. M., Venselaar, M., van Kreveld, M. J., & Löffler, M. (2015). Ecological validity of virtual environments to assess human navigation ability. *Frontiers in psychology*, 6, 637.
 24. Rose, T., Nam, C. S., & Chen, K. B. (2018). Immersion of virtual reality for rehabilitation-Review. *Applied ergonomics*, 69, 153-161.
 25. Servotte, J. C., Goosse, M., Campbell, S. H., Dardenne, N., Pilote, B., Simoneau, I. L., ... & Ghuysen, A. (2020). Virtual reality experience: Immersion, sense of presence, and cybersickness. *Clinical Simulation in Nursing*, 38, 35-43.
 26. Felnhofer, A., Kothgassner, O. D., Beutl, L., Hlavacs, H., & Kryspin-Exner, I. (2012). Is virtual reality made for men only? Exploring gender differences in the sense of presence. *Proceedings of the International Society on presence research*, 103-112.
 27. Lorenz, M., Brade, J., Klimant, P., Heyde, C. E., & Hammer, N. (2023). Age and gender effects on presence, user experience and usability in virtual environments—first insights. *PloS one*, 18(3), e0283565.
 28. Blondelle, G., Hainselin, M., Gounden, Y., & Quaglino, V. (2020). Instruments measuring prospective memory: a systematic and meta-analytic review. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 35(5), 576-596.
 29. Griffith, J. W., Sumner, J. A., Raes, F., Barnhofer, T., Debeer, E., & Hermans, D. (2012). Current psychometric and methodological issues in the measurement of overgeneral autobiographical memory. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 43, S21-S31.
 30. van der Ham, I. J., Kant, N., Postma, A., & Visser-Meily, J. M. (2013). Is navigation ability a problem in mild stroke patients? Insights from self-reported navigation measures. *Journal of rehabilitation medicine*, 45(5), 429-433.
 31. De Rooij, N. K., Claessen, M. H. G., van der Ham, I. J., Post, M. W. M., & Visser-Meily, J. M. A. (2019). The Wayfinding Questionnaire: A clinically useful self-report instrument to identify navigation complaints in stroke patients. *Neuropsychological rehabilitation*, 29(7), 1042-1061.
 32. van der Ham, I. J., Claessen, M. H., Evers, A. W., & van der Kuil, M. N. (2020). Large-scale assessment of human navigation ability across the lifespan. *Scientific Reports*, 10(1), 3299.
 33. Iaria, G., Bogod, N., Fox, C. J., & Barton, J. J. (2009). Developmental topographical disorientation: case one. *Neuropsychologia*, 47(1), 30-40.
 34. <https://www.volkskrant.nl/wetenschap/anna-kan-om-de-hoek-van-haar-huis-al-verdwalen-ze-heeft-zoals-ze-zelf-zegt-ruimtelijke-dyslexie~bd6aca70/>
 35. Ruginski, I. T., Creem-Regehr, S. H., Stefanucci, J. K., & Cashdan, E. (2019). GPS use negatively affects environmental learning through spatial transformation abilities. *Journal of Environmental Psychology*, 64, 12-20.
 36. Hegarty, M., & Waller, D. (2005). Individual differences in spatial abilities. *The Cambridge handbook of visuospatial thinking*, 121-169.
 37. Bogomolova, K., van der Ham, I. J., Dankbaar, M. E., van den Broek, W. W., Hovius, S. E., van der Hage, J. A., & Hierck, B. P. (2020). The effect of stereoscopic augmented reality visualization on learning anatomy and the modifying effect of visual-spatial abilities: A double-center randomized controlled trial. *Anatomical sciences education*, 13(5), 558-567.
 38. Hegarty, M., Montello, D. R., Richardson, A. E., Ishikawa, T., & Lovelace, K. (2006). Spatial abilities at different scales: Individual differences in aptitude-test performance and spatial-layout learning. *Intelligence*, 34(2), 151-176.
 39. Claessen, M. H., Visser-Meily, J. M., de Rooij, N. K., Postma, A., & van der Ham, I. J. (2016). The wayfinding questionnaire as a self-report screening instrument for na-

- vigation-related complaints after stroke: internal validity in healthy respondents and chronic mild stroke patients. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 31(8), 839-854.
40. Claessen, M. H., & van der Ham, I. J. (2017). Classification of navigation impairment: A systematic review of neuropsychological case studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 73, 81-97.
 41. Claessen, M. H., Visser-Meily, J. M., Meilinger, T., Postma, A., de Rooij, N. K., & van der Ham, I. J. (2017). A systematic investigation of navigation impairment in chronic stroke patients: Evidence for three distinct types. *Neuropsychologia*, 103, 154-161.
 42. van der Ham, I. J., Claessen, M. H., Evers, A. W., & van der Kuil, M. N. (2020). Large-scale assessment of human navigation ability across the lifespan. *Scientific Reports*, 10(1), 3299.
 43. van der Ham, I. J., & Claessen, M. H. (2022). A clinical guide to assessment of navigation impairment: Standardized subjective and objective instruments and normative data. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 44(7), 487-498.
