

Nep echt

Verrijk de wereld met augmented reality



Auteurs

Dhoya Snijders, Eef Masson, Serf Doesborgh, Roos Groothuizen, Rinie van Est, m.m.v. Lilian van Hove en Menno Nagel

Foto omslag

Rathenau Instituut

Bij voorkeur citeren als:

Rathenau Instituut (2020). *Nep echt – Verrijk de wereld met augmented reality*. Den Haag (auteurs: Snijders, D., E. Masson, S. Doesborgh, R. Groothuizen & R. van Est).

Noot bij nieuwe versie van 20 april 2022:

Deze versie is van 20 april 2022 en bevat wijzigingen ten opzichte van de eerste versie uit oktober 2020. Op pagina 16, 78 en 87 wordt een algoritme genoemd dat ongewenste elementen in het straatbeeld, zoals daklozen of de plekken waar ze slapen, weg kan filteren. Een dergelijk algoritme bestaat (nog) niet. Bij publicatie hadden de auteurs zelf nog niet in de gaten dat het betreffende bericht een geval van nepnieuws was.

Voorwoord

Met *augmented reality* (AR) zijn we een nieuwe omgeving aan het opbouwen. We maken virtuele versies van onze straten, onze meubels en ons uiterlijk en voegen die als virtuele 'lagen' toe aan de werkelijkheid. Zo kunnen we bijvoorbeeld via een mobieltje ons huis virtueel inrichten. De opkomst van dit soort immersieve technologie kondigt een nieuwe fase aan in de digitale samenleving. Het digitale domein is hierin niet meer gekoppeld aan een beeldscherm, muis of toetsenbord, maar wordt volledig geïntegreerd in onze beleving van de werkelijkheid.

Het doet me denken aan 'Alice in Spiegelland', een beroemd verhaal van Lewis Carroll. Hierin klimt Alice door een spiegel en komt zij in een nieuwe wereld terecht. Deze lijkt sterk op onze wereld, maar is net even anders. In de spiegelwereld kun je spreken met schaakstukken of bloemen en een nieuwe identiteit aannemen. Het is onduidelijk wat in Spiegelland nu precies de omgangsvormen en de regels zijn. Net als in de spiegelwereld van Alice, raken we door AR ondergedompeld in een nieuwe omgeving. Daarin kan ons zelfbeeld en ons beeld van de omgeving verstoord worden. Anders dan in Spiegelland, kan dit directe gevolgen hebben voor onze leefwereld. Kunnen we in deze fysiek-virtuele wereld echt onderscheiden van nep? Welke impact heeft AR op de inrichting van onze publieke ruimtes? En hoe zorgen we dat immersieve technologie onze wereld verrijkt en niet verarmt?

Dit rapport gaat op deze vragen in, door middel van een literatuurstudie, diepte-interviews en artistiek ontwerpend onderzoek. Omdat onze vragen toekomstgericht zijn, hebben we verbeelding een expliciete plek geven. Samen met onze *artist-in-residence* ontwikkelden we scenario's en een spel, om zicht te krijgen op de sociale kwesties die spelen rond AR. We constateren dat nauwelijks publieke discussie plaatsvindt over onze fysiek-virtuele wereld. De ontwikkeling van AR-technologie ligt nu voornamelijk in handen van grote technologiebedrijven. Zij ontwerpen deze spiegelwereld vanuit hun eigen, commerciële belangen. Bij AR staat echter veel op het spel: onze beleving van de werkelijkheid. Het is dan ook tijd voor een breed publiek debat over de maatschappelijke inbedding van AR. Het is belangrijk dat we samen nadenken over de regels en sociale omgangsvormen van de fysiek-virtuele wereld en deze maatschappelijk verantwoord inrichten. We presenteren elf ontwerpregels voor een leefbare fysiek-virtuele wereld, bij wijze van startschot voor een breed debat.

Dit onderzoek past in ons onderzoeksthema 'Digitale samenleving'. Hierbinnen onderzoeken we nieuwe technologieën die onze interactie met de computer en de digitale wereld veranderen en die immersief zijn: technologieën waarin we worden ondergedompeld. Dit najaar publiceren we ook een onderzoek naar spraaktechnologie. Eerder publiceerden we *Verantwoord Virtueel*, over *virtual reality*.

Dr. ir. Melanie Peters
Directeur Rathenau Instituut

Samenvatting

Onze zintuigen stellen ons in staat om de werkelijkheid te horen, te zien, te voelen en te ruiken. *Augmented reality* (AR) legt een digitale laag over die werkelijkheid heen. Zo ontstaat er een 'hybride' wereld, die tegelijkertijd fysiek en virtueel is. Men kan deze hybride werelden beleven via smartphones, headsets of slimme brillen. De aansturing werkt niet met een toetsenbord of muis, maar via *touch screens*, spraak en gezichts- en lichaamsbewegingen. Gamers kunnen zo op straat op virtuele monsters jagen, kunstenaars kunnen in de stad virtuele kunstwerken plaatsen, en soldaten kunnen in een gevechtssituatie direct tactische informatie krijgen.

In de afgelopen jaren is de AR-industrie uitgegroeid tot *big business*. Ontwikkelingen in de sector hebben geleid tot innovaties in diverse sectoren, zoals de veiligheid, de zorg, de architectuur, de marketing en in onderwijs en training. AR helpt gebruikers middels digitale simulaties werkprocessen anders in te richten of op afstand samen te werken. Daarnaast zijn er ook succesvolle consumentenapplicaties: games zoals *Pokémon GO*, of sociale-media-applicaties zoals *Snapchat* en *TikTok* (die werken met AR-lenzen of -filters). Alleen al in Nederland hebben deze apps samen miljoenen gebruikers. Grote Amerikaanse en Chinese technologiebedrijven zoals Google, Microsoft, Huawei en Bytedance hebben vele duizenden AR/VR-werknemers in dienst en vragen per jaar duizenden patenten aan voor dit soort technologieën. De meeste grote internetbedrijven zijn bezig met de ontwikkeling van AR-sets. Techbedrijven zien AR dan ook als een belangrijk onderdeel van hun toekomstige bedrijfsmodel.

AR kan gezien worden als een nieuwe fase in de informatiesamenleving, waarin het virtuele domein doorsijpelt in het fysieke domein. De technologie modificeert onze waarneming van de fysieke werkelijkheid. AR verandert hoe we onze omgeving zien, horen en voelen – en bijgevolg ook wat we erover kunnen denken en hoe we erin kunnen handelen. Gebruikers van AR beleven de online wereld niet langer als een afzonderlijk domein, toegankelijk via een (desktop- of mobiele) computer. Ze kijken met een AR-bril als het ware 'door het net' naar de wereld. Daarbij beleven ze ook de digitale elementen van die wereld driedimensionaal en immersief. Vaak sturen ze die op een intuïtieve manier aan, bijvoorbeeld middels spraak, een knipoog of een handbeweging. Dat zorgt ervoor dat het fysieke en het virtuele in de ervaring van de gebruiker in elkaar op kunnen gaan.

Juist door de directe koppeling van AR met de fysieke wereld, roept de technologie ook maatschappelijke vragen op. Ten eerste is voor het produceren van een AR-

omgeving veel persoonlijke data nodig. Dat roept privacykwesties op, bijvoorbeeld rond de bescherming van persoonsgegevens, data-eigenaarschap en dataveiligheid. Ten tweede roept AR vragen op over perceptie- en gedragsbeïnvloeding. Producenten van AR-toepassingen krijgen namelijk de mogelijkheid om via apparaten en applicaties te controleren en te sturen wat gebruikers zien, horen en voelen. Ten derde brengt de technologie kwesties rond ruimtelijke ordening met zich mee. Is het bijvoorbeeld een goed idee om jongeren naar virtuele monsters te laten zoeken nabij drukke wegen, treinsporen, of op gewijde locaties? Mag ik een virtuele kopie van de Chinese muur plaatsen op het Binnenhof?

In het rapport *Nep echt* stellen we daarom de vraag:

Hoe kan AR op een maatschappelijk verantwoorde wijze worden ontwikkeld en toegepast?

Om te komen tot een antwoord, bekijken we hoe de technologie werkt, welke maatschappelijke en ethische vraagstukken de technologie oproept en welke rol met name de overheid kan spelen bij een maatschappelijk verantwoorde inbedding van AR in de samenleving. Daartoe hanteren we verschillende onderzoeksmethoden. Via interviews met ontwerpers, gebruikers en andere betrokkenen schetsen we de stand van zaken rond AR in Nederland. We kijken daarbij zowel naar professionele praktijken (bijvoorbeeld in de neurochirurgie, de bouw en de logistiek), als naar entertainmenttoepassingen. Ons overzicht van maatschappelijke vraagstukken is gebaseerd op een analyse van relevante wetenschappelijke literatuur. En omdat de materie van deze studie toekomstgericht is, geven we ook een plek aan de artistieke verbeelding.

Hoe werkt AR?

AR kunnen we begrijpen als een nieuw type omgeving, die wezenlijk anders is dan zowel de fysieke als de virtuele omgeving. Het specifieke van AR is, dat de fysieke en virtuele omgeving in elkaar overvloeien. Zo ontstaat een *hybride fysiek-virtuele omgeving*. Gebruikers kunnen die omgeving ervaren middels een scala aan AR-systemen. Die systemen maken twee dingen mogelijk. Ten eerste creëren ze een hybride omgeving door virtuele elementen aan te maken en die te koppelen aan specifieke fysieke plaatsen, objecten of mensen. Een gezichtsfilter op *Snapchat*, bijvoorbeeld, maakt een masker aan van een dier, dat direct gekoppeld wordt aan een *real-time*, digitaal beeld van iemands gezicht. Ten tweede functioneren AR-systemen als een *interface* tussen de gebruiker en die hybride omgeving. Dat betekent dat ze de hybride omgeving middels schermpjes, audio-apparatuur of haptische apparatuur waarneembaar maken voor de gebruiker en ervoor zorgen dat die daarin handelingen kan verrichten.

Daaraan komt een breed scala aan digitale technologieën te pas: biosensoren, camera's, krachtige processoren, kunstmatige intelligentie, digitale platforms en robotica. Ze worden ingezet om data over de gebruiker en diens omgeving te verzamelen, te analyseren en toe te passen. De gebruiker wordt dus continu door een AR-systeem gemonitord. De data die dit oplevert, wordt gekoppeld aan voorgeprogrammeerde informatie of informatie die het systeem aantreft in andere databases, profielen of op het internet. De virtuele elementen van de hybride omgeving worden continu aangepast aan de veranderende omstandigheden van de gebruiker, zodat die de AR-wereld als 'natuurlijk' kan ervaren.

Elf ontwerpregels voor een hybride wereld

Op dit moment vindt nauwelijks publieke discussie plaats over de hybride wereld: hoe die eruit zou moeten zien en wie er betrokken moet worden bij het ontwerp ervan. De ontwikkeling van AR-technologie ligt nu voornamelijk in handen van (vooral grote) commerciële technologiebedrijven. Zij ontwerpen de hybride wereld vanuit hun eigen, private belangen. Bij AR staat echter veel op het spel: onze beleving van de werkelijkheid, maar ook de inrichting van de fysieke leefomgeving – ook voor hen die geen gebruik van AR maken. Vanuit het algemene belang bekeken, is het onverantwoord om dergelijke beslissingen geheel over te laten aan de markt. Het is de hoogste tijd voor een politiek en breed publiek debat over de maatschappelijke inbedding van AR.

Om dit debat aan te zwengelen, formuleert *Nep echt* elf ontwerpregels voor maatschappelijk verantwoorde AR. Die ontwerpregels hangen samen met de maatschappelijke en ethische kwesties die nu en in de nabije toekomst spelen bij de toepassing van AR. Aan de hand van diverse praktijken waarin AR wordt toegepast en (wetenschappelijke) literatuur, maken we onderscheid tussen drie typen kwesties: data-, beïnvloedings- en ruimtelijke-orderingskwesties. Per type kwestie benoemen we hieronder enkele specifieke maatschappelijke en ethische vraagstukken. Aansluitend daarop volgen enkele ontwerpregels en acties voor de overheid. De gewenste acties staan schuingedrukt in de tekst.

De eerste ontwerpregel ontstaat uit de diverse kwesties en benadrukt het belang van samenwerking tussen alle belanghebbenden: bedrijven, burgers, kennisinstellingen én maatschappelijke partijen. De overheid dient een voortrekkersrol te spelen in de zoektocht naar een leefbare hybride wereld.

Ontwerpregel 1. Bouw samen aan de hybride omgeving van de toekomst

Datakwesties, ontwerpregels en gewenste acties

AR-systemen maken gebruik van persoonlijke data. Dat betekent dat ze informatie ophalen over de locatie van de AR-gebruiker, maar ook diens lichaamsbewegingen,

gebaren, gezichtskenmerken en gedrag meten. Daarnaast registreren AR-systemen allerlei omgevingsdata. Die betreffen niet alleen de plaats en kenmerken van objecten, maar ook van andere AR-gebruikers en zelfs van niet-gebruikers. Daarbij gaat het vaak om intieme informatie, aan de hand waarvan mensen uniek identificeer zijn. Het gebruik van AR-apparaten, bijvoorbeeld slimme brillen met camera's, kan in publieke of private ruimten dus de anonimiteit van mensen bedreigen. Bovendien kunnen applicaties de verzamelde data met derde partijen delen, zonder dat de gebruiker dit door heeft.

Behalve privacykwesties, spelen er bij AR ook vragen rondom eigenaarschap. AR-applicaties kunnen leiden tot eigendomsvertredingen of vernielingen aan privaat of publiek bezit, omdat ze personen ertoe verleiden om locaties te bezoeken waar ze anders niet zouden komen. Bovendien maakt AR het mogelijk om fysiek eigendom digitaal te modificeren. Daarbij rijst de vraag of virtuele 'bekladding' toelaatbaar is, bijvoorbeeld als het andermans huis of de openbare ruimte betreft. Een andere vraag is, of de gebruiker het exclusieve recht heeft op zijn eigen waarneming of bewegingsprofiel. Data over gezichts- en oogbewegingen kunnen inzichten opleveren over waarnemingen van gebruikers. Voor AR-bedrijven zijn deze data nuttig bij het creëren van hybride werelden, maar ook lucratief, omdat de data verhandeld kunnen worden. Gebruikers kunnen aan de hand van deze data namelijk geprofileerd en beïnvloed worden, bijvoorbeeld voor commerciële doeleinden.

Het ontstaan van datakwesties rond AR vraagt om aanscherping van definities en om expliciete juridische afspraken. Hoe moet eigendom in een hybride omgeving begrepen en gereguleerd worden? Mogen bedrijven omgaan met biometrische en andere 'intieme' data van gebruikers, en zo ja: hoe?

Uit deze kwesties volgen de volgende drie ontwerpregels en gewenste acties:

Ontwerpregel 2. Waarborg de privacy van AR-gebruikers

Ontwerpregel 3. Waarborg de anonimiteit en privacy van niet-gebruikers

Gewenste actie: *Totdat op EU-niveau regels zijn vastgesteld, dient de Nederlandse overheid een moratorium in te stellen op het gebruik van AR-toepassingen in de publieke ruimte waarmee burgers door middel van biometrie geïdentificeerd kunnen worden.*

Ontwerpregel 4. Verhelder in de hybride wereld zowel fysieke als virtuele eigendoms-kwesties

Gewenste actie: *Het Ministerie van Justitie en Veiligheid dient de juridische kaders te verhelderen aangaande eigendom van virtuele objecten, met name in relatie tot het eigendom van mensen, inclusief hun lichaam.*

Beïnvloedingskwesties, ontwerpregels en gewenste acties

Een AR-apparaat is een soort digitale prothese, die onze perceptie van de werkelijkheid digitaal modificeert en zodoende stuurt wat we zien, horen en voelen, maar ook (kunnen) denken en doen. AR kan daarmee van invloed zijn op het fysieke en mentale welzijn van zijn gebruikers. De technologie ontwikkelt zich snel en biedt steeds krachtigere immersieve ervaringen, waardoor het onderscheid tussen virtueel en fysiek, of tussen nep en echt, voor hen steeds moeilijker te maken is. Partijen die AR-systemen, platforms of *content* ontwikkelen, kunnen daarmee op steeds verregaandere wijze bepalen wat gebruikers ervaren. Dat kan nuttig zijn, bijvoorbeeld in het kader van therapieën of leerervaringen, maar het kan ook leiden tot een zwakke informatiepositie voor burgers, of tot misleiding.

AR kan op allerlei manieren de cognitieve mogelijkheden van mensen vergroten. Op de werkvloer kan de technologie ingezet worden om werknemers snel nieuwe vaardigheden bij te brengen. Het tegenovergestelde is echter ook mogelijk. Als AR-technologie precies bepaalt wanneer een werknemer welke handeling moet verrichten, kan menselijk werk ook gedegradeerd worden tot robotarbeid. In het entertainmentdomein kunnen apps zoals *Snapchat* vertier brengen, maar ze stimuleren gebruikers ook tot het creëren van een ideaal digitaal beeld van zichzelf. Er bestaan daarom zorgen dat veelvuldig gebruik van AR niet alleen gevaar voor verslaving oplevert, maar ook tot een vertekend zelfbeeld of zelfs tot vormen van *body dysmorphic disorder (BDD)* leidt.

Gezien deze beïnvloedingskwesties is behoefte aan meer wetenschappelijke reflectie op, en publieke discussie over, de maatschappelijke betekenis van AR als een technologie die tussen ons en de werkelijkheid in staat.

Uit deze kwesties volgen de volgende vier ontwerpregels en gewenste acties:

Ontwerpregel 5. Bescherm de mentale en fysieke gezondheid van AR-gebruikers

Gewenste actie: *Het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport dient onderzoek en publiek debat over de gezondheidseffecten van AR te stimuleren. Het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap dient ervoor te zorgen, dat omgaan met AR onderdeel wordt van het beleid op het gebied van mediawijsheid.*

Ontwerpregel 6. Versterk menselijke capaciteiten op een waardige en eerlijke wijze**Ontwerpregel 7. Bescherm de cognitieve autonomie van mensen**

Gewenste actie: *De overheid dient onderzoek en debat te stimuleren over sociale normen en waarden (sociale etiquette) in de hybride wereld.*

Ontwerpregel 8. Zorg voor eerlijke machtsverhoudingen in de hybride wereld

Gewenste actie: *Het Ministerie van Economische Zaken dient te verhelderen hoe de overheid op het terrein van AR eerlijke verhoudingen tussen bedrijven onderling en tussen bedrijven en AR-gebruikers gaat waarborgen.*

Ruimtelijke-ordeningskwesties, ontwerpregels en gewenste acties

Omdat AR de digitale wereld direct koppelt aan de fysieke omgeving, ontstaan ook nieuwe vraagstukken omtrent ruimtelijke ordening. AR biedt mogelijkheden om de fysieke omgeving digitaal opnieuw in te richten. Dat heeft niet alleen gevolgen in de hybride omgeving zoals de gebruiker die ervaart, maar ook in de fysieke ruimte en voor anderen die zich daar bevinden. Bij de introductie van *Pokémon GO* ontstond bijvoorbeeld een situatie waarbij duizenden spelers van het spel verleid werden naar het Haagse Kijkduin te trekken. Dat leidde tot allerlei vormen van overlast voor bewoners en tot schade aan de natuur.

De digitale wereld met haar *cookies* en *trackers* dringt nu door in ruimtes en leefwerelden die voorheen geheel analoog waren. Zo 'koloniseert' het digitale domein als het ware de fysieke wereld, hetgeen kan leiden tot commercialisering – ook van openbare ruimtes zoals natuurparken, stranden of pleinen. Dat kan afbreuk doen aan het gemeenschappelijke karakter van die plekken.

Omdat AR verregaande consequenties heeft voor het gebruik van de fysieke ruimte, is het belangrijk dat de overheid gaat verkennen hoe de hybride wereld op maatschappelijk verantwoorde wijze ingericht kan worden en wat voor regels daarvoor nodig zijn.

Uit deze kwesties volgen de volgende drie ontwerpregels en gewenste acties:

Ontwerpregel 9. Geef burgers controle over hun fysiek-virtuele identiteit

Gewenste actie: *Het Ministerie van Justitie en Veiligheid dient te verhelderen wat het recht op lichamelijke integriteit betekent in het kader van AR.*

Ontwerpregel 10. Zorg voor publieke ruimtes in de hybride wereld

Gewenste actie: *De overheid dient te onderzoeken hoe op de lange termijn het publieke karakter van de hybride openbare ruimte gewaarborgd kan worden.*

Ontwerpregel 11. Richt de hybride leefomgeving maatschappelijk verantwoord in

Gewenste actie: *De overheid dient te verkennen hoe de hybride omgeving op een maatschappelijk verantwoorde wijze ingericht kan worden.*

Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting	4
1 Fysiek en virtueel in de mix	13
1.1 Inleiding	13
1.2 AR als hybride fysiek-virtuele omgeving	15
1.3 Digitalisering van de beleving van de wereld	18
1.4 De maatschappelijke betekenis van AR	19
1.5 Onderzoeksvragen	21
1.6 Leeswijzer	22
2 De werking van AR	24
2.1 Inleiding	24
2.2 Data verzamelen en analyseren	25
2.3 Data toepassen: AR maken en ervaren	28
2.4 AR-apparaten	31
2.5 Vergezichten: van AR tot <i>augmented human</i>	34
2.6 Conclusie	38
3 AR in de praktijk	40
3.1 Inleiding	40
3.2 AR in de neurochirurgie	41
3.3 AR bij de bouw van de Boekelose brug	44
3.4 AR bij dekmarkering in de logistiek	46
3.5 AR in distributiecentra: <i>vision picking</i>	48
3.6 <i>Pokémon Go</i> in Kijkduin	52
3.7 <i>Mirror Worlds</i> op station Den Haag Centraal	54
3.8 Reflecties	57
Intermezzo: visuele toekomstscenario's voor AR	60
4 AR in de literatuur: ethische en maatschappelijke kwesties	66
4.1 Inleiding	66
4.2 Datakwesties	67
4.3 Beïnvloedingskwesties	72
4.4 Kwesties aangaande ruimtelijke ordening	76
4.5 Conclusie	79

5	Elf ontwerpregels voor een leefbare hybride wereld	81
5.1	Inleiding	81
5.2	AR als nieuwe omgeving	81
5.3	Datakwesties	83
5.4	Beïnvloedingskwesties	85
5.5	Ruimtelijke ordeningskwesties	88
5.6	Samen op zoek naar regels voor AR	91
	Literatuurlijst	93
	Bijlage: Bronnen literatuurstudie ethische en maatschappelijke kwesties .	107

1 Fysiek en virtueel in de mix

1.1 Inleiding

Met onze zintuigen ervaren we de fysieke werkelijkheid. We zien de blauwe lucht, horen de zee en voelen de wind in onze haren. Met *augmented reality* (AR) kunnen virtuele elementen aan die werkelijkheid worden toegevoegd. Zo ontstaat een 'hybride werkelijkheid', die zowel fysieke als virtuele elementen heeft. Via smartphones, AR-headsets of slimme brillen kunnen AR-gebruikers die digitaal aangepaste werkelijkheid ervaren en daarin handelingen verrichten.