 44. van der Ham, I. J., van der Kuil, M. N., & Claessen, M. H. (2021). Quality of self-reported cognition: Effects of age and gender on spatial navigation self-reports. *Ageing & Mental Health*, 25(5), 873-878.
 45. van der Ham, I. J., & Koutzmpi, V. (2022). Stereotypes and self-reports about spatial cognition: Impact of gender and age. *Current Psychology*, 1-9.
 46. van der Kuil, M. N., Evers, A. W., Visser-Meily, J. M., & van der Ham, I. J. (2020). The effectiveness of home-based training software designed to influence strategic navigation preferences in healthy subjects. *Frontiers in human neuroscience*, 14, 76.
 47. van der Kuil, M.N.A., Visser-Meily, J.M.A., Evers, A.W.M., & van der Ham, I.J.M. (2023, April 17). Navigation training for ABI patients: compensatory strategy training through blended care. <https://doi.org/10.31234/osf.io/5kuxc>
 48. Finnegan, D. J., O'Neill, E., & Proulx, M. J. (2016, May). Compensating for distance compression in audiovisual virtual environments using incongruence. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 200-212).
 49. Knapp, J. M., & Loomis, J. M. (2004). Limited field of view of head-mounted displays is not the cause of distance underestimation in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 13(5), 572-577.
 50. Stefanucci, J. K., Creem-Regehr, S. H., Thompson, W. B., Lessard, D. A., & Geuss, M. N. (2015). Evaluating the accuracy of size perception on screen-based displays: Displayed objects appear smaller than real objects. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 21(3), 215.
 51. van der Ham, I. J., Klaassen, F., van Schie, K., & Cuperus, A. (2019). Elapsed time estimates in virtual reality and the physical world: The role of arousal and emotional valence. *Computers in human behavior*, 94, 77-81.
 52. Cuperus, A. A., & van der Ham, I. J. (2016). Virtual reality replays of sports performance: Effects on memory, feeling of competence, and performance. *Learning and motivation*, 56, 48-52.
 53. Cuperus, A. A., Keizer, A., Evers, A. W., van den Houten, M. M., Teijink, J. A., & van der Ham, I. J. (2018). Manipulating spatial distance in virtual reality: Effects on treadmill walking performance in patients with intermittent claudication. *Computers in Human Behavior*, 79, 211-216.
 54. Cuperus, A. A., Disco, R. T., Sligte, I. G., van der Kuil, M. N., Evers, A. W., & van der Ham, I. J. (2019). Memory-related perceptual illusions directly affect physical activity in humans. *PLoS One*, 14(5), e0216988.
 55. Pyasik, M., Ciorli, T., & Pia, L. (2022). Full body illusion and cognition: A systematic review of the literature. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 104926.
 56. Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756-756.
 57. Yee, N., & Bailenson, J. (2007). The Proteus effect: The effect of transformed self-representation on behavior. *Human communication research*, 33(3), 271-290.

58. Farmer, H., & Maister, L. (2017). Putting ourselves in another's skin: using the plasticity of self-perception to enhance empathy and decrease prejudice. *Social Justice Research*, 30, 323-354.
59. Zhang, Y. G., Dang, M. Y., & Chen, H. (2020). An explorative study on the virtual world: Investigating the avatar gender and avatar age differences in their social interactions for help-seeking. *Information Systems Frontiers*, 22, 911-925.
60. Tammy Lin, J. H., & Wu, D. Y. (2021). Exercising with embodied young avatars: how young vs. older avatars in virtual reality affect perceived exertion and physical activity among male and female elderly individuals. *Frontiers in psychology*, 12, 693545.
61. Spencer, S. J., Steele, C. M., & Quinn, D. M. (1999). Stereotype threat and women's math performance. *Journal of experimental social psychology*, 35(1), 4-28.
62. Peck, T. C., Doan, M., Bourne, K. A., & Good, J. J. (2018). The effect of gender body-swap illusions on working memory and stereotype threat. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 24(4), 1604-1612.
63. Peck, T. C., Good, J. J., & Bourne, K. A. (2020, April). Inducing and mitigating stereotype threat through gendered virtual body-swap illusions. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-13).
64. Ratan, R., Klein, M. S., Ucha, C. R., & Cherchiglia, L. L. (2022). Avatar customization orientation and undergraduate-course outcomes: Actual-self avatars are better than ideal-self and future-self avatars. *Computers & Education*, 191, 104643.
65. Felnhofer, A., Kothgassner, O. D., Beutl, L., Hlavacs, H., & Kryspin-Exner, I. (2012). Is virtual reality made for men only? Exploring gender differences in the sense of presence. *Proceedings of the International Society on presence research*, 103-112.
66. Kuil, M. N. V. D., Visser-Meily, J. M., Evers, A. W., & Ham, I. J. V. D. (2018). A usability study of a serious game in cognitive rehabilitation: a compensatory navigation training in acquired brain injury patients. *Frontiers in psychology*, 9, 846.
67. van der Ham, I. J., van der Vaart, R., Miedema, A., Visser-Meily, J. M., & van der Kuil, M. N. (2020). Healthcare professionals' acceptance of digital cognitive rehabilitation. *Frontiers in psychology*, 11, 617886.