Daardoor wordt het bijvoorbeeld mogelijk om op virtuele monsters te jagen op het treinstation, om soldaten tactische informatie te geven in gevechtssituaties, om een virtueel mondkapje aan te brengen op iemands gezicht of om machines te ontwerpen (zie figuur 1.1). AR-systemen kunnen zo op allerlei manieren de cognitieve en zintuiglijke vermogens van mensen digitaal beïnvloeden.



Figuur 1.1 Gebruik van AR door ingenieurs

Bron: Microsoft

Hoewel AR-technologie nog volop in ontwikkeling is, is AR zeker geen science fiction meer. De eerste professionele AR-toepassingen kwamen begin jaren '90 tot stand binnen de Amerikaanse luchtmacht (Rosenberg 1992) en bij vliegtuigbouwer Boeing (Caudell & Mizell 1992). Inmiddels gebruiken legers over de hele wereld AR-headsets, bijvoorbeeld voor digitale simulaties, onderwijs en samenwerking op afstand. Het Amerikaanse leger bestelde al meer dan honderdduizend exemplaren van de HoloLens, de AR-headset die Microsoft in 2016 introduceerde (Brustein 2018). Het afgelopen decennium heeft het gebruik van headsets en slimme brillen ook in andere professionele kringen een vlucht genomen. Chirurgen experimenteren met visualisaties in AR, architectenbureaus gebruiken AR-systemen om driedimensionaal gebouwen te ontwerpen en te bouwen en bij distributiecentra hoopt men medewerkers middels virtuele aanwijzingen efficiënter te laten werken.

Daarnaast zijn er tal van AR-toepassingen voor consumenten. Velen zullen zich Google Glass herinneren: een slimme bril waarvan de bètaversie in 2014 werd gelanceerd, maar die in 2015 wegens privacybezwaren alweer van de markt werd gehaald. *Pokémon GO*, een spelapplicatie voor de mobiele telefoon, had meer succes. Het spel brak in 2016 alle download-records. Binnen 19 dagen werd het spel 50 miljoen keer gedownload (Nelson 2016). *Pokémon GO* maakt gebruik van AR en GPS om virtuele wezens, genaamd Pokémon, in de openbare ruimte te plaatsen. Spelers kunnen via de camera van een smartphone de wezens zien en vangen. Daarnaast hebben bekende sociale-media-applicaties zoals *Instagram* (5,6 miljoen gebruikers in Nederland), *Snapchat* (2,7 miljoen gebruikers) of *TikTok* (400.000 gebruikers), AR-opties waarmee foto- en filmbeelden *real-time* door middel van virtuele lagen aangevuld kunnen worden (Oosterveer 2020). Een ander voorbeeld is de populaire app *IKEA Place*, waarmee men via de tablet of de smartphone, virtuele meubels in zijn woning kan plaatsen. Tenslotte zijn ook slimme oortjes een geliefde toepassing van AR. Men spreekt in dit verband van *augmented hearing*, omdat de oortjes geluiden uit de omgeving kunnen onderdrukken of versterken, of er andere audiosignalen – zoals muziek – aan toe kunnen voegen.

AR-ontwikkelaars beloven ons spannende nieuwe ervaringen en veel mogelijkheden om ons huis, onze straat, en ons kantoor op een nieuwe manier in te richten en beleven. De opmars van de technologie roept ook ethische en maatschappelijke vragen op. Wat vinden we er bijvoorbeeld van dat bedrijven via AR-games (vaak jeugdige) spelers verleiden om hun producten te kopen? Wat vinden we ervan dat AR-applicaties met hun slimme camera's de gezichten en het gedrag van nietsvermoedende voorbijgangers kunnen herkennen en registreren? En wat gebeurt er met al die intieme data die verzameld worden over gebruikers en niet-gebruikers?

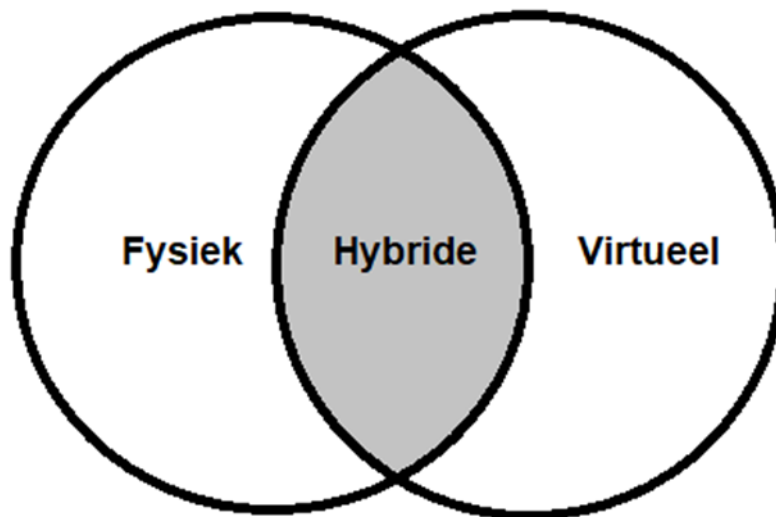
In dit hoofdstuk geven we eerst een definitie van AR. Op basis van die definitie betogen we, dat de technologie een nieuwe fase in de informatiesamenleving inluidt: een fase waarin het digitale domein onze fysieke omgeving koloniseert en hetgeen we zien, horen en voelen door digitale technologie veranderd kan worden. Vervolgens bespreken we het conceptuele kader, waarmee we zicht willen krijgen op de maatschappelijke betekenis van AR. We hebben dit conceptuele kader ook nodig om aandacht te kunnen besteden aan de maatschappelijke en ethische vragen die AR oproept. We onderscheiden drie typen kwesties: data-, beïnvloedings- en ruimtelijk-orderingskwesties. Tot slot presenteren we de onderzoeksvragen die we in dit rapport stellen en bieden we een leeswijzer.

1.2 AR als hybride fysiek-virtuele omgeving

We kunnen AR het beste begrijpen als een nieuw type omgeving, die wezenlijk anders is dan zowel de fysieke als de virtuele omgeving. De *fysieke omgeving* ervaren we rechtstreeks met onze zintuigen, zonder digitale hulpmiddelen. De fysieke omgeving wordt bepaald door een bepaalde plaats en verandert in de tijd. In de fysieke omgeving gelden sociale normen en regels. In een operatiekamer gelden bepaalde gedragsregels; op een openbaar dorpsplein ook.

Tegenover de fysieke omgeving staat de volledig computergegenereerde *virtuele omgeving*. De virtuele omgeving wordt met digitale technologie gemaakt en kan alleen met behulp van digitale technologie ervaren worden. Het beleven ervan vergt een speciaal systeem – een *virtual-reality*-systeem (of VR-systeem) – dat de gebruiker onderdompelt in een gesimuleerde, virtuele omgeving. De virtuele werkelijkheid staat grotendeels los van de bestaande fysieke context en kent ook een andere sociale context. Omdat de virtuele werkelijkheid volledig gedigitaliseerd is, noemt Munnik het een plaatsloze en contextloze werkelijkheid (2013, pp. 342-344).

Het specifieke van AR is dat de fysieke en virtuele omgeving in elkaar overvloeien. Zo ontstaat een nieuw type *hybride omgeving*, die zowel fysiek als virtueel is (zie figuur 1.2). Bij de ervaring van een hybride omgeving, is de gebruiker fysiek of lijfelijk in die omgeving aanwezig en is hij zich daarvan bewust, maar kan hij ook virtuele elementen ervaren. In tegenstelling tot het plaatsloze VR, is AR dus een omgeving waar mensen zich (ook) fysiek bevinden, en die steeds aan een bepaalde plaats, tijd en sociale context gebonden is. Bij het onderzoeken van de maatschappelijke en ethische aspecten van AR, speelt de fysieke en sociale context waarin AR wordt toegepast dan ook een cruciale rol.



Figuur 1.2 Hybride fysiek-virtuele omgevingen bestaan uit een combinatie van fysieke en virtuele elementen.

Bron: Rathenau Instituut

AR-systemen

Om AR te kunnen ervaren, zijn AR-systemen nodig. Die systemen maken twee dingen mogelijk. Ten eerste creëren ze een hybride omgeving op basis van verschillende data. Ten tweede functioneren ze als een interface tussen de gebruiker en de hybride omgeving. Dat betekent dat AR-systemen de AR-omgeving waarneembaar maken voor de gebruiker, (door middel van beeld, geluid en sensoren), en ervoor zorgen dat de gebruiker daarin handelingen kan verrichten.

AR-systemen creëren een hybride omgeving, door virtuele elementen te maken en te koppelen aan specifieke fysieke plaatsen, objecten of mensen. Denk aan een virtuele menukaart die wordt gekoppeld aan de deur van een bepaald restaurant. Die informatie komt dus over de fysieke omgeving te liggen. Mann (2013) spreekt in dit verband van virtuele 'lagen' en stelt dat het bij AR gaat om het stapelen ('superponeren') van verschillende soorten virtuele lagen op de fysieke gebruikersomgeving, zodat die digitaal uitgebreid of 'geaugmenteerd' wordt. Doorgaans voegen de virtuele lagen iets aan de fysieke of materiële omgeving toe, maar ze kunnen er ook iets aan onttrekken door componenten van de omgeving aan te passen of te verbergen. Men spreekt in dat laatste geval van *diminished reality*, of 'verminderde' realiteit (zie Kunert et al. 2019; Kotsios 2015). Daarbij worden ongewenste beeldelementen of storende geluiden weggefilterd.

Daarnaast stelt het AR-systeem de gebruiker in staat om de bovengenoemde algoritmisch geconstrueerde hybride fysiek-virtuele omgeving te ervaren. Daar zijn diverse apparaten voor: van smartphones en tablets tot AR-headsets en slimme brillen. Mediawetenschapper Manovich typeert AR als een nieuw interfaceparadigma, 'waarbij context-specifieke en dynamische informatie wordt toegevoegd aan het gezichtsveld van een gebruiker' (2006, p. 222).¹ Brinkman spreekt van een 'technologie om virtuele objecten, die [...] gekoppeld zijn aan de echte wereld, te presenteren aan de zintuigen van een individu' (2014, p. 151). Daarbij kan het gaan om het zicht (waarbij sprake is van een visuele ervaring), maar ook andere zintuigen, zoals het gehoor (auditieve ervaring) of de tastzin (haptische ervaring).

In AR-systemen werkt een cluster van digitale technologieën samen: biosensoren (zoals gezichts- en gedragsherkenningcamera's), krachtige processoren, artificiële intelligentie (AI), digitale platformen, persuasieve technologie, VR en robotica. Die technologieën worden ingezet om data te verzamelen, te analyseren en toe te passen. Het AR-systeem monitort de gebruiker en diens omgeving continu. Daarbij wordt informatie over die gebruiker en diens omgeving gekoppeld aan informatie die is voorgeprogrammeerd, of informatie die het systeem aantreft in andere databases, profielen of op het internet. Op basis van de analyse van die data worden de virtuele elementen van de hybride omgeving continu aangepast aan de veranderende omstandigheden van de gebruiker, zodat die een 'vloeiende' hybride omgeving kan ervaren. Een AR-systeem is dus bovenal een digitale datamachine: een technisch systeem dat data verzamelt, analyseert en toepast.

Samenvattend kunnen we stellen dat AR-systemen **digitale datamachines** zijn, die data verzamelen, analyseren en toepassen. AR-systemen brengen een **hybride. fysiek-virtuele omgeving** tot stand. Tegelijkertijd zijn het ook **interfacesystemen**, die de gebruiker **zintuiglijk toegang geven** tot de hybride omgeving en hem daarin handelingen laten verrichten. De hybride fysiek-virtuele omgeving die AR construeert, is gebonden aan **plaats, tijd en sociale context** en wordt opgebouwd uit fysieke elementen en **virtuele lagen**. De virtuele lagen zijn in veel gevallen **visueel** van aard (ze worden via een scherm in het gezichtsveld aan de gebruiker gepresenteerd), maar kunnen ook andere zintuigen aanspreken, als ze **audiofeedback** bieden (bijvoorbeeld via een koptelefoon) of **haptische input** geven (via technologie die aanraking stimuleert, en zo de tastzin activeert). AR-systemen kunnen op allerlei manieren de cognitieve en zintuiglijke vermogens van mensen digitaal veranderen. Zo wordt de **perceptie van de werkelijkheid digitaal gemodificeerd**.

1 Alle vertalingen van citaten uit Engelstalige teksten zijn van de auteurs van dit rapport.

1.3 Digitalisering van de beleving van de wereld

De digitalisering van de werkelijkheidsbeleving die AR mogelijk maakt, luidt een nieuwe fase van de informatiesamenleving in. De opkomst van de PC in de jaren zeventig zorgde ervoor, dat de computer in allerlei plaatsen in de samenleving, inclusief thuis, een steeds grotere rol ging spelen (Bogaard et al. 2008). In de jaren negentig werd de pc onderdeel van het wereldwijde communicatienetwerk: het world wide web. Mensen gingen thuis massaal het internet op. Door de opkomst van laptops en met name smartphones, namen mensen in groten getale hun pc de publieke ruimte in (Hof et al. 2010). Daarnaast verschenen er ook steeds meer andere digitale apparaten in de openbare ruimte, zoals poortjes die alleen met digitale pasjes te openen zijn, slimme auto's en camera's die mensen en voertuigen monitoren. Het internet werd zo steeds meer een netwerk van apparaten, dat ons omgeeft, waar we ons ook bevinden. De publieke ruimte werd daarmee een *Internet of Things*.

In *Check in / check uit. De digitalisering van de openbare ruimte* werd die ontwikkeling in de informatiesamenleving geduid met de slogan: 'We gaan [...] van *op* naar *in* het net' (Hof et al. 2010, 16). De notie '*in* het net' verwees destijds naar de trend dat mensen steeds meer omringd werden door een netwerk van computers, zichtbaar en onzichtbaar. Via die computers werd het mogelijk om overal op ieder gewenst moment '*op* het net' te gaan en verbinding te maken met cyberspace. AR-apparaten dragen bij aan de digitalisering van de openbare en de private ruimte. Als een nieuw soort interface zorgt AR, met name de draagbare AR-bril, voor een nieuw fenomeen. Terwijl we op onze smartphones normaliter *naar* cyberspace kijken, kijken we door een AR-apparaat naar een hybride mix van de fysieke en virtuele werkelijkheid. Met AR gaan we niet alleen *in* het net, maar zien, horen en voelen we *door* het net.

AR-brillen digitaliseren de fysieke wereld waarin we leven zodoende op een zeer indringende manier. Hierboven beargumenteerden we al dat AR-technologie de fysieke wereld en de menselijke leefwereld op allerlei wijzen digitaal in kaart brengt. Daarmee is het ten eerste een intieme (Rathenau Instituut, 2014b) surveillancetechnologie (Zuboff 2019). Ten tweede legt AR virtuele lagen over de fysieke wereld heen, waarmee de technologie een hybride, fysiek-virtuele wereld creëert. AR-systemen zorgen daarmee voor een verdere digitale kolonisering van onze leefwereld. Ten derde zorgt de technologie ervoor, dat AR-gebruikers handelingen kunnen verrichten met en in de hybride wereld. Gebruikers onderwerpen daarmee hun zintuiglijke ervaringen van de werkelijkheid aan digitale filters. AR gaat dus in essentie om de digitalisering van de menselijke beleving van de (fysieke) wereld. Daarmee luidt AR een nieuwe fase van de informatiesamenleving in.

Bedrijven die groot geworden zijn in het internettijdperk, sorteren voor op het *Internet-of-Things*-tijdperk en de rol die AR daarin kan gaan spelen. Amerikaanse en Chinese techbedrijven zoals Samsung, Huawei, Facebook, Google, Microsoft en Magic Leap (dat grote geldinjecties kreeg van Google en Alibaba) investeren inmiddels miljarden in de AR-industrie. Een bedrijf als Facebook heeft inmiddels meer dan drieduizend AR/VR werknemers in dienst. Tussen 2002 en 2017 vroegen grote technologiebedrijven honderden AR-gerelateerde patenten aan. Microsoft spande daarbij de kroon, met maar liefst 745 aanvragen (Ghaffary & Molla 2020). In 2019 werden wereldwijd al meer dan 7000 AR/VR uitvindingen gepatenteerd. Techbedrijven zien AR – en daarmee het minutieus in kaart brengen van het gedrag van mensen, en het digitaal beïnvloeden van hoe zij de werkelijk ervaren en zich gedragen – dus als een belangrijk onderdeel van hun toekomstige bedrijfsmodel.

1.4 De maatschappelijke betekenis van AR

De opkomst van allerlei professionele toepassingen van AR binnen de publieke en private sector, de commerciële doorbraak van diverse AR-toepassingen, en de investeringen die grote techbedrijven doen in de ontwikkeling van AR, (in combinatie met het maatschappelijk radicale karakter van AR), maken het urgent om de maatschappelijke betekenis van AR te verhelderen.

We hebben AR beschreven als een datamachine, maar ook als een machine die de ervaring van de werkelijkheid beïnvloedt en als een machine die vormgeeft aan de hybride fysiek-virtuele ruimte. Op basis daarvan maken we het onderscheid tussen drie typen maatschappelijke kwesties: data-, beïnvloedings- en ruimtelijke-orderingskwesties. We lichten die kwesties hieronder kort toe. Aangezien het bij AR gaat om hybride, fysiek-virtuele omgevingen, gaan we ervan uit dat het een wezenlijk verschil kan maken *waar* – in welke fysieke omgeving – AR wordt toegepast. Daarom maken we ook een onderscheid tussen drie soorten ruimten: de publieke ruimte, de private ruimte en de persoonlijke ruimte.

Maatschappelijke kwesties

Ten eerste spelen er bij AR allerlei datakwesties, zoals vraagstukken rond de bescherming van persoonsgegevens, data-eigenaarschap en dataveiligheid. AR is een digitale informatie- en communicatietechnologie en functioneert als een datamachine. Om een hybride omgeving op te bouwen, verzamelen AR-systemen veel informatie over gebruikers en niet-gebruikers. AR-systemen slaan die gegevens op, verwerken die en delen die vaak ook met andere systemen. De gegevens worden gebruikt om virtuele lagen aan te brengen in de fysieke omgeving, waardoor de beleving van de werkelijkheid beïnvloed wordt.

Dat laatste leidt, ten tweede, tot een scala aan kwesties rond perceptie- en gedragsbeïnvloeding. Producenten van AR-toepassingen krijgen de mogelijkheid om door middel van AR-toepassingen te controleren en sturen wat gebruikers zien, horen en voelen. Daarmee controleren en sturen AR-toepassingen ook wat hun gebruikers weten, denken en hoe ze in de wereld (kunnen) handelen.

Ten derde onderscheiden we kwesties rond ruimtelijke ordening. Het gebruik van AR-applicaties als *Pokémon GO* heeft impact op het sociale en culturele gebruik van de fysieke ruimte en roept vragen op over de maatschappelijke ordening van die ruimte. Het gaat daarbij om de vraag hoe, door wie en waarom de hybride omgeving wordt ingericht, maar ook welke gevolgen het gebruik van AR heeft voor de fysieke omgeving. Is het een goed idee om een natuurgebied via AR te gebruiken als onderwijslocatie, of als een plek om een spel te spelen? Mag ik een virtuele kopie van de Chinese muur plaatsen op het Binnenhof? En heeft een AR-gebruiker de vrijheid om mijn huis virtueel te bekladden, of om mijn huidskleur te veranderen?

De plaatsgebonden toepassing van AR

De precieze maatschappelijke betekenis van AR hangt sterk af van de ruimte die door AR 'gehybridiseerd', ofwel gedeeltelijk gevirtualiseerd, wordt. Dit rapport heeft aandacht voor de impact van AR op drie typen ruimten: de persoonlijke, private en publieke ruimte. Deze ruimten kunnen met elkaar overlappen en de grenzen ertussen zijn niet altijd duidelijk. Toch is het voor deze studie belangrijk ze van elkaar te onderscheiden, omdat binnen die verschillende ruimten verschillende sociale normen en culturele en wettelijke regels gelden.

Mensen ervaren hun persoonlijke ruimte als hun territorium (Dijk 2014). Dat betekent dat ze zich er eigenaar van voelen en er controle over willen hebben. Hoe ver de persoonlijke ruimte fysiek reikt, is afhankelijk van de context. Hoe ver mensen anderen in hun persoonlijke ruimte toelaten, hangt ook af van de relatie die ze met elkaar hebben. De persoonlijke ruimte is behalve een fysieke ruimte ook een 'mentale' ruimte: een ruimte waarin men zijn emoties beleeft en zijn identiteit vormgeeft (Katell et al. 2019, p. 298). Bij de toepassing van AR in de persoonlijke ruimte spelen dan ook kwesties rond het persoonlijke lichaam en de geest, het vormgeven van onze hybride identiteit en de controle door andere personen of organisaties op onze gegevens, gedrag of omgeving.

De persoonlijke ruimte is een bijzondere vorm van private ruimte: een ruimte die niet voor iedereen toegankelijk is en waarin het private leven zich afspeelt. Denk aan een slaapkamer of een woning, maar ook een werkplek zoals een kantoor, operatiekamer of scheepswerf. Bij de toepassing van AR in private ruimten spelen

kwesties zoals de automatisering van menselijke processen op werk, of de aantasting van privacy. Zo zorgde Google Glass, met zijn ingebouwde, vrijwel onzichtbare camera, in 2013 voor veel ophef over privacy, met als gevolg dat de slimme bril op meerdere plekken werd verbannen, bijvoorbeeld in sommige cafés.

De publieke ruimte, tot slot, is een ruimte die veelal open en voor iedereen toegankelijk is (VROM-raad 2009). Het publieke leven speelt zich voor een groot deel in de publieke ruimte af. Ze kan door de overheid of door private partijen beheerd worden. Bij AR in de publieke ruimte spelen vraagstukken over de inrichting van de fysieke ruimte en de wrijving tussen verschillende sets van regels. Het gebruik van de *Pokémon-GO*-app in 2016 bracht bijvoorbeeld hordes spelers naar plekken zoals beschermde natuurgebieden, begraafplaatsen, herdenkingsplekken als Auschwitz en het Hiroshima Peace Park. Dat leverde allerlei sociale spanningen op (zie hoofdstuk 3).

1.5 Onderzoeksvragen

AR is een monitoringstechnologie, die gebruikers kan profileren en op basis daarvan hun perceptie kan beïnvloeden. Daarmee staat AR symbool voor een nieuwe fase in de informatiesamenleving, waarbij het digitale domein onze fysieke omgeving koloniseert en technologie onze perceptie van de werkelijkheid verandert. Het is dus belangrijk om tijdig de maatschappelijke betekenis van AR in kaart te brengen en daarover te debatteren. Het doel van deze studie is te verhelderen wat de stand van zaken rond AR is, en te agenderen hoe AR op een maatschappelijk verantwoorde manier kan worden ingebed in de samenleving. We willen aanbevelingen doen aan beleidsmakers, onderzoekers en ontwikkelaars, bedrijven en gebruikers van AR en burgers, om te komen tot maatschappelijke gewenste AR-toepassingen. De centrale vraag die we stellen, luidt:

Hoe kan AR op een maatschappelijk verantwoorde wijze worden ontwikkeld en toegepast?

We hebben deze hoofdvraag onderverdeeld in drie deelvragen:

- 1) Hoe werkt AR, wat is de stand van zaken met betrekking tot de ontwikkeling en het gebruik van AR, en welke vergezichten zijn er?
- 2) Welke maatschappelijke en ethische vraagstukken omtrent AR spelen momenteel in de praktijk, of worden de komende jaren verwacht?
- 3) Aan welke voorwaarden dient de maatschappelijk verantwoorde toepassing van AR te voldoen?

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden, zetten we verschillende methoden in. Naast een literatuurstudie en interviews, maken we gebruik van artistiek ontwerpend onderzoek. De materie van deze studie is toekomstgericht. Dat biedt ruimte voor de (artistieke) verbeelding een expliciete plek geven. Roos Groothuizen, *artist-in-residence* bij het Rathenau Instituut, maakte onderdeel uit van het projectteam. Ze ontwikkelde samen met programmeur Allan Lyon onder meer het spel *Mirror Worlds*, om zicht te krijgen op sociale en ethische kwesties die spelen op het moment dat AR in de publieke ruimte wordt toegepast. Daarnaast heeft Roos Groothuizen enkele visuele toekomstscenario's ontwikkeld, die inzicht bieden in maatschappelijke en ethische vraagstukken rondom AR, en ook potentiële technologische en bestuurlijke oplossingen daarvoor. De scenario's staan in een Intermezzo tussen hoofdstuk 3 en 4.

Deze publicatie over AR is onderdeel van een breder programma van het Rathenau Instituut met aandacht voor immersieve technologieën. Daarbinnen vindt onderzoek plaats naar *virtual reality*, *augmented reality* en spraakgebaseerde virtuele assistenten. De studie over VR is reeds gepubliceerd onder de titel *Verantwoord virtueel. Bescherm consumenten in virtual reality* (Snijders et al. 2019). De studies bouwen voort op eerdere rapporten binnen het onderzoeksthema 'Digitale samenleving' van het Rathenau Instituut (cf. Rathenau Instituut, 2017b, 2018b).

1.6 Leeswijzer

Om zicht te krijgen op de maatschappelijke betekenis van AR, is het essentieel om de werking van AR-systemen goed te begrijpen. In hoofdstuk 2 beschrijven we AR als een digitale datamachine: een systeem dat gegevens verzamelt, analyseert en verwerkt. Daarnaast leggen we uit hoe AR als interface de perceptie van de gebruiker beïnvloedt, welke AR-apparaten er zijn om hybride werelden te ervaren, en welke toekomstbeelden er bestaan op het gebied van AR.

Hoofdstuk 3 bespreekt hoe AR nu in Nederland toegepast wordt, zowel door professionals als consumenten. Terwijl sommige van de besproken applicaties nog in ontwikkeling zijn, zijn andere al op de markt verkrijgbaar. Het hoofdstuk laat daarnaast ook zien welke technische, maatschappelijke en ethische kwesties er spelen in de praktijk van AR. We kijken naar zes verschillende praktijken: AR in de neurochirurgie, AR bij de bouw van de Boekelose brug, AR in de vorm van *vision picking* in distributiecentra, AR bij dekmartering in de maritieme sector en AR bij het spel *Pokémon GO* in Den Haag. De laatste praktijk die we behandelen is zelf ontworpen, als onderdeel van ons onderzoek. Een groep studenten heeft daarvoor het spel *Mirror Worlds* gespeeld op een plek in de publieke ruimte.

Hoofdstuk 4 gaat nader in op de ethische en maatschappelijke kwesties die in de wetenschappelijke literatuur benoemd worden. De literatuur reflecteert op de huidige praktijk van AR, maar heeft ook oog voor kwesties die mogelijk in de komende jaren rondom AR kunnen gaan spelen.

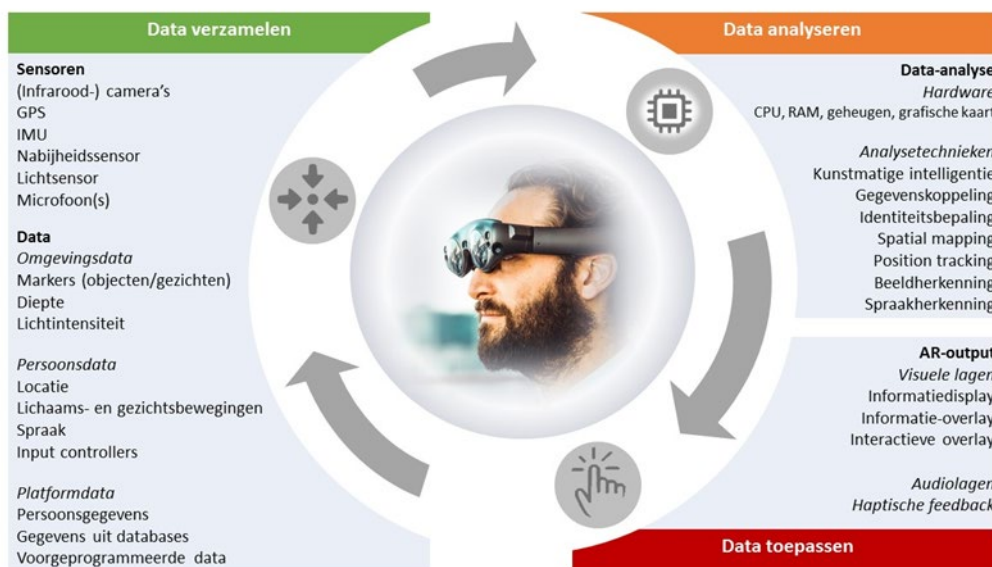
Hoofdstuk 5 benoemt de ontwerpregels waaraan de maatschappelijk verantwoorde toepassing van AR dient te voldoen. Daarmee doen we aanbevelingen voor beleidsmakers, onderzoekers, ontwikkelaars, bedrijven en burgers, om te komen tot maatschappelijke gewenste AR-toepassingen.

Daarnaast zijn, zoals gezegd, visuele scenarioschetsen opgenomen, die ingaan op de vraag hoe we in de toekomst met AR omgaan (Intermezzo). Ze zijn ontwikkeld door Roos Groothuizen, in samenwerking met de auteurs van het rapport, en worden toegelicht in het intermezzo.

2 De werking van AR

2.1 Inleiding

We gaven al aan dat AR-technologie drie typen kwesties oproept: data-, beïnvloedings- en ruimtelijke-orderingskwesties. Die kwesties hangen samen met de technologische aard en mogelijkheden van AR-systemen. Zo zijn voor het maken van hybride omgevingen veel gegevens nodig over de gebruiker en diens omgeving. Daarbij gaat het niet alleen om gegevens over de gebruiker zelf, maar, (zeker als AR in het openbaar wordt gebruikt), ook om gegevens van andere personen. Het grootschalige verzamelen en verwerken van data roept privacyvragen op. Daarnaast maakt AR het mogelijk om de hybride omgeving te ervaren. Dat betekent, dat wat gebruikers horen, zien en voelen, digitaal beïnvloed kan worden. Dat geeft aanleiding tot vragen over keuzevrijheid en over mentale gezondheid. Hoofdstuk 3 en 4 gaan uitgebreid in op de maatschappelijke kwesties die AR oproept. Gezien hun samenhang met de werking van AR, gaan we daar in dit hoofdstuk eerst dieper op in.



Figuur 2.1 AR in de cybernetische loop

Bron: Rathenau Instituut

Zoals elk digitaal systeem draait ook een AR-systeem op data. Een AR-systeem is een zogenaamde cybernetische datamachine: een systeem dat gelijktijdig data

verzamelt, analyseert en toepast (figuur 2.1). Bij het toepassen van data gaat het specifiek om het maken van een hybride, fysiek-virtuele omgeving, die door gebruikers ervaren kan worden. Om dat voor elkaar te krijgen, wordt een cluster aan digitale technologieën in werking gezet. Sensoren, allerlei vormen van data-analyse (onder meer via artificiële intelligentie, oftewel AI), platformen, persuasieve technologie en robotica. Die technologieën spelen een centrale rol in het *Internet of Things*, dat apparaten en mensen met elkaar verbindt. Met behulp van al die technologieën, maken AR-systemen een continue wisselwerking tussen de fysieke en virtuele wereld mogelijk.

Dit hoofdstuk beschrijft de technologische werking van AR aan de hand van de cybernetische loop. Eerst beschrijven we welke sensoren welke data verzamelen (fase 1), en hoe die data geanalyseerd worden (fase 2, beschreven in paragraaf 2.2). Die informatie is met name nodig om zicht te krijgen op datakwesties. Daarna zoomen we in op de derde fase van de cybernetische loop: het toepassen van data (paragraaf 2.3). Daarbij bespreken we op welke wijze AR-systemen een hybride, fysiek-virtuele omgeving maken, en hoe gebruikers via diverse interfaces die hybride omgeving kunnen ervaren. Die kennis is nodig om beïnvloedingskwesties te doorzien. Aansluitend daarbij geeft paragraaf 2.4 een overzicht van AR-apparaten, die elk op hun eigen manier ervaringen van de hybride omgeving mogelijk maken. Vervolgens schetsen we een aantal toekomstverwachtingen voor AR (paragraaf 2.5), die leidend kunnen zijn in de verdere ontwikkeling van AR-systemen. We sluiten af met een overzicht van onze belangrijkste bevindingen (paragraaf 2.6).

2.2 Data verzamelen en analyseren

Data verzamelen: types data en sensoren

AR-systemen bestaan uit talloze sensoren, die veel data verzamelen. We maken een onderscheid tussen omgevingsdata, persoonsdata en platformdata.

Het verzamelen van *omgevingsdata* is nodig om de fysieke omgeving, inclusief personen en objecten, in kaart te brengen en de virtuele lagen er goed op aan te laten sluiten. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van een breed scala aan sensoren. Veelal betreft het camera's die video's, foto's en ook dieptes waar kunnen nemen. Geavanceerde AR-headsets zoals de Microsoft HoloLens hebben vier camera's om de omgeving te registreren en (in de analysefase) de lichaamsbewegingen van de gebruiker te herkennen. Ze hebben twee infraroodcamera's om de oogbewegingen van de gebruiker te volgen. Daarnaast is er een zogenaamde *time-of-flight*-camera, die de omgeving en dieptes *real-time* in kaart brengen door lichtreflecties te meten (Li 2014). Dieptemetingen kunnen ook gebruik maken van *markers* in de fysieke

ruimte, zoals QR-codes. Daarnaast worden lichtsensoren gebruikt, om de lichtintensiteit van de virtuele lagen af te kunnen stemmen op die van de fysieke omgeving.

AR-systemen verzamelen *persoonsdata* om te bepalen hoe de gebruiker zich verhoudt tot de hybride omgeving waarin die opereert. Om de locatie van een gebruiker te bepalen, wordt veelal gebruik gemaakt van GPS: een systeem dat met behulp van satellieten in de ruimte de positie van de gebruiker op aarde kan bepalen (Wing et al. 2005). GPS wordt vaak gecombineerd met een gyroscoop, die de hoek en positie van het AR-apparaat meet, en een versnellingssensor (accelerometer), om de snelheid, beweging en rotatie ervan te bepalen. Een magnetometer, die dienst doet als kompas, helpt eventueel bij de oriëntatie. Deze drie types sensoren vormen tezamen de zogenaamde *Inertial Measurement Unit* (IMU) en zorgen ervoor dat digitale lagen zich soepel en ongemerkt aanpassen aan de bewegingen van de gebruiker (Ahmad et al. 2013). Dit levert een bewegingsvrijheid op die ook wel *six degrees of freedom* (6DoF) wordt genoemd. Om meer data te verzamelen over de gebruiker en deze te kunnen plaatsen in de hybride omgeving, kan ook de hoek van waaruit de gebruiker naar de omgeving kijkt, geregistreerd worden (Jiang 2004). Daarbij wordt zowel het lichaam als het hoofd gemonitord, en soms dus ook de oogbewegingen of andere gezichtsbewegingen (Renner & Pfeiffer 2017; Kitanovski & Izquierdo 2011).

Persoonsdata kunnen ook een rol spelen bij het aansturen van AR. Naast fysieke knoppen en controllers, wordt bij AR-toepassingen immers veel gebruik gemaakt van handgebaren, mimiek, handbewegingen, lichaamsbewegingen en stemgeluid om de hybride omgeving te besturen (Funk et al. 2017; Chen et al. 2017; Jindal et al. 2018). Ook hierbij spelen camera's een belangrijke rol. Sommige camera's richten zich op de omgeving om bijvoorbeeld de handen van gebruikers te traceren, andere zijn gericht op het gezicht van de gebruiker, om de oogbewegingen, (waarmee veel AR-applicaties aangestuurd worden), te monitoren.

AR-systemen maken ten slotte ook gebruik van *platformdata*. Wanneer AR-technologie in verbinding staat met het internet (bijvoorbeeld via wifi), kan informatie van het web, van de ontwikkelaars of uit bestaande databases gebruikt worden. Denk daarbij aan voorgeprogrammeerde data, data over de zoekgeschiedenis van de gebruiker, cookies, digitale gegevens van de gebruiker, (bijvoorbeeld uit een mailaccount of digitale agenda), en profielen van andere gebruikers (Rauschnabel 2019; Hautala 2016; McCorskey 2018; Miller et al. 2020).

Data analyseren: analysemethoden

Voor het verwerken van data zijn hardware en software nodig. De hardware bestaat veelal uit een CPU, RAM-geheugen, videokaart, geheugenkaart, en bluetooth en/of

een draadloos datanetwerk (wifi) met internetverbinding (Tripathi et al. 2017). Bij sommige headsets, zoals Microsofts HoloLens, zit al die technologie in het AR-apparaat zelf. *Smart glasses* zoals Google Glass en Focals daarentegen maken gebruik van een smartphone of computerverbinding (Nayak 2014). De data kunnen op het AR-apparaat of in een cloudomgeving opgeslagen, gecombineerd en geanalyseerd worden. Omgevingsdata en persoonsdata worden veelal geanalyseerd met behulp van AI-methoden, zoals *machine learning*-technieken. Voorbeelden zijn *spatial mapping*, *position tracking*, *beeldherkenning* en *spraakherkenning* (Chen et al. 2019; Park et al. 2020).

Via *spatial mapping* komt men tot een representatie van de fysieke omgeving, zodat die gecombineerd kan worden met virtuele elementen. Met behulp van AI worden punten in de fysieke omgeving verzameld en aan elkaar gekoppeld. Zo kunnen gebruikers van de app *IKEA Place* bijvoorbeeld een representatie maken van hun woonkamer en daar virtuele objecten, zoals meubels, in plaatsen (Pardes 2017).

Met *position tracking* wordt de positie van de gebruiker in de hybride omgeving bepaald. Daarbij wordt gebruik gemaakt van GPS, IMU en cameradata (Shea et al. 2017). *Head*, *eye* en *hand tracking* zijn specifieke vormen van *position tracking*. Bij *head tracking* calculeert het systeem de hoofdbewegingen van de gebruiker, om het verschijnen van virtuele objecten aan te kunnen passen aan het blikveld (Jiang 2004). *Eye tracking* maakt gebruik van data gegenereerd door camera's gericht op de ogen, die op basis van de stand van iemands pupillen kunnen bepalen waarnaar gekeken wordt (Meulen et al. 2017). Bij *hand tracking* worden handgebaren geanalyseerd, zodat gebruikers met virtuele objecten handelingen kunnen verrichten (Ungureanu et al. 2020).

Soms wordt daarnaast ook *beeldherkenning* toegepast om visuele elementen via patroonherkenning te identificeren. Daarbij worden de sensordata, bijvoorbeeld een foto, gekoppeld aan externe databases en vergeleken met duizenden foto's. Zo kan een onbekend object of persoon die men tegenkomt in AR, snel geïdentificeerd worden (Gammeter & Gassmann 2010).

Ten slotte gebruiken sommige AR-applicaties *spraakherkenning* – tot nu toe vooral bekend van spraakassistenten zoals Siri, Alexa, of Google Assistant. Hierbij wordt spraak opgenomen middels een microfoon en omgezet naar tekst. Deze methode wordt veelal gebruikt om functies zoals de camera of de belfunctie op een AR-headset aan te sturen (Statt 2018).

2.3 Data toepassen: AR maken en ervaren

Bij het toepassen van data gaat het bij AR om het maken van een hybride, fysiek-virtuele omgeving, die door gebruikers ervaren kan worden. Deze paragraaf beschrijft hoe hybride omgevingen gemaakt worden en hoe gebruikers die AR-omgeving kunnen ervaren. We begrijpen AR als een digitale prothese, waarmee de cognitieve en zintuiglijke vermogens van mensen uitgebreid kunnen worden. In het Engels wordt dit aangeduid als *human augmentation*, ofwel interactieve digitale uitbreiding van menselijke vermogens (cf. Raisamo et al. 2019). We beschrijven hoe AR de cognitieve en zintuiglijke vermogens van gebruikers kan uitbreiden. Aan het eind van de paragraaf leggen we uit hoe gebruikers ondergedompeld kunnen raken in AR.

Virtuele lagen over de fysieke wereld

Op basis van de verzameling en analyse van alle data, kunnen er virtuele lagen over de fysieke omgeving worden heen gelegd. In deze derde fase van de feedbackloop wordt dus een hybride omgeving gerealiseerd. Het kan daarbij gaan om visuele lagen, maar ook om auditieve lagen of tastlagen. Hieronder geven we een aantal voorbeelden.

Bij *informatiedisplays* gaat het om digitale lagen die de vorm aannemen van tekst, audio, stilstaand beeld, of video. De laag ligt als het ware over de representatie van de fysieke omgeving heen, maar is er niet direct aan gekoppeld. Voorbeelden zijn tekstberichtjes, of de snelheidsindicatie die geprojecteerd wordt op de voorruit van sommige auto's. Bij *informatie-overlays* is de laag wel gekoppeld aan punten in de fysieke omgeving. Denk aan een virtueel restaurantmenu, dat tevoorschijn komt als men zijn AR-app op het desbetreffende restaurant richt. Bij een *interactieve overlay* kan de gebruiker met de virtuele elementen handelingen verrichten. Bij het AR-spel *The Walking Dead: Our World* moeten spelers bijvoorbeeld zombies op straat doden. En bij *Dynamics 365 Guides* kan de gebruiker via visuele aanwijzingen leren om een motorfiets in elkaar te zetten.

Naast visuele lagen kan het bij AR ook gaan om audio of tast. Bij tast is sprake van haptische feedback, die de gebruiker ervaart als druk of trillingen op de handen of het lichaam. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van een controller, handschoenen of een pak. Haptische functionaliteit kan er bijvoorbeeld voor zorgen dat gamers virtuele monsters als het ware kunnen 'aanraken', maar ook dat (de avatars van) mensen elkaar in een virtuele omgeving kunnen voelen (Jeon & Choi 2009).

Voor de productie van geluid wordt gebruik gemaakt van een koptelefoon, oortjes, speakers, of mogelijk ook een slimme bril met functionaliteit voor 'botgeleiding'. In dat laatste geval zorgen trillingen die doorgegeven worden via de schedel, voor een

(driedimensionale) audio-ervaring (Ingraham 2013). Hierdoor kan de gebruiker bijvoorbeeld hybride monsters horen brullen. We spreken ook van AR-audio bij slimme oortjes, waarmee geluiden uit de fysieke omgeving digitaal versterkt of verzwakt kunnen worden en tevens gemixt met (virtuele) geluiden, zoals muziek. Sommige slimme oortjes kunnen via spraak worden aangestuurd (O’Kane 2016). De snelle opkomst van spraakassistenten, zoals *Google Home*, laat zien hoe ver interactie met machines via spraak gevorderd is. Audiofunctionaliteit draagt, net als haptische feedback, bij aan de immersiviteit van de ervaring: de mate waarin de gebruiker zich ondergedompeld voelt in de hybride ruimte (Eckel 2001). Daarnaast ondersteunt audio ook de communicatiefunctie die AR-applicaties steeds vaker vervullen.

AR als prothese

AR-systemen maken hybride omgevingen, maar werken tevens als een interface tussen de gebruikers en die omgevingen. AR kan zo als een digitale prothese werken. We noemen drie manieren waarop de cognitieve en zintuiglijke ervaring van gebruikers verrijkt kan worden. AR neemt daarbij respectievelijk een informatiefunctie, een manipulatiefunctie en een communicatiefunctie aan.

Informatiefunctie

Sommige AR-toepassingen geven uitdrukking aan de menselijke behoefte om de fysieke omgeving leesbaar of interpreteerbaar te maken (Manovich 2006, Bolter et al. 2013, Graham 2017 en Uricchio 2019). Door middel van virtuele lagen kan informatie worden verkregen over de directe omgeving. De AR-functie van de navigatiesoftware *Google Maps* is illustratief voor deze functie (Paymans 2019). De virtuele lagen bestaan hier uit markeringen die over een camerabeeld van de omgeving heen worden gelegd en de gebruiker zo helpen daarin te navigeren. In professionele settings wordt deze functie gebruikt om bijvoorbeeld piloten, agenten of soldaten direct in hun gezichtsveld te voorzien van extra informatie over de omgeving, waardoor ze hun taak beter of sneller kunnen uitvoeren.

Manipulatiefunctie

Een tweede interfacefunctie van AR is het manipuleren van de werkelijkheid. Het gaat hierbij veelal om interactieve *overlays* waarmee de waarneming van de omgeving wordt vervormd. De meeste voorbeelden die we in dit rapport opnemen zijn voorbeelden van deze functie. Denk aan apps waarbij monsters over straat rennen, waarin niet-bestaande gebouwen te zien zijn, of waarin het gezicht van mensen gefilterd wordt. Een ander voorbeeld is het soort multimediale experimenten waarbij hologrammen van overleden sterren geprojecteerd worden tijdens publieke optredens (Tsukayama 2012). De technologie zorgt hier dus voor een sensorische illusie: de zintuigen van de gebruiker of toeschouwer worden als het ware voor de gek gehouden.

Communicatiefunctie

Een AR-functie van een andere orde is het faciliteren van communicatie. In de afgelopen jaren zijn allerlei communicatiefuncties geïntegreerd in AR-toepassingen, zoals microfoons, koptelefoons en communicatieplatforms.

Dergelijke functionaliteit laat gebruikers toe elkaar in een hybride omgeving te ontmoeten, er samen te gamen, of in een team te werken (bijvoorbeeld om met meerdere mensen een gebouw te ontwerpen) (Kelion 2019).

Het toepassen van filters zelf kan ook gezien worden als een vorm van communicatie. AR-lagen worden namelijk steeds meer gebruikt om uitdrukking te geven aan de gedachten of gevoelens van gebruikers, of zelfs om een bepaalde identiteit aan te nemen. Dat blijkt onder andere uit voorbeelden zoals *Instagram* of *Snapchat*, waarbij men AR-filters gebruikt om er beter of anders uit te zien. AR wordt zo een belangrijk onderdeel van de boodschap en identiteit die gebruikers willen uitstralen. Met de inzet van *real-time* filters transformeert de hybride AR-omgeving zo tot een nieuwe socio-culturele omgeving waarin betekenis wordt gecreëerd en gedeeld.

De immersiviteit van AR

Net als VR, kan AR een sterk immersieve ervaring teweegbrengen bij gebruikers: het gevoel dat men is ondergedompeld in de hybride omgeving (zie ook Snijders et al. 2019). We bespreken kort enkele factoren die aan die immersiviteit bijdragen.

De eerste factor is het multi-sensorische karakter van AR. Mensen beleven ook de werkelijkheid over het algemeen multi-sensorisch: ze horen, ruiken, proeven, zien en voelen de wereld en beleven die als een 'sensescape'. Door de gebruikerservaring van de omgeving aan te passen, creëert een AR-systeem een *persoonlijke sensescape*: een aan de gebruiker aangepast zintuigelijk panorama (cf. Lemley & Volokh 2018). Welke zintuigen AR daarbij aanspreekt, en hoeveel tegelijk, is bepalend voor de gebruikerservaring.

Een andere factor die bepaalt hoe immersief de gebruikerservaring is, is de dynamiek van de hybride omgeving. Bij AR passen de virtuele lagen zich steeds aan de bewegingen van de gebruiker aan: aan diens locatie, maar ook aan veranderingen in lichaamshouding of kijkrichting. Als de lagen soepel meebewegen met de fysieke omgeving waarin ze verankerd zijn, komt de hybride omgeving voor de gebruiker dynamisch over. Dat heeft te maken met de capaciteit van de dataverwerkende technologie: hoe de technologie de virtuele lagen koppelt aan objecten of locaties, en of die lagen real-time gegenereerd, dan wel voorgeprogrammeerd zijn.

Hierbij speelt ook het type informatie een belangrijke rol: fotografisch of grafisch, een informatie-*overlay* of een interactieve *overlay*. Bij sterk dynamische varianten van AR is vaak sprake van ‘versmelting’ van de verschillende sensorische lagen. ‘Versmelting’ betekent in dit verband dat de fysieke en virtuele omgeving naadloos op elkaar aansluiten, met als gevolg dat de gebruiker die als één geheel kan ervaren. Voor gebruikers die helemaal in een AR-simulatie op willen gaan, is die eigenschap cruciaal. Versmelting kan het echter ook lastiger maken om ‘echt’ van ‘nep’ te onderscheiden.

2.4 AR-apparaten

Voor de weergave van hybride omgevingen is inmiddels een scala aan apparaten beschikbaar. We kunnen ze ruwweg onderverdelen in vier groepen of soorten: projectoren, *head-up displays* (HUD's), *hand-held devices* (zoals smartphones en tablets) en *wearables* (zoals slimme brillen, headsets en slimme oortjes). Tabel 2.2 biedt een overzicht van die vier typen AR-apparaten en geeft voor elke categorie een productvoorbeeld. Vervolgens gaat de paragraaf vooral in op visuele interfaces; hier en daar besteden we ook aandacht aan auditieve interfaces.

Overzicht AR-apparaten

Apparaten	Projector	Head-up-display	Hand-held devices	Wearables	
				 Slimme Brillen	 Headsets
Productvoorbeeld	Lightform	Wayray Navion	iPhone	Google Glass	HoloLens
Voorbeeldtoepassing	Projectiekunst	Navigeren	<i>Pokémon GO</i> (gaming)	Vision picking	Neurochirurgie
Data verzamelen *	Diepte	Diepte Locatie Markers Spraak Handbewegingen Platformdata	Diepte Locatie Touch Platformdata	Markers Platformdata	Diepte Markers Hoofdbewegingen Handbewegingen Spraak Platformdata
Data analyseren *	Projection mapping	Spatial mapping Position tracking Beeldherkenning Spraakherkenning	Spatial mapping Positiontracking	Beeldherkenning	Spatial mapping Spraakherkenning
Data toepassen *	Informatiedisplay Informatie-overlay	Informatiedisplay Informatie-overlay Interactieve overlay	Informatiedisplay Informatie-overlay Interactieve overlay	Informatiedisplay	Informatiedisplay Informatie-overlay Interactieve overlay

* Invulling van de tabel is gebaseerd op het productvoorbeeld & de voorbeeldtoepassing.

Figuur 2.2 Overzicht van AR-apparaten

Bron: Rathenau Instituut

Projectoren

Bij AR-omgevingen die tot stand komen middels een projector, spreekt men doorgaans van *projection-based AR* (Cebulla 2013). Zoals de term aangeeft, wordt hier een beeld geprojecteerd op een (bestaand of daartoe gefabriceerd) oppervlak, eventueel in combinatie met een audiolaag. *Projection-based AR* bestaat zowel in eenvoudige als in meer complexe varianten. Bij eenvoudige projecties wordt bijvoorbeeld een enkele beeldlaag geprojecteerd op een object, zoals een bouwmaquette, om die als het ware tot leven te wekken. Bij complexere varianten is de beeldlaag niet statisch, maar dynamisch en interactief. Daarvoor is naast een projector ook een camera nodig die diepte en beweging registreert, om op de actie van de gebruiker in te spelen.

Het gebruik van projectoren maakt collectieve AR-ervaringen mogelijk, omdat meerdere mensen tegelijkertijd het beeld en/of geluid waar kunnen nemen. Om die reden zijn ze populair bij publieke evenementen, zoals concerten, theatervoorstellingen of kunstmanifestaties. Tijdens het jaarlijkse Glowfestival in Eindhoven, bijvoorbeeld, wordt vaak gebruikt gemaakt van *projection-based AR* om gebouwen en objecten om te toveren tot kunstwerken (*projection mapping*).

Head-up displays

Een ander type apparaat voor het weergeven van AR-omgevingen is de *head-up display* (soms ook *heads-up display*) of HUD (Marín et al. 2016). Die term wordt gebruikt voor een opstelling, bestaande uit een doorzichtig scherm in het gezichtsveld van de gebruiker en een apparaat, zoals een kleine projector, om data weer te geven op dit oppervlak. Het voordeel van een dergelijke opstelling is, dat de gebruiker informatie tot zich kan nemen zonder weg te hoeven kijken van datgene wat waarneembaar is door het transparante scherm heen. HUD's worden dan ook vaak geïntegreerd in voertuigen, waar ze gebruikt worden als hulpmiddel bij het besturen. Voorbeelden zijn voorruitens van auto's of vliegtuigen, waarop informatie geprojecteerd worden over hun locatie, snelheid of hoogte.

Hand-held devices

Het meest toegankelijke, en op dit moment ook meest populaire type toestel om AR te ervaren, is een *hand-held device* (oftewel mobiel apparaat), zoals een smartphone of tablet. De mobiele telefoon heeft een grote rol gespeeld bij de verspreiding van AR. De opkomst van de smartphone omstreeks 2007 zorgde niet alleen voor een toename van het gebruik van dergelijke technologie, maar gaf ook aanleiding tot de ontwikkeling van specifiek voor mobiel gebruik bedoelde vormen, die collectief *mobile augmented reality* genoemd worden (Arth et al. 2015).

Moderne smartphones bevatten functionaliteit voor het maken van foto's en video's, voor navigatie, en om gezichten, objecten en spraak te herkennen. Mits ze toegang

hebben tot de daartoe benodigde, specialistische software, kunnen ze ook ingezet worden voor AR-toepassingen. Bij AR voor de smartphone verloopt de besturing meestal middels een touchscreen, en soms via spraak, handgebaren of gezichtsbewegingen. Voorbeelden van zeer populaire consumententoepassingen voor de smartphone zijn sociale-media-apps als *Snapchat* (sinds 2011) en games als *Wizards Unite* (2019).

Wearables

Een laatste type apparaat dat we behandelen zijn de *wearables*, of draagbare apparaten. Voor wat AR betreft, kunnen we een onderscheid maken tussen slimme brillen en headsets (of *head-mounted displays*, HMD's, die vrij letterlijk op het hoofd worden gezet in plaats van op de neus). Slimme brillen en headsets zijn in zoverre vergelijkbaar met HUD's, dat er altijd sprake is van een transparant oppervlak waar de gebruiker doorheen kan kijken en waar digitale lagen op geprojecteerd worden. Het belangrijkste verschil is dat dit oppervlak bij wearables direct op het lichaam wordt gedragen. De AR-ervaring heeft in alle gevallen een visuele component, maar die wordt vaak gecombineerd met geluid (via al dan niet ingebouwde oortjes) en/of haptische feedback (via een controller of een andere *wearable*).

Naast slimme brillen bestaan er ook complexere *wearables* zoals de HoloLens, geproduceerd door Microsoft (2016) en de Magic Leap, van het gelijknamige bedrijf (2018). Beide apparaten kunnen met behulp van camera's de omgeving in kaart brengen. Zo zorgen ze voor een interactieve *overlay* van (driedimensionale) virtuele objecten die gelinkt zijn aan elementen in de fysieke omgeving. Daarnaast kunnen ze foto's en video's maken, gezichten en spraak herkennen en ook oog-, hoofd- en handbewegingen registreren en opslaan. De combinatie van deze functionaliteiten zorgt ervoor dat gebruikers met virtuele objecten handelingen kunnen verrichten.² Op dit moment worden deze HMD's vooral gebruikt in de professionele sector en nog nauwelijks door consumenten.

Earables

Slimme oortjes (in het Engels *smart earbuds*, of nog hipper *earables*) zijn een subcategorie van *wearables*.³ Ze worden ook wel apparaten voor *augmented hearing* genoemd, omdat ze de waarneming van geluid modificeren (Martins 2018). Slimme oortjes bewerken het digitale geluid uit de (virtuele) audiowereld, zoals muziek, geluid bij een film, de stem van een beller, of geluid uit een navigatiesysteem of spraakassistent. Als iemand belt, kunnen ze bijvoorbeeld het

2 Omdat de objecten kunnen versmelten met de omgeving en gebruikers er ook handelingen mee kunnen verrichten, noemen productontwikkelaars deze vorm van AR weleens *mixed reality*. Conceptueel is het onderscheid met andere headsets echter niet zo scherp; het gebruik van de term dient met name een marketingdoel.

3 In deze markt is Apple leidend, met het Chinese Xiaomi als tweede en Samsung als derde grootste producent (zie Poort 2019).

volume van de muziek automatisch verlagen. Spraakassistenten zoals Siri, Alexa, of Google Assistant zijn vaak geïntegreerd in *earables* (net als in *handheld devices*, andere *wearables* en luidsprekers) en projecteren AR-audiolagen bovenop andere geluiden die via de oortjes naar binnen komen.

Daarnaast bewerken slimme oortjes geluid uit de fysieke omgeving van de gebruiker. Daarbij nemen ze het geluid uit de omgeving eerst op en zetten ze het om naar digitale signalen, om het te analyseren en te bewerken tot een aangepast geluid. Signalen uit de omgeving kunnen ook worden onderdrukt. Dat kan op passieve wijze, als de oordopjes zo ontworpen zijn dat ze verhinderen dat bepaald geluid het gehoororgaan van de gebruiker bereikt. Maar het kan ook actief, via ruisonderdrukking (*noise reduction* of *noise cancellation*). Dat houdt in, dat de oortjes de sterkte van het geluid buiten de oordop meten en een tegengolf (een zogenaamde ‘anti-fasegeluidsgolf’) genereren om het lawaai (deels) aan het gehoor te onttrekken (Williams et al. 2002).

Geluid uit de omgeving kan ook versterkt worden. Daarbij wordt het signaal op bepaalde frequenties – bijvoorbeeld die waar een groot deel van de menselijke spraak plaatsvindt – gemanipuleerd, zodat het geluid beter verstaanbaar wordt. Hoortoestellen kunnen zo het vermogen van de gebruiker om geluiden te horen en te onderscheiden, versterken, waardoor hij zich kan concentreren op de geluiden die het belangrijkste zijn. McGreal spreekt in dat geval van ‘superhoren’ (2018, p. 261). Daarbij speelt AI, met name *machine learning*, een centrale rol (Nuheara 2019; Baranov 2018). Google demonstreerde in 2017 een *earbud* die door middel van AI in staat is om bijna *real-time* veertig talen te vertalen (Gershgorin 2017).

2.5 Vergezichten: van AR tot *augmented human*

In de afgelopen jaren hebben journalisten en ontwikkelaars druk gespeculeerd over de toekomstige ontwikkeling van AR-technologie. Die utopische visies hebben een niet te onderschatten praktische betekenis, omdat ze vaak onderschreven en nagestreefd worden door grote techbedrijven, die de technische en economische innovatiekracht bezitten om belangrijke elementen van zulke visies daadwerkelijk vorm te geven. Zuboff spreekt daarom van ‘toegepast utopisme’: het praktisch streven naar een droombeeld (2019, p. 404). Hieronder geven we kort enkele belangrijke toekomstvisies weer die met veel retorische kracht en inzet van middelen worden nagejaagd.

Convergentie van VR en AR

Hoewel we in dit rapport een scherp onderscheid maken tussen AR en VR (zie hoofdstuk 1), zijn de grenzen tussen beide typen omgevingen fluïde en zijn er al

talloze productvoorbeelden waarin ze met elkaar gecombineerd worden. Sommige auteurs verwachten dat mensen in de toekomst de mogelijkheid zullen hebben om zelf te bepalen welk deel van hun AR-ervaring de virtuele wereld betreft, en welk deel de fysieke – en dat gebruikers steeds tussen beide werelden zullen kunnen schakelen (bv. Mann et al. 2018). De nieuwste AR-systemen bevestigen dit beeld en doen vermoeden dat we AR en VR vaker zullen zien convergeren.

Geavanceerde headsets van Microsoft en Facebook laten hun gebruikers bijvoorbeeld zelf bepalen in hoeverre hun omgeving virtueel is, waarbij geschakeld kan worden tussen virtuele, hybride en fysieke omgevingen. Naarmate AR-systemen krachtiger en handzamer worden, kunnen we wellicht een nog groter scala aan combinaties van fysiek en virtueel verwachten.

Alomtegenwoordige AR

Grote bedrijven als Facebook en Snap zien in de hybride omgeving natuurlijke opvolgers van het tweedimensionale internet en sociale mediaplatforms. De muis, het toetsenbord en het touchscreen worden in de toekomst vervangen door een fysiek-virtuele wereld die intuïtief bestuurd kan worden met lichaamsbewegingen en spraak. Snap, het bedrijf achter *Snapchat*, kondigde dit jaar aan een eigen digitaal platform te ontwikkelen (Hern 2020). Dat platform zou de camera tot het middelpunt van interacties tussen mensen en machines maken, waarbij AR ‘ongelofelijke potentie [heeft] om te veranderen hoe we de wereld zien’ (Hern 2020). Niantic, een bedrijf dat zich afsplitste van Google en met *Pokémon GO* en *Wizards Unite* een AR-marktleider is, bouwt aan een *Real World Platform*. Dat is een AR-platform op ‘planeetschaal’, waarmee AR-producenten de gehele wereld kunnen gebruiken als speelbord voor hun eigen applicaties (Hu & Wu 2019). Inmiddels heeft Niantic een alliantie gesloten met een aantal grote telecommunicatiebedrijven, zoals Deutsche Telekom, EE, Globe, Orange, SK Telecom, SoftBank, TELUS en Verizon, om 5G te promoten en de mobiele infrastructuur te realiseren om een wereldwijd, permanent AR-netwerk op te zetten (Hu & Wu 2020).

Met name technologieproducenten schetsen een toekomstbeeld waarin gebruikers zich permanent in een (min of meer) hybride omgeving zullen bevinden. Stephen Lake, CEO van North, het bedrijf dat de slimme bril Focals produceert, stelt dat zijn ultieme doel is, een wearable te maken die gebruikers ‘elke dag, de hele dag door kunnen dragen’ (Smith 2019).

De visies van Lake, Mann en anderen grijpen terug op ideeën rond *ubiquitous computing* (alomtegenwoordige dataverwerking) – een term uit de vroege jaren '90 van de Amerikaanse computerwetenschapper Mark Weiser (1991). Hij verwachtte dat mensen op termijn in al hun dagelijkse handelingen en behoeften ondersteund zouden worden door informatietechnologie. Computers, steeds kleiner van formaat en daarmee ook onzichtbaar, zouden daarmee alomtegenwoordig zijn. Met AR wint

die gedachte opnieuw terrein. De start-up Mojo Vision kondigde in 2020 aan, binnen drie jaar slimme AR-contactlenzen aan te willen gaan bieden (Kastrenakes & Carman 2020), waardoor de technologie nagenoeg onzichtbaar zou worden.

Naadloze en waarachtige AR

Sandor en collega's (2015) spreken van *true AR* als de gebruiker het verschil tussen de fysieke en virtuele omgeving niet kan opmerken. Bedrijven investeren actief in het ontwikkelen van dit soort 'levensechte' nabootsingen van onze interacties met de wereld. Zo werkt Facebook momenteel aan een project met de titel *Codec Avatars*, dat tot doel heeft met 3D-sensoren en kunstmatige intelligentie uitermate realistische kopieën van mensen en hun gedrag te maken, om virtuele ontmoetingen te faciliteren die niet meer te onderscheiden zijn van fysieke ontmoetingen (Facebook 2019a).

Volgens onderzoeker Crum (2019) bij Dolby Laboratories kunnen smart *earbuds* binnen enkele jaren gebruikt worden als een portaal tot allerlei biometrische gegevens: lichaamstemperatuur, hartslag, hersensactiviteit, het zuurstofgehalte in het bloed, het hormoonstelsel, het zenuwstelsel en meer – een soort biologisch equivalent van de USB-poort. Op basis van dergelijke biometrische data kan bijvoorbeeld de geluidsintensiteit van een applicatie automatisch aangepast worden aan het stressniveau van de gebruiker. Digitaal geluid en de intensiteit daarvan zijn dan niet meer te onderscheiden van analogo geluid.

Alex Kipman, de designer van Microsoft's HoloLens 2, verwacht hierbij dat onze hybride AR-omgeving steeds natuurlijker zal aanvoelen (Kipman 2016). AR-ontwikkelaars (bv. Fan et al. 2019; Araiza-Illan et al. 2019) leggen doorgaans veel nadruk op het intuïtieve karakter van hun applicaties, met name bij specialistische, professionele toepassingen.⁴ Ook in reflecties op de toekomst van de technologie staat het intuïtieve karakter van AR centraal. Kipman verwacht dat gebruikers mettertijd helemaal niet meer na zullen hoeven te denken over hun interacties met AR (zie Kehe 2014). De aansturing van apparaten zal daarbij een belangrijke rol spelen, evenals hun vermogen om grote hoeveelheden (persoons)data te verzamelen en *real-time* te verwerken. Die laatste eigenschap maakt personalisatie mogelijk: het afstemmen van de technologie op iemands persoonlijke behoeften (Schuurman et al. 2007, p. 13), waardoor de fysieke en virtuele omgeving naadloos op elkaar afgestemd kunnen worden.

4 Op Youtube zijn ook tal van demo's te vinden die de kwaliteit van nieuwe applicaties onderstrepen, bijvoorbeeld bij de inzet van robots voor materiaalbewerking (<https://www.youtube.com/watch?v=4MSly4TC6zs>) of medische ingrepen (<https://www.youtube.com/watch?v=o2O38ZMkXXI>).

Ontwikkelingen op het gebied van AR houden de belofte in, dat we elkaar op termijn ook zullen kunnen ‘voelen’, middels applicaties die haptische feedback gebruiken om andermans aanrakingen te simuleren. In VR worden dit soort interacties nu al geveinsd. De documentaire *I Met You*, van de Zuid-Koreaanse omroep MBC, toont een moeder die op die manier verenigd wordt met haar overleden dochter (zie figuur 2.3) (Japan Times 2020).



Figuur 2.3 Beeld uit de televisiedocumentaire *I Met You*

Bron: MBC 2020

Mirror Worlds

Een verwant, maar toch net ander, toekomstbeeld betreft het ontstaan van een virtuele spiegelwereld. In 1991 bracht computerwetenschapper David Gelernter het boek *Mirror Worlds* uit, waarin hij voorspelde dat digitalisering zou leiden tot een digitaal spiegelbeeld van de werkelijkheid. Deze ‘downloadbare’ spiegelwereld zou individuen toelaten plekken te bezoeken en te onderzoeken zonder zich te verplaatsen. Anno 2020 spiegelen we de wereld op tal van manieren digitaal: applicaties als Google Maps maken met satellietbeelden, luchtfoto's, kaarten, 360-graden-camerabeelden, *real-time* verkeersinformatie en virtuele objecten al een soort digitale spiegel van de wereld. Onze werkgevers, onze overheid en wijzelf dragen met data over ons lichaam, onze productieprocessen of onze publieke ruimte, eveneens bij aan zo'n spiegelwereld. Zo krijgen we steeds meer ‘digitale tweelingen’, ofwel objecten die rechtstreeks en *real-time* gekoppeld zijn aan digitale tegenhangers.

Kevin Kelly, hoofdredacteur van het technologiemagazine *WIRED*, stelt dat AR-headsets nu kleine stukjes van deze spiegelwereld zichtbaar maken. Maar ‘beetje bij beetje worden die virtuele fragmenten aan elkaar genaaid en gaan ze onderdeel vormen van een gedeelde, permanente ruimte die uiteindelijk parallel zal bestaan aan de echte wereld’ (Kelly 2019). Onder technologiebedrijven is een

strijd gaande om pionier en marktleider te worden op dit gebied. Facebook bouwt aan een AR-cloud met de naam *LiveMaps* (Facebook 2019b). De applicatie moet een driedimensionale kopie van de wereld creëren, die op ware grootte is en bezocht kan worden met een mobieltje of AR-headset.

Augmented Human

Transhumanisten willen via nanotechnologie, gentechnologie en informatietechnologie de mens fysiek en cognitief verbeteren. Ze voorzien een sterke integratie tussen mens en technologie; de mens wordt een *cyborg* die via technologische upgrades evolueert tot een *post-human*. Voor transhumanisten zijn prothesen, zoals brillen, hoorapparaten en kunstledematen, vroege indicatoren van deze ontwikkeling. Draagbare AR-systemen zijn de prothesen van de toekomst, die op allerlei manieren de cognitieve en zintuiglijke vermogens van mensen zullen vergroten.

AR luidt zo een nieuwe fase van de mensheid in: het tijdperk van de *Augmented Human* of *Human 2.0*. Volgens Alistair Croll is 'Human 2.0 ... een persoon, voorzien van superkrachten waarmee hij op nieuwe manieren kan leren, spelen en liefhebben. Het is ook een samenleving die heroverweegt hoe te stemmen, regeren, vervolgen, genezen en troosten' (Croll 2010). Die superkrachten zijn bijvoorbeeld het spreken van alle talen, altijd weten hoe men het snelst ergens kan komen, zich alles kunnen herinneren, of altijd met iedereen kunnen praten. AR zorgt daar via zijn informatie-, manipulatie-, en communicatiefunctie al ten dele voor.

2.6 Conclusie

In dit hoofdstuk hebben we laten zien hoe AR werkt. Bij de constructie van hybride omgevingen, zo blijkt, komt een steeds uitgebreider palet aan sensoren en data te pas. Hoofd-, oog-, vinger- en armbewegingen worden met geavanceerde camera's constant gemonitord om een zo accuraat en interactief mogelijke hybride omgeving op te bouwen. Dergelijke sensoren registreren veel omgevingsdata, waarbij ze objecten, andere gebruikers en niet-gebruikers in kaart brengen om deze onderdeel te maken van de hybride omgeving. Het gaat dan om data die vaak heel intieme informatie opleveren over gebruikers en niet-gebruikers, aan de hand waarvan uniek identificeerbare dataprofielen geproduceerd en gedeeld kunnen worden.

Door deze data te verwerken creëert een AR-systeem een *persoonlijke sensescape*: een aan de gebruiker aangepast zintuiglijk panorama. Dat kan zeer immersief zijn voor de gebruiker – vooral als de simulatie multi-sensorische input bevat, van hoge kwaliteit is en dynamische en interactieve elementen bevat. Vanuit

de gebruiker geredeneerd, kan AR begrepen worden als een digitale prothese die de ervaring van de werkelijkheid kan verrijken door de gebruikersomgeving van aanvullende informatie te voorzien, deze naar wens te manipuleren en een communicatieplatform te bieden.

Het ervaren van AR kan middels een steeds groter scala aan apparaten, zoals slimme brillen, headsets en projectoren, die allen een net andere ervaring bieden. De ontwikkeling van deze apparatuur gaat snel en wordt gedeeltelijk gestuurd door technologisch-utopische toekomstbeelden rondom AR. Een aantal toekomstbeelden, die ondersteund worden door kapitaalkrachtige investeerders en technologie-ontwikkelaars, spiegelen ons een wereld voor waarin AR alom aanwezig is, vrijwel onzichtbaar en niet van echt te onderscheiden. In dergelijke visies is de hybride omgeving een volgende stap in de ontwikkeling van de digitale wereld. We bewegen van een tweedimensionaal internet en sociale media die we aansturen met keyboards, muizen en touchscreens, naar een hybride platform met VR/AR-technologie en biometrische aansturing. Momenteel wordt al gewerkt aan zulke hybride platforms, die gedeeltelijk gebaseerd zijn op het digitaal spiegelen van de fysieke werkelijkheid.

Het volgende hoofdstuk verlegt de aandacht naar de maatschappelijke impact van AR. We kijken aan de hand van praktijk schetsen naar het gebruik van AR-technologie binnen verschillende sociale contexten.

3 AR in de praktijk

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk onderzoeken we de stand van zaken en werking van AR in de praktijk. Dat doen we door zes praktijksschetsen te presenteren, waarin we aan de hand van interviews een indruk geven van de toepassing van AR in verschillende domeinen in Nederland. De praktijken laten zien wat AR oplevert en waar gebruikers en ontwikkelaars zelf tegenaan lopen. Dat kunnen technische of economische beperkingen zijn, maar ook maatschappelijke fricties.

Bij de selectie van de praktijken streven we naar een evenwicht tussen applicaties in verschillende markten en in verschillende fasen van ontwikkeling. De eerste vier praktijksschetsen betreffen applicaties gericht op de professionele markt. In die markt wordt op dit moment veel met AR-toepassingen geëxperimenteerd en vindt veel innovatie plaats. Een rapport van de Nederlandse afdeling van de AR/VR Association van eind 2019 geeft aan, dat op dat moment 53 Nederlandse bedrijven zich bezighielden met het ontwikkelen van AR- en VR-producten (VRARA 2019). Ongeveer driekwart daarvan ontwikkelde applicaties voor specifieke (professionele) sectoren. We bespreken achtereenvolgens de inzet van AR in de neurochirurgie, bij het bouwen van een brug, bij dekmarkering op vrachtschepen en ter ondersteuning van het werk in distributiecentra.

De laatste twee praktijksschetsen betreffen toepassingen voor de entertainmentsector, waar AR-applicaties via de mobiele telefoon inmiddels een groot publiek gevonden hebben. In de vijfde schets gaat het om de bekende AR-game *Pokémon GO*, die heel wat reuring veroorzaakte toen die op grote schaal werd gespeeld in de wijk Kijkduin in Den Haag. De applicatie waar het in de zesde schets om draait, is *Mirror Worlds* – het spel dat kunstenares Roos Groothuizen in opdracht van het Rathenau Instituut ontwikkelde. We bespreken een test van het spel, uitgevoerd door een groep studenten op het Centraal Station van Den Haag.

Bij de selectie van deze praktijken hebben we gekeken naar het type AR-systeem dat gebruikt wordt, het type toepassing en de fase van ontwikkeling. De applicaties die aan bod komen zijn bedoeld voor gebruik op complexe headsets (neurochirurgie, bruggenbouw, dekmarkering), eenvoudige headsets (distributiecentra) en mobiele apparaten (*Pokémon GO*, *Mirror Worlds*, beide te spelen op een smartphone). Een deel van de toepassingen die we behandelen, bevindt zich nu nog in de fase van onderzoek, ontwikkeling of demonstratie (AR in

de neurochirurgie, en bij bruggenbouw). Andere hebben hun marktwaaarde al bewezen, of kunnen we beschouwen als technisch haalbare en rendabele producten (AR bij dekmkering en in distributiecentra). Van de professionele applicaties die nog in de experimentele fase zitten, valt te verwachten dat ze, bij voldoende interesse, doorontwikkeld worden en uiteindelijk wellicht ook op grotere schaal vermarkt worden.

Mirror Worlds wijkt af van de andere toepassingen, omdat de game niet ontworpen is met een commercieel doel. Bovendien is het experimentele karakter van het spel niet slechts een fase in zijn ontwikkeling, maar juist de opzet ervan. *Mirror Worlds* is ontworpen om observaties die in het kader van dit onderzoek gemaakt zijn, op artistieke wijze te toetsten en ons nieuwe inzichten te verschaffen in het fenomeen AR. Om die reden ziet de bespreking van deze praktijk er anders uit dan de andere. Enerzijds kijken we, net als in de andere praktijkschetsen, naar de ervaringen van gebruikers, ook in relatie tot hun omgeving. Anderzijds reflecteren we op de rol van de ontwikkeling van de app binnen ons onderzoek.⁵

We besteden in dit hoofdstuk aandacht aan wat AR voor zijn gebruikers oplevert, maar kijken ook of ontwikkelaars tegen technische beperkingen aanlopen en in hoeverre de praktische toepassing van AR maatschappelijke vragen oproept. Daarbij focussen we, zoals we in hoofdstuk 1 hebben aangegeven, op drie typen maatschappelijke kwesties: datakwesties, beïnvloedingskwesties en ruimtelijke-orderingskwesties. We zetten de diverse technische uitdagingen en maatschappelijke kwesties in de concluderende paragraaf op een rij.

3.2 AR in de neurochirurgie

In de zorg wordt op verschillende manieren geëxperimenteerd met AR. Deze technologie wordt gebruikt voor communicatie met patiënten, maar ook voor trainingsdoeleinden en bij het stellen van diagnoses. Om beter te begrijpen hoe AR kan worden toegepast in de zorg, spraken we met neurochirurg Tristan van Doormaal van het Universitair Medisch Centrum Utrecht (UMCU) en softwareontwikkelaar Tom Mensink.⁶

5 Zie ook het interview met Roos Groothuizen en Dhoya Snijdes over de meerwaarde van artistiek ontwerpend onderzoek op onze website: <https://www.rathenau.nl/nl/digitale-samenleving/kunst-en-wetenschap-onderzoeken-samen-urgente-vragen>

6 Interview met Van Doormaal afgenomen op 9 oktober 2019, via videoverbinding; interview met Mensink afgenomen op 23 oktober 2019 in Utrecht. Een follow-up vond plaats op 21 september 2020.

Een medisch probleem inzichtelijk maken

Al sinds de jaren '70 van de vorige eeuw gebruiken artsen CT-scans en MRI-scans om de hersenen van patiënten in kaart te brengen. Die apparaten maken een reeks zwart-witplaatjes van 2D-doorsnedes van het brein. Het begrijpen en analyseren van dergelijke beelden vergt de nodige training. Neurochirurg Tristan van Doormaal vertelt dat hij niet goed kon uitleggen wat het probleem in de hersenen precies was en hoe dat er driedimensionaal uitzag. 'Dat kon ik niet uitleggen aan patiënten', merkt hij op, 'maar ook niet aan jonge chirurgen'.

Die ervaring was voor hem een reden om te gaan experimenteren met AR. Met AR is het namelijk mogelijk, om op basis van data uit een CT-scan of MRI-scan een hologram te maken. Een arts kan dat hologram dan samen met een patiënt bekijken en bespreken, met behulp van een AR-headset. Chirurgen, assistenten, studenten en patiënten hebben daar baat bij, omdat het een medisch probleem inzichtelijker kan maken. AR kan bijvoorbeeld helpen bij het visualiseren van een geplande operatie. Maar de technologie kan ook als trainingsinstrument ingezet worden. In het UMC Utrecht werkt Van Doormaal aan een trainingsset met hologrammen van echte patiënten, die illustratief zijn voor ziektes die in de medische praktijk voorkomen.

Hulp tijdens het opereren

AR kan ook nuttig zijn tijdens het uitvoeren van de operatie zelf. Een hologram is een vrij precieze, virtuele kopie van de hersenen van een patiënt. Als tijdens een operatie een hologram op het hoofd van de patiënt geprojecteerd wordt, krijgt de chirurg zicht op gevaarlijke structuren en zones in het gebied waar hij opereert.

AR is een vorm van een 'intra-operatieve beeldvormingstechniek'. 'Intra-operatief' betekent dat er een tweede scan van de hersenen wordt gemaakt, nog voordat de patiënt de operatiekamer verlaat. Het hoofd wordt tijdelijk gesloten en de patiënt gaat opnieuw onder de MRI-scanner. Aan de hand van de nieuwe scan kan de chirurg bepalen of een tumor volledig verwijderd is. 'Als we nog een resttumor zien', vertelt van Doormaal, 'dan maken we in vijf minuten een nieuw hologram'. Hij hoopt dat operaties met behulp van AR korter gaan duren en dat de kans op een geslaagde operatie groter wordt.

Technische uitdagingen

Bij experimenten met AR als operatief hulpmiddel, lopen gebruikers tegen technische uitdagingen aan – al gaan de ontwikkelingen snel en zijn veel problemen inmiddels opgelost. Een blijvend probleem is de batterijduur van de headset waar Van Doormaal mee werkt, die korter is dan de duur van de meeste operaties. Bij het begin van het experimenteren, was het maken van een hologram de grootste technische uitdaging. Dat vergde veel voorbereiding, waaronder heel wat tekenwerk. Inmiddels is een *pipeline* ontwikkeld voor het automatisch omzetten

van een scan in een hologram. Het is nu zelfs mogelijk – dankzij een Europese onderzoekssubsidie (*Eurostars Grant*) – om op het hologram met behulp van kunstmatige intelligentie direct structuren te herkennen die op een tumor in de hersenen kunnen wijzen. Een andere uitdaging was, dat bij de HoloLens 1, het type headset dat Van Doormaal aanvankelijk gebruikte, het gezichtsveld van de gebruiker vrij nauw was: men keek toen als het ware door een smalle spleet. Met de HoloLens 2 is het gezichtsveld van de gebruiker sterk uitgebreid.

Omdat het hoofd van een hersenpatiënt tijdens een operatie volledig gefixeerd is, vormt de neurochirurgie een logisch startpunt voor de toepassing van AR in de operatieve praktijk. Maar bij dit soort ingrepen werken doorgaans meerdere chirurgen en assistenten samen. Een van de grote uitdagingen daarbij is ervoor te zorgen dat voor degene die opereert, het hologram (het virtuele object) en het hoofd waarop het hologram geprojecteerd wordt (het fysieke object), precies op elkaar blijven liggen – ook op het moment dat een operatieve handeling wordt uitgevoerd. Een tweede uitdaging is, dat de andere deelnemers aan de operatie die bewegingen moeten kunnen waarnemen, elk vanuit hun eigen perspectief. QR-codes die op of in de buurt van het hoofd gemonteerd worden (zie foto), blijken voor beide uitdagingen uitkomst te bieden. Daarnaast wordt ook gebruik gemaakt van zogenaamde *spatial anchors*. Dat zijn markante plekken in de ruimte waarvan de driedimensionale positie door elke HoloLens identiek herkend worden.

Dat het hologram zo precies mogelijk geprojecteerd wordt op de locatie van de hersenen, is volgens Van Doormaal niet altijd handig. ‘Stel je voor: er gaat een bloedvat bloeden. Dan zit daar iets overheen geprojecteerd wat je moet weghalen, voordat je die bloeding aan kunt pakken.’ Zijn team heeft nu een techniek gepatenteerd om het hologram een stuk boven het hoofd van de patiënt te projecteren, zodat de projectie de operatie zelf niet in de weg zit en het hologram werkt als een soort spiekbriefje.

Eisen en procedures

Voordat een nieuwe medische technologie breed inzetbaar wordt, moet voldaan zijn aan allerlei kwaliteitseisen en formele veiligheidsregels. Het ontwikkelen van AR voor de zorg is daarom een proces van lange adem. De aanschaf van hardware is daarnaast een grote investering voor ziekenhuizen. Ook moet het nieuwe product passen in de bestaande manier van werken, en moeten studies herhaaldelijk aantonen dat het nieuwe product positieve uitkomsten biedt.

Tot slot moet medische apparatuur ook veilig zijn. Elk apparaat dat in de operatiekamer geïntroduceerd wordt, dient een CE-certificering te krijgen. Apparatuur moet bovendien voldoen aan de veiligheidseisen die gesteld worden door de *Medical Device Regulation* (MDR) van de Europese Unie. Het team dat

betrokken was bij de ontwikkeling van AR bij het UMC Utrecht, bewandelt inmiddels deze weg en hoopt in het najaar van 2020 het eerste goedgekeurde product beschikbaar te hebben.

Zorgen om data en privacy

Bij de inzet van digitale medische beeldvormingstechnieken worden allerlei intieme gegevens van patiënten verzameld en verwerkt. Er moet dus nagedacht worden over het beheer van hun data en de bescherming van hun privacy. Voor de opslag van zorgdata gelden specifieke veiligheidseisen. Ziekenhuizen stellen ook zelf regels op over de toegang tot en de omgang met data. Maar apparaten zoals de HoloLens hebben vooralsnog niet de status van medische apparaten. Dat roept de vraag op of de gegevens die ze verzamelen goed beheerd worden. Hoe worden de rechten van patiënten gewaarborgd op het moment dat digitale medische apparaten zoals de HoloLens gebruikt worden?

Van Doormaal stelt dat hij patiënten vooraf informeert en ze ook toestemming vraagt voor het gebruik van de AR-beelden. Hij geeft bijvoorbeeld aan dat hij de beelden wil gebruiken voor trainingsdoeleinden. Dat doet hij vervolgens uitsluitend in de context van zijn eigen ziekenhuis. De Nederlandse privacywetgeving en de AVG laten immers niet toe dat hij de data met andere zorginstellingen deelt.

Voor het opslaan van de hologrammen wordt nu gebruik gemaakt van de *Azure Cloud*, een dienst van Microsoft (het bedrijf dat ook de HoloLens ontwikkelt). Dit is dezelfde cloud als waarin ziekenhuizen andere patiëntdata opslaan. Bovendien gaat het bij de opslag van hologrammen om een zelfgebouwde, gecertificeerd veilige omgeving. Voor toegang tot die omgeving wordt gebruik gemaakt van irisherkenning. De betrokkenen ervaren dit als een 'revolutionaire' vorm van beveiliging, die in de toekomst ook data-uitwisseling tussen ziekenhuizen mogelijk moet maken. 'Data die lokaal opgeslagen worden', voegt Tom Mensink nog toe, 'worden voor derden onleesbaar versleuteld met moderne encryptietechnieken.' Dat alles neemt echter niet weg, dat wie een commerciële clouddienst gebruikt, in zee gaat met een groot technologiebedrijf. Dergelijke bedrijven hebben doorgaans ook interesse voor medische data, omdat ze die zouden kunnen vermarkten. Vanuit het oogpunt van privacy is het dus nodig de gebruiksvoorwaarden van dit soort diensten voortdurend te monitoren.

3.3 AR bij de bouw van de Boekelose brug

Naast medische doeleinden, wordt AR ingezet ter ondersteuning van allerlei productieprocessen. Om dat te illustreren, bespreken we een voorbeeld uit de

bouw: het optuigen van de Boekelose brug in Hengelo. We spraken daarvoor met de projectleider, die vanuit Dura Vermeer bij de bouw van de brug betrokken was.⁷

Het bouwproces inzichtelijk maken

In de bouw wordt gewerkt aan de hand van ontwerptekeningen. Bij het ontwerp zelf, wordt in drie dimensies getekend: hoogte, breedte en diepte. Dat is nodig omdat complexe bouwwerken onderdelen hebben die op een plat vlak niet goed weergegeven kunnen worden. De Boekelose brug bijvoorbeeld, heeft allerlei krommingen, die anders niet goed te zien zijn. Maar om de tekeningen op een bouwplaats in te kunnen zetten, moet men ze afdrukken. Dat kan vooralsnog alleen in 2D. Dat maakt het voor de mensen die de brug moeten bouwen lastig om zich een voorstelling te maken van het beoogde resultaat en de stappen hiernaartoe.

Net als in de neurochirurgische praktijk, lijkt AR hier een uitweg te kunnen bieden. Bij het bouwen van de Boekelose brug was het mogelijk om het oorspronkelijke, digitale 3D-ontwerp op locatie via een headset te bekijken. Daarbij werd gebruik gemaakt van een digitaal hologram van de brug, dat over de rivier heen werd geprojecteerd. Zo konden de bouwers ter plaatse de brug van verschillende kanten bekijken. Dat maakte het bouwproces inzichtelijker.

Nieuwe technologie in een traditionele bedrijfstak

Het bouwbedrijf wordt gezien als een sterk op tradities gestoelde sector. Dat maakt het soms lastig om vernieuwing te introduceren. Het AR-experiment bij de bouw van de Boekelose brug was onderdeel van een door de provincie gesubsidieerd project voor het realiseren van innovatieve ontwerpen. Daardoor was er ruimte om nieuwe werkwijzen uit te proberen.

Voorafgaand aan het experiment waren niet alle betrokkenen enthousiast. Sommigen waren bezorgd over de nauwkeurigheid van de hologrammen, in relatie tot de ontwerptekeningen. In de praktijk leek die scepsis snel te verdwijnen, omdat het werken met een hologram heel intuïtief gaat. De bediening van een headset vergt enige oefening, maar het beeld dat men te zien krijgt, valt makkelijk te interpreteren – voor een werkvoorbereider, een uitvoerder of een timmerman. Het is meteen duidelijk waar een paal voor de maatvoering terecht moet komen, waar kabels of leidingen in de grond zitten, of hoe een betonvorm op een bekisting eruit moet zien.

Technische obstakels

Om de HoloLens geschikt te maken voor gebruik in de bouw, waren veel aanpassingen nodig. Zo moest men de headset voorzien van een zonnescerm, opdat gebruikers het beeld ook bij fel buitenlicht goed zouden kunnen zien. Om de voorstelling van de brug op de juiste plek te fixeren in relatie tot de fysieke ruimte,

⁷ Geanonimiseerd interview, afgenomen op 28 oktober 2019 in Utrecht.

was er behoefte aan een GPS-antenne en een digitaal kompas. Daarnaast moest het materiaal weers- en windbestendig zijn, tegen een stootje kunnen en gebruiksvriendelijk zijn. Dit *proof of concept* was dat nog niet. 'Die paddenstoel op je hoofd weegt vier kilo en wiebelt,' vertelt de projectleider, verwijzend naar de GPS-antenne.

Bovendien moest het digitale model versimpeld worden, omdat het anders een te groot bestand was en de HoloLens dit niet aankon. Andere functies, zoals de mogelijkheid om het ontwerp aan te passen, moesten worden uitgezet. AR was immers puur bedoeld voor de visualisering en maatvoering; het beeld moest dus bevroren zijn. Het kan immers niet zo zijn dat een timmerman per ongeluk de brug twintig meter verderop neerlegt.

Nieuwe manieren van werken

In het geval van de Boekelose brug droeg AR bij aan het wederzijds begrip tussen de ontwerpers van de brug, en diegenen die bij de bouw betrokken waren. Het feit dat die laatsten zich een goede voorstelling konden maken van wat er moest gebeuren, maakte zelfs een deel van het gebruikelijke overleg overbodig. Bovendien kon dat overleg ook vaker op afstand gebeuren. Dankzij de *remote-assist*-functie van de headset konden mensen die fysiek van de bouwplaats verwijderd waren, met de bouwers meekijken, en ze zo helpen toekomstige problemen te voorkomen.

AR zorgde er met andere woorden voor dat gebruikers zich in hun werk anders gingen gedragen – met name ten opzichte van elkaar. Ze gingen anders samenwerken. Dat maakte het werkproces meteen ook efficiënter. Daarnaast werd gesteld dat het gebruik van hologrammen bijdraagt aan het werkplezier van de betrokkenen. Het fysiek-virtuele domein maakt complex werk net iets makkelijker en meer verbeeldend.

3.4 AR bij dekmarkering in de logistiek

Ook in de logistiek wordt AR ingezet om werkprocessen te optimaliseren. Bijvoorbeeld bij Jumbo Maritiem, een bedrijf dat zware ladingen verscheept. In het voorbeeld dat we hier bespreken, wordt AR ingezet tijdens het dekmarkeringsproces, dat aan het laden van een schip voorafgaat. We leerden over de praktijk tijdens een gesprek met ontwikkelaars van IT-dienstverlener Wortell, die de gebruikte applicatie ontwikkelden.⁸

8 Geanonimiseerd interview, afgenomen op 16 november 2019 in Lijnden.

Virtuele dekmarkering

Dekmarkering is het proces waarbij het scheepsdek wordt gemarkeerd, zodat men precies weet waar bevestigingspunten voor de te vervoeren lading gelast moeten worden. Dat gebeurt in principe handmatig, met behulp van een technische tekening, een meetlint, krijt en een spuitbus met verf. Omdat de tekening op schaal is, hebben twee ingenieurs twee dagen nodig om te berekenen waar de markeringen precies moeten komen. Dat doen ze zelf ter plekke. Dat maakt het proces duur – ook omdat in de tussentijd het werk van de scheepsbemanning volledig stilstaat. Bovendien vallen meetfouten bij deze werkwijze niet uit te sluiten.

Om die redenen zocht Jumbo Maritiem naar een manier om het dekmarkeringsproces te optimaliseren. In samenwerking met IT-specialist Wortell vond het bedrijf een oplossing in het gebruik van AR. Net als bij het UMC Utrecht en bij de Boekelose brug, wordt bij Jumbo Maritiem gebruik gemaakt van de HoloLens 1. Daarmee kan de gebruiker een technische tekening als het ware op het dek projecteren, zodat deze in de werkelijke verhoudingen te zien is. Het fysiek markeren wordt daarmee een kwestie van het overtekenen van de lijnen die de gebruiker vóór zich ziet. Vooral bij ingewikkelde ladingen is dat aantrekkelijk. Het zorgt ervoor dat de klus in enkele uren geklaard is en door minder gespecialiseerde werknemers uitgevoerd kan worden. Zo kan de ingenieur die het ontwerp maakt, de tekening rechtstreeks naar de kapitein van een schip sturen. Een bemanningslid kan dan het markeringswerk doen. Dit is een verschil met de oude situatie, toen ingenieurs naar verre oorden moesten vliegen om te helpen bij de dekmarkering.

Technische uitdagingen

De grootste uitdaging bij het realiseren van het project was, dat de tekening niet in één keer geprojecteerd kon worden, vanwege de grootte van het databestand en de reikwijdte van de camera's. Het beeld is daarom beperkt tot een straal van drie meter om de werknemer heen, waarbij op elk moment slechts een deel van het grotere geheel te zien is. Elke verplaatsing leidde tot het genereren van een nieuw stuk beeld. Medewerkers bij Jumbo Maritiem spreken in dit verband van de 'Billy-Jean-methode', waarmee ze verwijzen naar de videoclip bij het gelijknamige liedje van Michael Jackson waarin tegels oplichten als de zanger erop gaat staan.

Een andere beperking was, dat de methode niet toeliet om het dek te markeren terwijl het schip gelost of geladen wordt. Hierdoor kan het gebeuren dat de digitale tekening 'wegzakt' in het fysieke dek als er een zware lading aan boord is of het gewicht van de lading verandert. Het schip moest dus geheel stilliggen om deze werkwijze te kunnen hanteren.

Privacykwesties

Op dit moment wordt bij Jumbo Maritiem gebruik gemaakt van de HoloLens, die camera's inzet om een technische tekening goed te matchen met de fysieke omgeving. Op het moment dat er tijdens het dekmarkeren een lading aan boord is,

zou dat een probleem kunnen vormen. De klant zou er immers bezwaar tegen kunnen hebben dat die lading gefilmd wordt vanwege privacy redenen. Dit probleem is in principe oplosbaar door de functie om opnames te maken, uit te schakelen. Maar daarnaast heeft de headset ook een *remote-assist*-functie, die vereist dat beelden doorgestuurd worden. De privacyrisico's die dat oplevert, zijn lastiger tegen te gaan.

Efficiënter werken

Voor een bedrijf als Jumbo Maritiem is het gebruik van AR vooral aantrekkelijk, omdat de technologie het uit te voeren werk efficiënter maakt. Dat levert een grote kostenbesparing op. Die besparing betreft niet alleen de loonkosten van personeel (dekmarkeerders en anderen), maar ook allerlei overheadkosten, zoals liggeld voor het schip of de kosten van verplaatsingen. De winst die dat oplevert, komt vooral ten goede aan werkgevers. Ook werknemers lijken het gebruik van AR aantrekkelijk te vinden. Het gebruik van AR betekent dat ze minder tijd hoeven te besteden aan saaie klussen, of minder tijd al wachtend door hoeven te brengen. Maar doorgaans zijn ze die visie pas toegedaan, als ze er zelf eenmaal gebruik van hebben gemaakt. Vooraf staan velen argwanend tegenover de inzet van technologie die hun werkwijze drastisch zou kunnen veranderen. Dat wijst op het belang van goede voorlichting en overleg over de voorwaarden voor AR-gebruik.

3.5 AR in distributiecentra: *vision picking*

In de logistiek wordt op grote schaal met AR geëxperimenteerd. Meerdere bedrijven in de Benelux maken al gebruik van slimme brillen. Voorbeelden zijn Nox (een bedrijf gespecialiseerd in nachtdistributie), de technische groothandel Flos, telecombedrijf Samsung, e-fulfilmentbedrijf Active Ants en verschillende AR-dienstverleners (Dijkhuizen 2017). We proberen zicht te krijgen op de stand van zaken in de toepassing van AR bij distributiecentra. Daarvoor spraken we met Tjalling de Vries, verantwoordelijk voor innovatieprojecten bij een groot distributiebedrijf, en Johanna Bellenberg, directeur marketing en communicatie bij Picavi, een ontwikkelaar van AR-oplossingen voor de sector.⁹

***Order picking* in distributiecentra**

Een distributiecentrum is een plek waar goederen aankomen, gecombineerd en verdeeld worden en vervolgens doorgestuurd worden naar hun bestemming. Door de snelle groei van e-commerce spelen distributiecentra een steeds belangrijkere rol in de moderne logistiek. Partijen in de sector beconcurreren elkaar op basis van

9 Interviews met Johanna Bellenberg op 29 juni 2020 en met Tjalling de Vries op 1 juli 2020 via videogesprek. Email-follow-ups met beide respondenten vonden plaats in september 2020.

hun responstijd en hebben dus veel belang bij een efficiënte werkwijze (Lu et al. 2016). Mede daarom staan ze sterk onder druk om aan procesverbetering te doen.

Nu al wordt in distributiecentra gebruik gemaakt van allerlei informatietechnologie. De papieren distributielijsten waar men ooit mee werkte behoren tot het verleden. Desondanks is de sector sterk afhankelijk van menselijk werknemers. Magazijnwerkers, ofwel *order pickers*, spelen een sleutelrol in het werk dat in distributiecentra plaatsvindt. Ze zijn verantwoordelijk voor het lossen, nakijken, sorteren en op de juiste plek opslaan van de artikelen die binnenkomen, en vervolgens voor het verzendklaar maken en laden van de goederen. Bellenberg merkt op, dat op dit moment juist mensen de grote succesfactor in de logistiek zijn, vanwege hun cognitieve intelligentie en flexibiliteit. Nieuwe digitale technologieën kunnen hun werk wel ondersteunen en efficiënter maken.

Digitale hulpmiddelen in de logistiek

Op dit moment zijn verschillende digitale systemen in omloop die de *order picker* ondersteunen bij diens werkzaamheden: de *mobile data terminal*, *pick-by-voice*-systemen en *pick-by-light*-systemen (Schwerdtfeger et al. 2009). Het eerste is in essentie een barcodesysteem, waarbij de werknemer instructies van een scherm op een handscanner afleest na het scannen van een pakket. *Pick-by-light*-systemen maken gebruik van speciale schappen die van lampjes voorzien zijn, zodat de medewerker instructies kan opvolgen. *Pick by voice* maakt gebruik van een koptelefoon en microfoon, waarbij instructies worden gegeven middels spraak.

Een recentere ontwikkeling is *pick by vision* (Reif & Günthner 2009), een systeem waarbij gewerkt wordt met AR-wearables. In het ideale geval combineren dergelijke wearables de functionaliteiten van de eerdergenoemde systemen: visuele instructies, spraakinstructies en instructies via barcodes.¹⁰ *Pick by vision* heeft met *pick by light* en *pick by voice* gemeen, dat de magazijnmedewerker geen apparaat vast hoeft te houden en ook niet omlaag hoeft te kijken naar een scherm om instructies te lezen (zoals wel het geval is bij de *mobile data terminal*). Dat heeft veiligheidsvoordelen. De gebruiker heeft dan de handen vrij en behoudt ook het overzicht over de ruimte. Daarnaast heeft *pick by vision* de flexibiliteit van *pick by voice*, dat niet afhankelijk is van een bestaand schappensysteem. Bij *vision picking* hebben de visuele aanwijzingen echter als voordeel, dat ze ook werken in een lawaaierige omgeving.

In distributiecentra wordt over het algemeen gebruik gemaakt van eenvoudigere wearables dan in de eerdergenoemde sectoren. Vooral populair is Google's Glass Enterprise 2. Die slimme bril heeft een enkele display in de ooghoek en weegt ongeveer evenveel als een reguliere bril. Dat zorgt voor draagcomfort tijdens lange

¹⁰ Die laatste worden dan gescand met ofwel een ingebouwde scanner, ofwel met één die om een vinger gedragen wordt.

diensten. Bellenberg benadrukt het belang van een eenvoudige en intuïtieve grafische interface. Ook die draagt bij aan de gebruiksvriendelijkheid, maar zorgt er tevens voor dat personeel snel getraind kan worden in het werken met de bril. Daarom wordt in de voor De Vries' bedrijf ontworpen software vooral gewerkt met plaatjes en kleine icoontjes.

Minder fysieke obstakels

In distributiecentra kunnen AR-systemen op verschillende manieren ingezet worden. De Vries' bedrijf gebruikt ze om magazijnmedewerkers te instrueren bij welke stellingkast ze moeten zijn, welke producten ze daar moeten ophalen en waar ze die heen moeten brengen. In andere logistiekbedrijven worden AR-systemen ook gebruikt door bestuurders van voertuigen, als hulp bij het navigeren.

Werknemers vinden AR-systemen vooral aantrekkelijk, omdat ze hun werk fysiek minder zwaar of complex maken. In een interview met *NRC* vertelt een DHL-medewerker dat hij het gebruik van een slimme bril verkiest boven een *mobile data terminal*. Het werken met een handscanner zorgt voor pijn aan zijn arm. Bovendien ervaart hij het als een gedoe om de scanner steeds weg te moeten leggen voor het tillen of opensnijden van dozen. Vanuit het perspectief van de werkgever zorgt de inzet van AR vooral voor efficiëntiewinst. In de woorden van dezelfde werknemer: '[Vroeger] haalde [ik] mijn targets nooit, nu zit ik er altijd overheen' (Pelgrim 2019).

Onderzoekers voorzien dat AR in de toekomst niet alleen de handelingen van werknemers zal helpen te verlichten of makkelijker te maken. Men verwacht bijvoorbeeld dat de technologie ook vaker zal gaan functioneren als een soort interface tussen mensen en robots (Jost et al. 2018). Op plekken waar een deel van het werk geautomatiseerd is, kan AR helpen bewegingen van mensen en robots op elkaar af te stemmen. Brillen monitoren de locaties van hun gebruikers. Door de data die dit oplevert te koppelen aan data over de positie van zelfrijdende robots, kunnen ze botsingen helpen te voorkomen. Zo dragen AR-brillen bij aan de veiligheid ter plekke, maar ook aan het subjectieve veiligheidsgevoel van werknemers (Jost et al. 2018).

De kosten en baten van AR

Om AR aantrekkelijk te maken voor grootschalig gebruik in de logistiek, moeten de ontwerpers van systemen nog wel enkele technische hindernissen nemen. Op dit moment is de beschikbare hardware bijvoorbeeld nog niet optimaal voor langdurig gebruik. De batterijduur van slimme brillen is laag. Bovendien kunnen processoren na een tijd oververhit raken. Schermen passen zich nog niet aan de lichtkwaliteit van de omgeving aan (bijvoorbeeld bij het van binnen naar buiten lopen). Volgens onderzoekers kan dat leiden tot hoofdpijn of vermoeide ogen (Stoltz et al. 2017). Bij De Vries' bedrijf was dit onderzoek aanleiding om het gebruik van slimme brillen vooralsnog te beperken tot maximaal twee uur aan één stuk.

Op dit moment wegen de baten van investering in AR-technologie voor bedrijven ook nog niet echt op tegen de kosten die ze daarvoor moeten maken. De Vries en Bellenberg schatten de efficiëntiewinst van werken met slimme brillen in op vijftien, respectievelijk dertig procent ten opzichte van het gebruik van een eenvoudige handscanner. In vergelijking met een *pick-by-voice*-systeem is de winst relatief gezien minder groot. Om het werken met AR mogelijk te maken, moeten bedrijven niet alleen brillen aanschaffen en de benodigde software laten ontwikkelen of implementeren, maar ook trainingskosten maken en eventueel aanpassingen bekostigen voor werknemers die behoefte hebben aan aangepaste brillen (bijvoorbeeld brillen op sterkte). En als de interne IT-teams van bedrijven zelf niet in staat zijn om AR-apparatuur te onderhouden of uit te breiden, komen er op termijn ook nog extra externe kosten bij.

Zorgen rond dataverwerking

Bovendien roept het gebruik van AR in de logistiek vragen op over de omgang van bedrijven met data. De slimme brillen die *order pickers* gebruiken, bevatten camera's, microfoons en andere sensoren. Die verzamelen allerlei gegevens over de handelingen die gebruikers verrichten: het aantal stappen dat ze zetten, de route die ze lopen, of het aantal barcodes dat hun scanners registreren. Die data zijn nodig om het systeem goed te laten functioneren. Daarnaast kunnen managers en procesingenieurs er gebruik van maken om werkprocessen te verbeteren. Gegevens uit slimme brillen kunnen bijvoorbeeld aanleiding geven tot een andere inrichting van een magazijn, zodat de medewerkers zich er sneller kunnen verplaatsen of makkelijker bij bepaalde producten kunnen komen. Of ze kunnen ingezet worden om gebruikers te voorzien van persoonlijke feedback of advies. Zo kunnen spelelementen toegevoegd worden aan het werkproces. Dit kan een ster of vinkje zijn als een taak is voltooid, een scoresysteem, of feedback met informatie over prestaties van de werknemer, eventueel in vergelijking met eerdere prestaties of die van collega's.

Dezelfde gegevens kunnen ook gebruikt worden om werknemers te monitoren, hun prestaties te sturen, of hun prestaties te evalueren. Dat geeft aanleiding tot zorgen over de privacy, de autonomie, en de mate van instemming en controle over technologie die werknemers hebben (zie ook Rathenau Instituut, 2020c). Als de beelden opgeslagen en gedeeld worden, gaan er mogelijk ook nog andere privacy- en vertrouwelijkheidskwesties spelen – op persoonlijk niveau, maar ook op het niveau van organisaties (bijvoorbeeld in het geval van gepatenteerde data of processen). (Zie Stoltz et al. 2017.) Het databeleid van een bedrijf is cruciaal voor het verkleinen van zulke risico's.

3.6 *Pokémon Go* in Kijkduin

AR wordt niet alleen in professioneel verband gebruikt, maar kent ook tal van entertainmenttoepassingen. Een voorbeeld daarvan zijn *augmented realitygames*. De meeste bekende in zijn soort is wellicht *Pokémon GO*, een spel van het Amerikaanse bedrijf Niantic, dat in juli 2016 op de Nederlandse markt werd uitgebracht. Net als elders in de wereld, werd de game een groot succes. In de eerste dagen na zijn lancering werd het spel meer dan een miljoen keer gedownload (NU.nl 2020). In deze praktijkschets blikken we terug op de zomer van 2016, toen *Pokémon GO* ophef veroorzaakte, omdat het op grote schaal gebruikt werd in de wijk Kijkduin in Den Haag. We spraken met Rachid Guernaoui, toentertijd gemeenteraadslid in die stad.¹¹

***Pokémon GO*: het spel**

Pokémon GO is een spel voor iOS- en Android-smartphones. Het spel gebruikt GPS en AR-facetten om virtuele wezens, genaamd Pokémons, te plaatsen in de fysieke wereld. De bedoeling van het spel is om via een digitale kaart zoveel mogelijk Pokémons te vinden, te vangen en te trainen. Op de digitale kaart zijn ook zogenaamde verleidingsmodules (*lure modules*) te vinden, die wilde en schaarse Pokémons aantrekken. Kijkduin, een Haagse wijk met de ambitie om een badplaats van formaat te zijn, kende een bijzonder groot aantal van deze verleidingsmodules. Daardoor werd het een trekpleister voor *Pokémon*-spelers. In de zomer van 2016 trokken dagelijks duizenden, veelal jonge, fans naar het Deltaplein in Kijkduin.

Aanvankelijk was de gemeente blij met de ontwikkeling. In een brief aan de gemeenteraad schreef de toenmalig burgemeester van Den Haag Van Aartsen: 'De ondernemers van Kijkduin profiteren van deze bijzondere vorm van toerisme en dat is ook goed voor de werkgelegenheid. De ondernemersvereniging, de strandtenthouders en stichting Beach Resort Kijkduin waren dan ook enthousiast'.¹² Lokale politicus Rachid Guernaoui stelde naar aanleiding van de interesse voor, om een bord te plaatsen om Pokémonjagers te verwelkomen en lokale ondernemers een hart onder de riem te steken. Het bord, met het opschrift 'Welkom in Kijkduin – Pokémon hoofdstad van Nederland', werd in augustus 2016 door hem onthuld (Teeuwen 2016).

Op 9 augustus 2016, drie weken na de lancering van *Pokémon GO*, stelde de gemeenteraad de burgemeester vragen over zowel de paal als de neveneffecten van het spel, zoals zakkenrollen, afval op straat en geluidsoverlast. Van Aartsen reageerde daarop, en zei dat de drukte naast voordelen ook een keerzijde heeft.

¹¹ Interview afgenomen op 17 juli 2019 in Den Haag

¹² Brief Van Aartsen aan gemeenteraad, 8 september 2016; kenmerk RIS294835.

‘Vele Pokémon-jagers rennen in al hun enthousiasme door gebieden waar ze niet horen te zijn. Ze ruimen niet altijd hun rommel op en plassen soms op plekken waar dat niet hoort. Dat zorgt voor een vervelende situatie voor met name de bewoners van Kijkduin’.¹³ Bewonersverenigingen en tientallen burgers dienden dan ook klachten in bij de gemeente. Naar aanleiding daarvan werden extra openbare toiletten en vuilnisbakken geplaatst, en werd extra personeel ingeschakeld voor schoonmaak en handhaving.

Ook elders zijn gevallen van overlast door Pokémonjagers bekend. Zo had ProRail te maken met mensen die bij het zoeken naar virtuele wezens op het treinspoor gingen lopen (ProRail 2016). In India zorgde de aanwezigheid van Pokémon voor verstoring op religieuze plaatsen. Vergelijkbare kwesties speelden bij het Amerikaanse Holocaust Memorial Museum (Washington) en het Japanse Hiroshima Peace Memorial Park. In alle gevallen dienden de achterliggende organisaties klachten in bij Niantic, met het verzoek de virtuele wezens er weg te halen (Star 2016). Dit soort situaties tonen aan, dat met het spelen van het spel niet alleen het woongenot van burgers in het gedrang komt, maar ook hun veiligheid, evenals allerlei gedragsnormen die verbonden zijn met specifieke (bijvoorbeeld gewijde) plaatsen.

Verdienmodel

Het is belangrijk te begrijpen hoe *Pokémon GO* geld opbrengt. Niantic, het bedrijf dat de game uitbracht, verdient onder andere aan zogenaamde ‘microtransacties’: aankopen van virtuele producten in het spel die de gebruiker een voordeel geven ten opzichte van andere deelnemers. Het aankopen van verleidingsmodules is een voorbeeld van een dergelijke microtransactie.

Verleidingmodules worden ook verkocht aan bedrijven, die er Pokémonjagers mee naar hun winkels lokken (zie bv. Zuboff 2019, pp. 309-319). John Hanke, oprichter van Niantic, vertelde aan de *Financial Times* dat bedrijven ‘ons betalen voor locaties op het virtuele spelbord – waarbij het uitgangspunt is dat dit voetverkeer stimuleert’ (Bradshaw & Lewis 2016). Voor de lancering van de app in Japan werd bijvoorbeeld een grote sponsordeal gesloten met McDonalds. Door filialen met speciale virtuele verleidingmodules uit te rusten, lokte deze fastfoodketen Pokémonjagers naar zijn 30.000 filialen. Het bedrijfsmodel van *Pokémon GO* is daarmee vergelijkbaar met Googles online advertentiemarkt. Bedrijven betalen Google ‘per klik’ voor potentiële klanten die via de zoekmachine op hun site komen. Bij *Pokémon GO* worden deze technieken uit de online-advertentiewereld rechtstreeks vertaald naar de fysieke wereld. Bedrijven betalen Niantic ‘per bezoek’ voor klanten die via hun mobiele spel de winkel binnenkomen. Niantic toonde voor

13 *Ibid.*

het eerst aan, dat via AR het digitale online-verdienmodel ook in de fysieke wereld inkomsten kan genereren. Tot op heden bracht het spel meer dan twee miljard euro op (Tassi 2018).

Tegengas

De gemeente Den Haag schakelde uiteindelijk een advocatenkantoor in om Niantic te sommeren het spel aan te passen, zodat Pokémons en Pokémon-jagers uit het kwetsbare natuurgebied geweerd werden. Door 'de virtuele dieren uit het Westduinpark te halen, heeft Niantic onder druk van een juridische procedure eindelijk blijk gegeven van maatschappelijke verantwoordelijkheid voor de fysieke omgeving van hun spel', rapporteerde de burgemeester van Den Haag later aan de gemeenteraad.¹⁴

Overheden elders kozen ervoor om juist het handelen van de spelers bij te sturen. In de Belgische plaats Lillo bepaalde de gemeenteraad dat het spel niet langer gespeeld mocht worden tussen tien uur 's avonds en zeven uur 's ochtends (Voorst 2016). In het Belgische Jubise werd zelfs een nachtelijk samenscholingsverbod ingesteld (Redactie De Morgen 2016). Anders dan de juridische procedures leggen dit soort reacties de verantwoordelijkheid voor de overlast bij de plegers, en niet bij het bedrijf dat aan hun gedrag verdient. Daarnaast maken deze reacties ook duidelijk dat er in gevallen als deze sprake is van het verbreken van een (ongeschreven) sociaal 'contract' over het gebruik van de publieke ruimte.

De discussie over het gebruik van AR-games is nog niet beslecht. Het verdienmodel van *Pokémon GO* is inmiddels overgenomen door talloze andere AR-applicaties. Bovendien is het spel nog altijd onverminderd populair; het wordt continu doorontwikkeld en er maken wereldwijd nog altijd meer dan 100 miljoen spelers per maand jacht op Pokémons.

3.7 *Mirror Worlds* op station Den Haag Centraal

De laatste praktijkschets in de reeks betreft onze eigen ervaringen met het ontwerp en testen van de mobiele game *Mirror Worlds*, die *artist-in-residence* Roos Groothuizen voor het Rathenau Instituut ontwikkelde in samenwerking met programmeur Arran Lyon. De bedoeling van het initiatief was, om observaties die gedaan waren in het kader van ons onderzoek op artistieke wijze te toetsten en nieuwe inzichten te verschaffen in het fenomeen AR.

14 Brief Van Aartsen aan gemeenteraad, 25 oktober 2016; kenmerk RIS295331.

Mirror Worlds als provotype

Mirror Worlds is een online spel dat met meerdere mensen gespeeld kan worden. Deelnemers maken om de beurt foto's van zaken die ze aantreffen in de publieke ruimte. Andere spelers moeten die zaken vervolgens vinden en ook zelf fotograferen. *Mirror Worlds* maakt geen gebruik van AR-technologie, maar zet bestaande objecten en mensen uit de fysieke omgeving in als spelelement. De game maakt zo niet alleen de omgeving, maar ook voorbijgangers en objecten tot onderdeel van het spel. Groothuizen zelf bestempelt het spel als een *provotype*: een provocatief prototype (Gunn et al. 2015). Het ontwikkelen van provotypes is bekend uit het ontwerpend onderzoek. Provotypes worden ook steeds vaker toegepast in academische context (Raad voor Cultuur 2018). *Mirror Worlds*, de naam van het spel, verwijst naar de 'spiegeling' die plaatsvindt op het moment dat de werkelijkheid digitaal gerepresenteerd wordt. Het spel daagt zijn spelers uit om in een publieke omgeving hun morele grenzen te verkennen. Het confronteert hen met vragen als: wat is acceptabel om vast te leggen en te delen, en wat niet? Welke openbare ruimtes kunnen (niet) worden ingezet als spelsituatie? Welke weerstand roept het gebruik van het spel, of AR-technologie, op?

Om de antwoorden op die vragen te kunnen analyseren, hebben we met Groothuizen een vragenlijst opgesteld die op 29 januari 2020 is voorgelegd aan een groep van tien Masterstudenten van de Koninklijke Academie van Beeldende Kunsten (KABK). De studenten namen deel aan een *playtest*, uitgevoerd in de hal van station Den Haag Centraal. Dat is een drukke locatie met een specifieke functie en veel voorbijgangers. De studenten speelden twintig minuten lang het spel en vulden vervolgens de vragenlijst in. Hieronder reflecteren we op onze observatie van hun spel, een groepsinterview na afloop en de antwoorden op de vragenlijst.

Grenzen

Over het algemeen leken de studenten vooral veel plezier te beleven aan het spel *Mirror Worlds*. Naarmate het spel vorderde, gingen de studenten er sterker in op en kozen ze voor uitdagendere foto's. Zo maakten ze kiekjes op steeds moeilijker bereikbare plekken. Ze drongen daarbij ook steeds verder door in de persoonlijke ruimte van mensen – bijvoorbeeld door te focussen op de schoenen van reizigers of personeel. Daarbij hadden de spelers nauwelijks door dat hun spel, vergezeld door ongecoördineerd geroep en geschreeuw, een bron van ergernis zou kunnen zijn voor de langslopende reizigers. Meerdere spelers gaven aan dat dat misschien wel zo was, maar dat ze zich daar door de hectiek van het station niet bewust van waren.

In de groepsdiscussie na afloop gaven de spelers aan de toelaatbaarheid van handelingen sterk afhankelijk te vinden van de speellocatie. Over het algemeen vonden ze een station een uitstekende locatie voor het spelen van *Mirror Worlds* –

juist vanwege de hectiek ervan. In ruimten waar men geacht wordt stil te zijn, zoals een begraafplaats, bibliotheek of museum, zou dat niet acceptabel zijn. Datzelfde gold ook voor gevaarlijke omgevingen vonden zij, zoals rond het spoor. Hoewel de spelers claimden dat ze die principes ook zelf in acht zouden nemen, gaven ze aan dat niet iedereen daartoe in staat is. Van kinderen, bijvoorbeeld, kan niet worden verwacht dat ze de afweging kunnen maken of een handeling wel of niet acceptabel is op een specifieke locatie.

Wat gaat te ver?

Na afloop vond er discussie plaats over de toelaatbaarheid van bepaalde handelingen. Zo bespraken deelnemers de wenselijkheid van het fotograferen van conducteurs en voorbijgangers, die op dat moment niet wisten dat zij onderdeel uitmaakten van de spelsituatie. Men bracht ook het maken van 'stiekeme' foto's ter sprake, uit zorg om de privacy van subjecten. Zo vonden de meeste spelers het zonder toestemming fotograferen van een gezicht 'te ver' gaan – in tegenstelling tot bijvoorbeeld iemands schoenen of rug.

In dit verband speelde ook nog een ander argument, namelijk dat zichtbaarheid aanleiding zou kunnen zijn voor sociale frictie, die ze wilden vermijden. Ze wilden de voorbijgangers niet tot last zijn en verborgen daarom hun deelname aan het spel. Dat suggereert dat ze tot op zekere hoogte rekening probeerden te houden met de algemeen aanvaarde sociale normen die gelden in een openbare ruimte.

De spelers waren het niet met elkaar eens over wie verantwoordelijkheid draagt voor de hybride omgeving. Sommigen opperden dat spelontwerpers onderworpen zouden moeten worden aan regels, bijvoorbeeld ten behoeve van privacybescherming, veiligheid en respect voor bepaalde sociale normen. Dat zou kunnen middels een ingreep vanuit de overheid, of door zelfregulering vanuit de sector. Anderen legden de verantwoordelijkheid bij de gebruiker. Ze gaven aan dat het bepalen van regels lastig zou zijn, omdat mensen sterk verschillen in hun perceptie van moraliteit.



Figuur 3.2 *Mirror Worlds* applicatie

Bron: Roos Groothuizen

3.8 Reflecties

De beschreven AR-praktijken laten de potentie van AR op tal van gebieden zien: van de gezondheidszorg, via de bouw en de logistiek, tot ontspanning. De diverse praktijkschetsen tonen aan dat er nog veel technische en economische uitdagingen bestaan, en dat AR veelal nog in de kinderschoenen staat. De zes praktijken laten tevens voorbeelden zien van elk van de drie typen maatschappelijke kwesties die we in hoofdstuk 1 aangekondigd hebben: data-, beïnvloedings- en ruimtelijke-orderingskwesties. Hieronder zetten we deze thema's op een rij.

Technische en economische haalbaarheid

De AR-praktijken die zich nog in de pilotfase bevinden, laten op technisch gebied tal van uitdagingen zien. De batterijduur en de snelheid van AR-systemen laten nog te wensen over. Lokale veiligheidsvoorschriften zijn soms niet te verenigen met het dragen van een headset. De uitdaging is steeds om de toepassing van AR aan te laten sluiten bij een bestaande praktijk en (veiligheids)normen. Met name het

toepassen van AR in dynamisch veranderlijke fysiek-sociale omgevingen is uitdagend. Wanneer men van binnen naar buiten loopt, passen de schermen zich bijvoorbeeld (nog) onvoldoende aan de omgeving aan. Het is technisch nog ingewikkeld om ervoor te zorgen dat de complexe projecties voldoende dynamisch zijn en te zien zijn voor verschillende teamleden. Ook de kosten-baten afweging is voor veel partijen nog onzeker.

Datakwesties

Op het gebied van databeheer speelt binnen de neurochirurgie de vraag hoe om te gaan met de breinhogrammen van patiënten. Hoe kan de privacy van patiënten worden gewaarborgd? Slaan ziekenhuizen breinhogrammen zelf op, of laten ze dat over aan private partijen? Privacykwesties spelen ook bij AR-games en bij de professionele inzet van headsets in organisaties zoals distributiecentra. Vragen die spelen zijn: in hoeverre mogen werknemers gemonitord worden door werkgevers, en zijn werknemers vrij om op geïnformeerde wijze toestemming te verlenen voor het verzamelen van persoonlijke data? Bij de casus over dekmarkering zagen we dat het gebruik van camera's kan leiden tot vraagstukken rond de opslag van (vertrouwelijke) gegevens, zoals camerabeelden.

Beïnvloeding van perceptie en gedrag

Diverse AR-praktijken laten zien dat AR op allerlei wijzen de perceptie en het gedrag van gebruikers kan beïnvloeden. Enerzijds kan AR werken als een digitale prothese en op diverse manieren de cognitieve vermogens versterken. Deze vorm van mensverbetering kan een democratiserend effect hebben. Dat heeft te maken met het feit dat AR intuïtief is. AR maakt abstracte beelden die voorheen slechts door experts geïnterpreteerd konden worden, (de 2D MRI-scan in de zorg, de platte technische tekening in de bouw en bij dekmarkering), voor leken inzichtelijk. Communiceren over complexe beelden en taken wordt daardoor makkelijker. In de zorg kan het hologram van de hersenen van een patiënt helpen bij de training van jonge artsen, en artsen voorbereiden op operaties en interactie met patiënten. Bij de bouw van de Boekelose brug zorgde AR voor betere communicatie en begrip tussen de verschillende werknemers. En bij dekmarkering maakt AR een nieuwe vorm van arbeidsdeling mogelijk. Door AR kunnen nu ook niet-specialisten markers op het dek plaatsen.

Anderzijds kan AR ingezet worden om het gedrag van gebruikers te beïnvloeden, zoals de *Pokémon-GO*-casus laat zien. Het verdienmodel van Niantic valt of staat met de mogelijkheid om het voetverkeer, c.q. het winkelgedrag van voetgangers, te beïnvloeden via virtuele verleidingsmodules. Dergelijke applicaties worden steeds doorontwikkeld om ze aantrekkelijker en verslavender te maken, zodat spelers meer van hun tijd in het spel steken en zo meer inkomsten voor het bedrijf genereren.

Ruimtelijke ordening

We bespraken enkele toepassingen van AR in relatief gesloten private omgevingen: de operatiekamer, het dek van een schip, de bouwplaats. De mobiele spellen *Pokémon GO* en het zelfontworpen spel *Mirror Worlds* daarentegen, worden gebruikt in de openbare ruimte, die voor iedereen toegankelijk is. Het feit dat het hier gaat om een gedeelde ruimte, dwingt gebruikers om rekening met elkaar te houden. Voor verschillende openbare ruimtes kunnen verschillende fatsoensnormen en wettelijke regels gelden. Zo zagen we dat bij de introductie van *Pokémon GO* in Kijkduin, dat de gebruikers van AR beide typen regels schonden. Sommigen betraden het natuurgebied en verstoorde de openbare orde. Daarnaast zagen we dat de eigenaar van het spel, het bedrijf Niantic, zijn maatschappelijke verantwoordelijkheid met betrekking tot een adequaat gebruik van de openbare ruimte pas nam na overheidsdruk.

De studenten die het spel *Mirror Worlds* speelden, gaven achteraf aan zich zeer bewust te zijn van het type omgeving waarin het spel wordt gespeeld, de normen en waarden die daar gelden en de mensen die de fysieke ruimte delen. Ze zochten actief naar een balans tussen de regels van het digitale spel en de regels van de fysieke ruimte waarin dat spel werd gespeeld. Als AR een steeds belangrijkere rol gaat spelen in de publieke ruimte, roept dit de vraag op hoe gebruikers van AR (die een hybride, fysiek-virtuele wereld ervaren die zijn eigen normen en waarden heeft) de fysieke ruimte zullen gaan delen met de andere gebruikers. Raakt de openbare ruimte dan mogelijk versplinterd in digitale AR-bubbels?

Intermezzo: visuele toekomstscenario's voor AR

Roos Groothuizen, die als *artist-in-residence* van het Rathenau Instituut betrokken was bij het AR-projectteam, ontwikkelde behalve de game *Mirror Worlds* ook een aantal visuele toekomstscenario's. Ze gaan over de vraag hoe we in de toekomst – meer bepaald in 2026 – met AR om (kunnen) gaan. De scenario's maken een deel van de in hoofdstuk 3 en 4 besproken ethische en maatschappelijke kwesties concreet. Ze visualiseren risico's rond AR, maar suggereren in sommige gevallen ook op speelse wijze al bepaalde oplossingen. Die oplossingen zijn soms van technologische aard en soms van bestuurlijke aard.

Het eerste scenario (figuur I.1) verbeeldt een gebruiker van de deepfake-applicatie *DeepNude* (die we bespreken in paragraaf 4.4 van het volgende hoofdstuk). Met deze app kan de gebruiker een ander als het ware virtueel 'ontkleden'. De hier geschetste situatie illustreert hoe AR mensen niet alleen in staat stelt hun eigen hybride identiteit vorm te geven, maar ook die van anderen te manipuleren. Groothuizen suggereert dat we dit risico zouden kunnen beperken met behulp van een 'AR-me-niet-register', een (nu nog imaginaire) variant op het bestaande 'bel-me-niet-register': één voor mensen die niet het slachtoffer willen worden van AR-modificatie door anderen.

Het tweede scenario (figuur I.2) maakt juist bijzonder tastbaar wat AR zou kunnen gaan betekenen voor het mentale welbevinden van *gebruikers* van de technologie. Groothuizen beeldt zich een applicatie in waarmee men zijn voorkomen virtueel kan aanpassen. Het programma haalt vervolgens gegevens op over praktijken voor plastische chirurgie in de onmiddellijke omgeving. Daarmee stelt de app de gemanipuleerde werkelijkheid voor als de 'na te streven' werkelijkheid. Het scenario roept de gedachte op dat overvloedig gebruik van AR-filters wel eens zou kunnen leiden tot een vertekend zelfbeeld. Onderzoek heeft al aangetoond dat dergelijke situaties niet langer hypothetisch zijn (zie paragraaf 4.3).

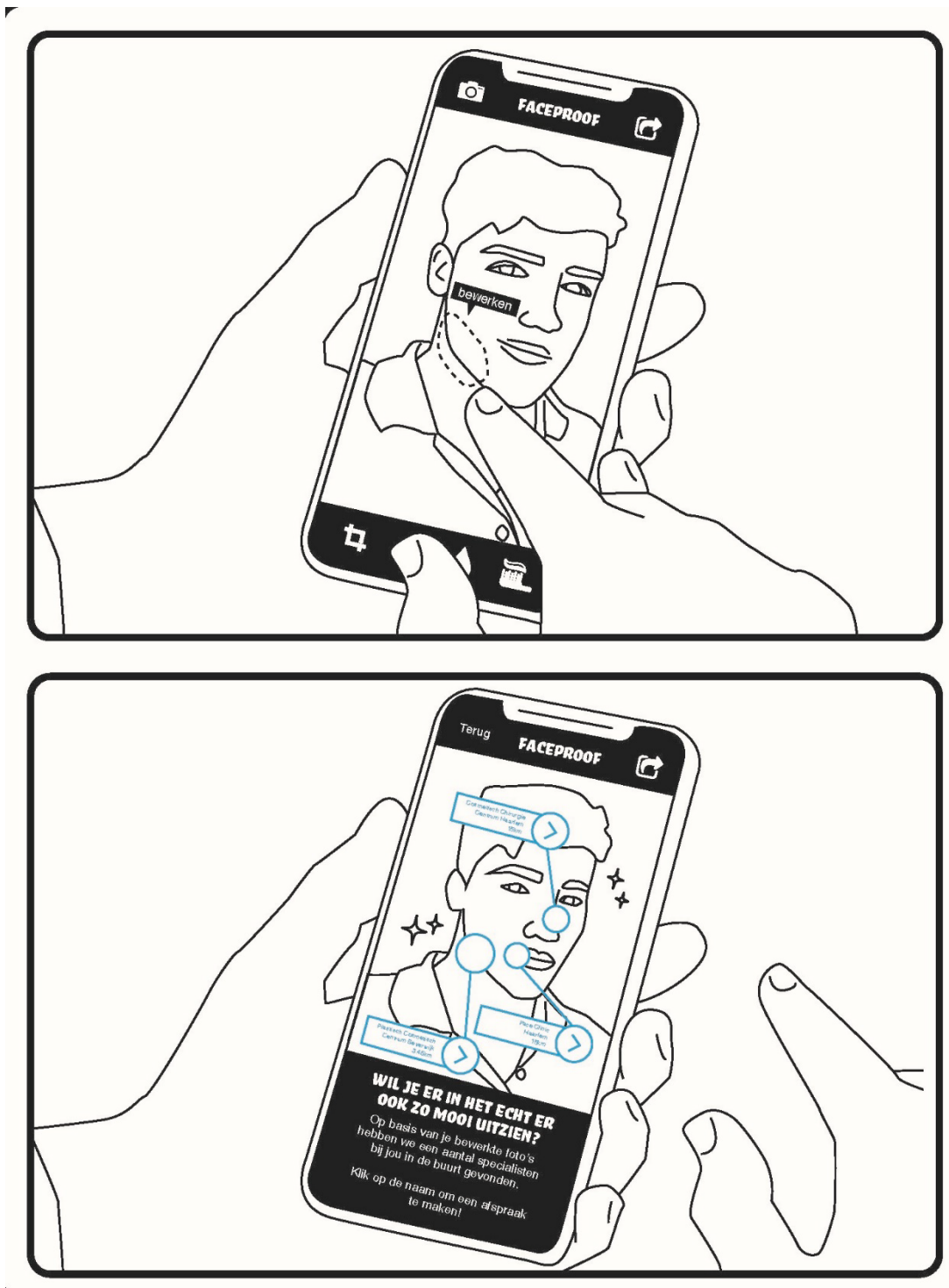
De laatste drie scenario's bouwen voort op ervaringen met het gebruik van AR in de publieke ruimte. In hoofdstuk 3 lieten we zien dat het spelen van spellen als *Pokémon GO* op openbare plekken, disruptieve gevolgen kan hebben, zowel voor mens als voor natuur. Dat roept de vraag op of de inzet van AR op de een of andere manier aan banden gelegd zou moeten worden. Bijvoorbeeld middels een verbod op het gebruik ervan op bepaalde locaties – analoog aan een blowverbod (zie figuur I.3). Steden zouden bijvoorbeeld zones in kunnen stellen waar het

gebruik van de technologie (of AR-games in het bijzonder) toegelaten is, in tegenstelling tot 'AR-vrije' zones (figuur I.4). Daarbij kan het wel nuttig zijn om burgers te vertellen *waarom* het gebruik ervan op die plekken, of tussen bepaalde tijden, wel of niet geoorloofd is (figuur I.5). Zo maakt men meteen ook bespreekbaar wat in onze gedeelde hybride wereld beschouwd kan worden als 'goed fatsoen'. Recente ervaringen wijzen immers uit dat wat in de fysieke wereld evident lijkt, in de fysieke-virtuele niet langer vanzelfsprekend is.



Figuur I.1 AR en deep fakes

Bron: Roos Groothuizen



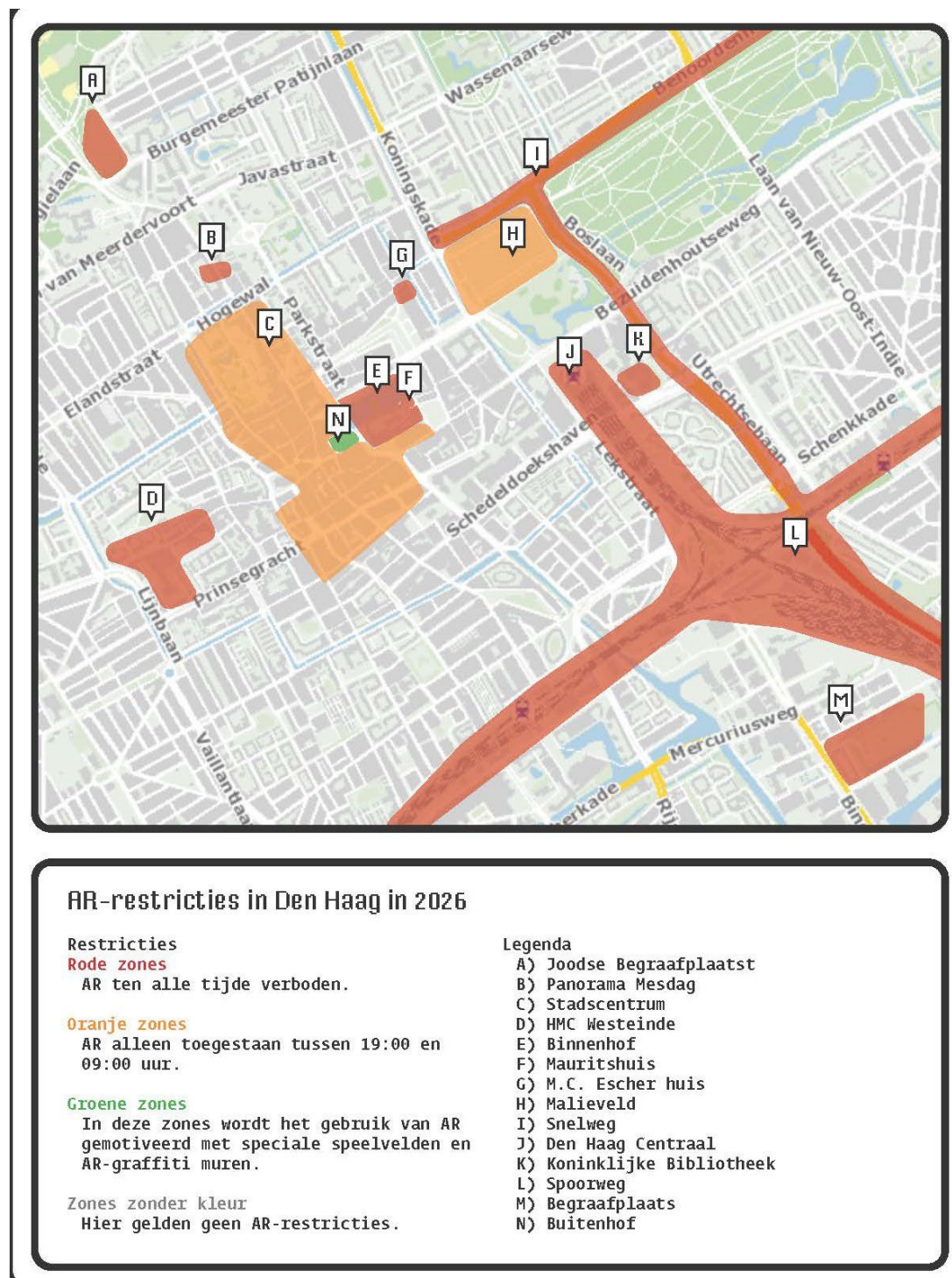
Figuur 1.2 AR en identiteit

Bron: Roos Groothuizen



Figuur I.3 AR-verbod

Bron: Roos Groothuizen



Figuur I.4 AR-zones en restricties

Bron: Roos Groothuizen

4 AR in de literatuur: ethische en maatschappelijke kwesties

4.1 Inleiding

Het vorige hoofdstuk beschreef diverse maatschappelijke vraagstukken die samenhangen met de huidige praktijk van AR. In dit hoofdstuk gaan we op basis van wetenschappelijke literatuur dieper in op dergelijke en andere ethische en maatschappelijke vraagstukken. De wetenschappelijke literatuur reflecteert op de huidige praktijk van AR, maar heeft ook oog voor kwesties die mogelijk de komende jaren rondom AR kunnen gaan spelen.

Onze literatuurstudie laat zien dat het aantal wetenschappelijke publicaties over maatschappelijke en ethische kwesties omtrent AR toeneemt, maar vooralsnog schaars is. Daarom maken we in dit rapport ook gebruik van niet-wetenschappelijke bronnen, zoals nieuwsberichten, journalistieke artikelen en publicaties uit de private sector. Wat de wetenschappelijke literatuur betreft, focussen we op de periode van 2009 tot 2020. Voor het zoeken naar relevante bronnen hebben we gebruik gemaakt van Google Scholar, JStor en Web of Science. Binnen deze digitale bibliotheken zochten we op de primaire zoekterm 'augmented reality', in combinatie met ten minste één van de volgende zoektermen: 'ethics', 'ethical', 'moral' en 'morality'. Op basis daarvan hebben we 41 artikelen en conferentiepapers gevonden, die relevant zijn voor dit onderzoek. Ze staan in een afzonderlijke literatuurlijst (te vinden in bijlage 1 bij dit rapport). De wetenschappelijke artikelen zijn zorgvuldig geanalyseerd om te komen tot de meest relevante vraagstukken (zie figuur 4.1).

Maatschappelijke kwesties		
Data	Beïnvloeding	Ruimtelijke ordening
Privacy	Lichamelijk en mentaal welzijn	Identiteitsvorming
Instemming en controle over AR	Realiteitsbeleving	Ordering hybride ruimte
Data-eigenaarschap	Dehumanisering	Beleving publieke ruimte
Ongelijke toegang tot informatie	Cognitieve vrijheid	Commercialisering
	Manipulatiemacht van grote techbedrijven	

Figuur 4.1 Overzicht van maatschappelijke en ethische kwesties rondom AR die benoemd worden in de wetenschappelijke literatuur

Bron: Rathenau Instituut

We onderscheiden hierbij, zoals beschreven in hoofdstuk 1, drie clusters van maatschappelijke kwesties: data-, beïnvloedings-, en ruimtelijke-orderingskwesties. Datakwesties vloeien voort uit de verzameling en verwerking van gegevens en betreffen thema's zoals privacy en data-eigenaarschap. Beïnvloedingskwesties hebben te maken met de beïnvloeding van de cognitie, perceptie en het gedrag van AR-gebruikers. Kortom: wat ze waarnemen, denken en doen. Bij ruimtelijke orderingskwesties gaat het om de vraag wat AR betekent voor de inrichting en beleving van onze ruimtes, zowel de hybride omgeving als de fysieke. Hoe al deze kwesties uitpakken, hangt af van de context en het type ruimte waarin ze spelen. We maken daarom bij het behandelen van deze kwesties waar nodig onderscheid tussen de persoonlijke, private en publieke ruimte.

4.2 Datakwesties

Rond de verwerking van data bij AR speelt een aantal maatschappelijke kwesties. In de literatuur is in het bijzonder veel aandacht voor privacy (zie bijvoorbeeld Acquisti 2014; Kotsios 2015; Kudina & Verbeek 2018). Daarbij gaat het om de verzameling en verwerking van persoonlijke (vaak biometrische) gegevens van AR-gebruikers. Daarnaast spelen er kwesties rond instemming, controle op technologie, eigendom van AR-gegevens en gelijke toegang tot informatie. We behandelen die thema's hieronder. Het is belangrijk zich te realiseren, dat al deze kwesties niet alleen spelen voor diegene die de AR-headset op heeft (AR-

gebruikers), maar ook voor alle personen die in het gezichtsveld van AR-systemen komen. Ook voor deze niet-gebruikers speelt de vraag, welke biometrische gegevens over hen worden verzameld, of ze zelf kunnen bepalen of ze (niet) geregistreerd worden door AR-sets, en van wie de data zijn.

Privacy: verzameling van biometrische gegevens

We hebben AR-systemen gekenmerkt als datamachines, die data verzamelen over de gebruiker en de fysieke gebruikersomgeving (waartoe ook andere personen behoren). AR maakt daarvoor gebruik van geavanceerde sensoren, zoals gezichts- en gedragsherkenkende camera's, slimme microfoons en sensoren die onze locatie, onze stappen, onze oogbewegingen, onze mimiek, onze handbewegingen en onze houding kunnen registreren. In hoofdstuk 2 lieten we zien hoe deze technologie werkt, en dat technieken zoals gezichts-, gedrags- en stemherkenning steeds beter worden in het identificeren van individuen, objecten, spraak en geluid. Door middel van krachtige camera's kunnen gebruikers en niet-gebruikers op steeds grotere afstand geïdentificeerd worden. Zo zijn er commerciële toepassingen die mensen van meer dan vijftien meter afstand kunnen herkennen (Farfaces 2020).

Het verzamelen, opslaan en delen van dergelijke intieme data kan gedaan worden zonder dat anderen er iets van merken. Volgens Kotsios wordt het registratieproces in AR zo 'volkomen naadloos en heimelijk' (2015, p. 168). AR-systemen werken het beste als ze altijd aanstaan, zodat een zo compleet mogelijke hybride omgeving kan worden opgebouwd. Het apparaat bevindt zich op het hoofd van de gebruiker en wijst in exact dezelfde richting als het hoofd, waardoor het maken van films en foto's haast onzichtbaar wordt voor diegene die vastgelegd wordt. Het feit dat deze AR-systemen steeds vaker door middel van spraak of gebaren worden aangestuurd, maakt het registratieproces nog minder zichtbaar. Zo introduceerde Google een knipoog-feature, waarmee de gebruiker foto's kan maken door te knipogen. Bovendien worden apparaten steeds kleiner en onzichtbaarder. Inmiddels worden er AR-lenzen ontwikkeld.

Omdat AR veelal wordt gebruikt in een sociale context, zoals in de publieke ruimte, geeft dit alles direct aanleiding tot een aantal privacyvraagstukken. Dat geldt in het bijzonder bij het gebruik van gezichts- en gedragsherkenkende camera's.

Gezichtsherkenningstechnologie kan bevooroordeeld zijn. De gebruikte AI-systemen worden namelijk veelal getraind aan de hand van databases waarin onevenredig veel foto's van westerse mannen met een lichte huidskleur zijn opgenomen (Buolamwini & Gebru 2018). Met name vrouwen met een donkere huidskleur worden hierdoor vaak onjuist geïdentificeerd (foutmarges tot 34,7% vergeleken met 0,8% voor mannen met een lichte huidskleur, zie *ibid.*). De inzet van dit soort systemen door de politie kan hierdoor leiden tot de arrestatie van de

verkeerde persoon. Bij verschillende overheden is een discussie gaande over een verbod op dit soort technologie. In een aantal Amerikaanse steden, zoals San Francisco, is een dergelijk verbod ingevoerd voor de politie en andere overheidsorganen (zie Conger et al. 2019). Clearview AI, een bedrijf dat software voor gezichtsherkenning verkoopt, werd in 2020 aangeklaagd vanwege de totstandkoming van zijn gezichtsherkenningsdatabase. Die database wordt veelvuldig gebruikt door beveiligingsbedrijven en overheidsorganisaties. Het bedrijf had zijn gigantische database (bestaande uit 3 miljard foto's) verkregen door allerlei sociale-media-websites af te schrapen. IBM is vanwege ophef inmiddels zelfs gestopt met onderzoek naar, en ontwikkeling van, gezichtsherkenningstechnologie (zie Peters 2020).

Bij gedragsherkenning spelen soortgelijke kwesties. Door motorische data die het AR-systeem verzamelt en analyseert te combineren, kan een zogenaamde unieke 'kinematische vingerafdruk' worden gemaakt, waarmee personen kunnen worden geïdentificeerd (Kopfstein 2016; Madary & Metzinger 2016). Dit kinematische profiel kan ook voor andere doeleinden ingezet worden. Men spreekt in dit verband van *function creep* of doelverschuiving. Een dataset die in een spelsituatie verzameld wordt, kan verkocht worden aan beveiligingsbedrijven om mensen in semipublieke ruimtes te identificeren met camera's. Door gedragsgegevens te linken aan beschikbare gegevens uit online databases, of aan iemands zoekgegevens op het internet, kan men bijvoorbeeld inzicht krijgen in iemands koopgedrag, relatiestatus, vriendennetwerk, politieke voorkeuren of andere privégegevens (cf. Zuboff 2019). Met name de koppeling van tal van gegevens (*big data*) maakt unieke identificatie van personen mogelijk. De verzamelde set aan gegevens kan mensenrechten, waaronder privacy, in het geding brengen. Het Rathenau Instituut gaf eerder al aan dat de huidige juridische kaders ontoereikend zijn op het gebied van biometrische toepassingen (Janssen et al. 2015; Snijders et al. 2019). De combinatie van een ontoereikend juridisch kader en de wijdverspreide toepassing van AR-systemen met gezichtsherkenning, draagt het risico met zich mee dat personen niet meer anoniem kunnen zijn in de openbare ruimte. AR-systemen registreren immers de gebruikers van die systemen, maar ook niet-gebruikers.

Instemming en controle over AR

De ontwikkeling en toepassing van AR in sociale contexten, leidt daarnaast tot zorgen over een zogenaamd *Little-Big-Brother*-scenario. In dat scenario houden niet alleen overheden, maar ook burgers en bedrijven elkaar continu met technologie in de gaten en proberen zij elkaars gedrag te sturen (Rathenau Instituut, 2017b). Dat creëert niet alleen een samenleving van surveillance, waarin apparaten zoals beveiligingscamera's individuen in de gaten houden, maar ook een samenleving van *sousveillance*, waar iedereen iedereen kan volgen. De

(on)mogelijkheid om in te stemmen met verschillende vormen van AR-registraties vraagt daarom extra om aandacht.

Een ander belangrijk ethisch vraagstuk met betrekking tot AR betreft de mate van controle die gebruikers hebben over het systeem. Hoeveel zeggenschap hebben ze over het functioneren van een AR-apparaat of applicatie? Veel vragen die hier aan de orde zijn, dienen per AR-toepassing beantwoord te worden. Kan iemand zich bij een specifieke applicatie bijvoorbeeld aan- of afmelden voor biometrische registratie? Welke controle heeft men over de informatie die wordt gedeeld of verwerkt? Kan men achterhalen waar, wanneer en wie data uit de applicatie gebruikt om mensen te identificeren? Heeft men de mogelijkheid om bepaalde functionaliteiten uit te schakelen of is men volledig aan de technologie overgeleverd? Kan men meebeslissen over welke data de technologie verzamelt, analyseert en deelt? Dit soort vraagstukken speelt overigens niet alleen bij privégebruik van AR, maar ook op de werkvloer. Kan de werknemer het gebruik van AR weigeren, of controle uitoefenen over welke functies worden toegepast? En hoe gaat dit in een sociale context, waarin niet-gebruikers niet weten dat hun biometrische data worden verzameld door de slimme bril van een ander?

Data-eigenaarschap

Privacy- en eigendomskwesaties houden met elkaar verband. Van wie is bijvoorbeeld mijn afbeelding, mijn stemopname, of mijn kinematische vingerafdruk? Juridische bepalingen stellen dat de context hier belangrijk is. Als de opname plaatsvindt in een openbare ruimte, gelden andere regels dan wanneer het om een privéruimte gaat. Naast de omgevingscontext speelt ook de technologische context, ofwel het type opname dat gemaakt wordt, een rol. Bij AR speelt deze vraag meer dan bij gewone opnames, aangezien het gaat om registraties van veel gegevens die direct verwerkt, gemanipuleerd, en gedeeld kunnen worden.

Een belangrijke vraag daarbij is, of de drager van de slimme bril of lens het exclusieve recht heeft op data over zijn waarneming (Brinkman 2014; Wolf et al. 2015). Google heeft een octrooi aangevraagd en gekregen op technologie die het mogelijk maakt om via het volgen van oogbewegingen, te zien waar een drager van een Google Glass naar kijkt. Daardoor kan het bedrijf niet alleen beschikken over het beeld dat de drager van de bril ziet, maar ook informatie verkrijgen over wanneer en waarnaar de drager precies naar kijkt. Dit soort data kunnen zeer lucratief en bruikbaar zijn, bijvoorbeeld om gebruikers te profileren en te beïnvloeden. Het mag evident lijken dat wat de gebruiker in de hybride omgeving ziet, aan hem toebehoort – maar dat is het niet.

Wolf et al. (2015) stellen dat het in hybride omgevingen, waar zowel gebruikers als ontwikkelaars eigendom kunnen claimen, essentieel is om expliciete juridische

afspraken te maken over dit soort kwesties. Die afspraken kunnen per context verschillen. Zodra de gebruiker investeert in een hybride omgeving door bijvoorbeeld AR-kledingstukken, avatars of objecten te kopen, kan hij of zij hier een grotere claim op leggen – op voorwaarde dat de handel in virtuele objecten juridisch op de juiste manier is vastgelegd. Het tot stand komen van hybride omgevingen roept hoe dan ook op tot heldere afspraken tussen ontwikkelaars, overheden en gebruikers over de rechten die iemand kan ontleen aan eigendom van virtuele objecten of elementen binnen een platform. Dat geldt des te meer bij hybride omgevingen in publieke ruimtes, zoals een dorpsplein, waar de omgeving een publiek doel dient en voor velen van betekenis is.

McClure beschrijft ook nog een ander type eigendoms kwestie, dat ontstaat omdat AR-applicaties mensen oproepen fysieke locaties te bezoeken (2017, p. 358). Die situatie geeft aanleiding tot steeds meer rechtszaken rond eigendomsovertredingen en vernielingen van eigendom. Juridische conflicten kunnen door de groeiende populariteit van dit soort applicaties gaan stijgen. Een zogenaamd ‘*Do-Not-Locate*’- of ‘AR-me-niet’-register zou volgens de auteur kunnen helpen om specifieke locaties uit te schrijven van AR-gebruik. Roos Groothuizen nam een dergelijk register op in een van haar scenarioschetsen in het Intermezzo voorafgaand aan dit hoofdstuk. Het register zou lokale overheden en individuele gebruikers de mogelijkheid bieden om het eigendom uit te sluiten van bewerking met filters, of te voorkomen dat het eigendom opgenomen wordt als toepassingslocatie bij AR-platforms. Duitse burgers hebben die mogelijkheid bij Google Maps. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om bijvoorbeeld een AR-reclame tekst van je huis te weren.

Ongelijke toegang tot informatie

Door middel van AR kunnen gebruikers hun cognitieve vermogens uitbreiden. We zagen in hoofdstuk 3 dat dit een verheffend effect kan hebben. Ook niet-specialisten kunnen via AR inzicht krijgen in complexe fenomenen of taken, zoals een tumor in het brein of het markeren van een dek. Maar AR kan ook aanleiding geven tot informatie-assymetrie. Met een slimme bril kan men informatie vergaren over zijn omgeving en over anderen. Zo kunnen AR-gebruikers mogelijk ook macht uitoefenen op anderen, vaak niet-gebruikers – en zonder dat die daar weet van hebben (Katell 2019, p. 300). Op die manier kan er een digitale kloof ontstaan tussen gebruikers en niet-gebruikers van AR.

Daarnaast zijn er grote zorgen over de informatie-asymmetrie tussen AR-gebruikers en de bedrijven die systemen en applicaties aanbieden. Vaak zijn dat grote, multinationale IT-bedrijven (Zuboff 2019). Terwijl mensen op allerlei manieren geprofileerd worden door die bedrijven, is het voor individuen lastig te overzien welke informatie over hen verzameld wordt, hoe die online gebruikt wordt

en hoe zij daar dan precies door beïnvloed worden. Laat staan dat ze er zelf slim op zouden kunnen inspelen (Rathenau Instituut, 2017a). Terwijl individuen steeds transparanter worden voor grote IT-bedrijven, wordt het handelen van die bedrijven voor burgers steeds ondoorzichtiger.

4.3 Beïnvloedingskwesties

AR is een vorm van *human augmentation* die onze zintuigen virtueel uitbreidt en kan bepalen wat we ervaren: wat we zien, horen en voelen. Welke zintuigen AR daarbij aanspreekt, en hoeveel tegelijk, is bepalend voor de gebruikerservaring. Door oogbewegingen, veranderingen in pupilgrootte en bewegingen van gezichtsspieren te meten, kunnen AR-bedrijven analyseren waar gebruikers naar kijken, hoe lang ze hun aandacht ergens op richten en hoe ze daar fysiek en emotioneel op reageren. De verwerking van die gegevens en de koppeling ervan met online databases maakt het mogelijk de ervaring van gebruikers (consumenten, werknemers of burgers) op subtiële manieren te manipuleren.

Bij de inzet van AR kunnen diverse beïnvloedingskwesties spelen. We bespreken de invloed van AR op het fysieke en mentale welzijn, op onze realiteitsbeleving en onze cognitieve vrijheid. Daarnaast bespreken we het risico op dehumanisering en op manipulatie door grote techbedrijven.

Lichamelijk en mentaal welzijn

AR wordt steeds meer ingezet bij therapie, bijvoorbeeld om fobieën, verslavingen, eetstoornissen, stress en chronische pijn te behandelen (Suso-Ribera et al. 2019). In dit verband wordt gesproken van *AR exposure-based therapy*, ofwel ARET. Hoewel nog weinig onderzoek is gedaan naar dit gebruik van AR, wijzen enkele onderzoekers op de positieve effecten van realistische virtuele belevingen. Volgens Ventura et al. (2018) helpt ARET bijvoorbeeld bij diverse psychische stoornissen, omdat de technologie ervaringen op een realistische wijze kan reproduceren en aanpassen. Patiënten kunnen door middel van AR in een gecontroleerde, virtuele omgeving op hun eigen tempo en manier leren omgaan met voor hen moeilijke situaties. Zo kan een therapeut patiënten blootstellen aan een realistisch ogende spin of lift. Hij kan de patiënt daarbij verzekeren dat de spin niets zal doen en de lift niet kapot zal gaan (*ibid.*). De therapeut hoeft op deze manier niet met echte objecten te werken. Hij kan bovendien de ervaring doseren en de intensiteit opvoeren. Wat bij AR een voordeel is ten opzichte van andere digitale therapieën, zoals VR, is dat patiënten het gevoel van lichamelijkheid behouden. Ze blijven zich bewust van hun eigen lichaam en de fysieke omgeving.

Er is veel gespeculeerd over de lichamelijke voordelen van AR. Die blijken echter niet in alle gevallen evident. Howe et al. (2016) registreerden bijvoorbeeld het aantal stappen dat 1182 gebruikers van *Pokémon GO* per dag zetten. De onderzoekers vergeleken dit met hun gedrag in de weken voor en na de installatie van het spel. Hoewel *Pokémon GO* na installatie leidde tot een relatief kleine toename van het dagelijkse aantal stappen, werd dit effect na zes weken niet meer gemeten.

Bovendien roept het gebruik van AR ook zorgen op over de lichamelijke veiligheid van AR-gebruikers en anderen in hun nabijheid. Dat geldt met name bij het gebruik van AR-wearables en AR-games, omdat ze veel aandacht van gebruikers eisen, verslavend kunnen zijn en bovendien vaak in openbare ruimtes of in het verkeer worden gebruikt. Sinds 2016 zijn *Pokémon-GO*-spelers al betrokken geweest bij talloze auto-ongelukken. Eind 2019 stond de teller van een website die dodelijke incidenten met Pokémon bijhoudt, op 21 (Pokémon GO Death Tracker 2019).

Een andere zorg betreft de invloed van het gebruik van digitale filters op iemands zelfbeeld. Apps zoals *Snapchat* maken het makkelijk om filters toe te passen op selfies en video's. Daardoor kunnen gebruikers een aantrekkelijk, maar vertekend, zelfbeeld cultiveren. Aan deze mismatch tussen het zelfbeeld in de spiegel en het zelfbeeld op de smartphone kunnen gebruikers mentale problemen overhouden. Rajanala et al. (2020) stellen dat veelvuldig AR-filtergebruik in sommige gevallen leidt tot *body dysmorphic disorder* (BDD). Dat is een mentale aandoening waarbij personen een aspect van hun uiterlijk lelijk vinden en daar voortdurend mee bezig zijn. Er zijn steeds meer gevallen bekend waarin mensen overgaan tot plastische chirurgie om het gefilterde zelfbeeld te realiseren. Een Brits cosmetisch chirurg spreekt in dit verband van *Snapchat dysmorphia*, omdat sommige klanten in plaats van afbeeldingen van beroemdheden (zoals voorheen gebeurde), bij een consultatie gefilterde snapchatafbeeldingen van zichzelf als voorbeeld meenemen (geciteerd in Hunt 2019).

Realiteitsbeleving

Miller et al. (2019) ontdekten in hun experimentele studie dat ervaringen in AR directe impact kunnen hebben op gedrag in de fysieke omgeving. Testpersonen gingen bijvoorbeeld niet op een stoel zitten waarop ze zojuist een virtueel persoon hadden zien zitten. Bovendien had de aanwezigheid van een virtueel persoon haast hetzelfde effect op hun gedrag, als wanneer er een echt persoon naast hen zou staan. 'We ontdekten dat het gebruik van AR-technologie van invloed is op waar je loopt, hoe je je hoofd draait, hoe goed je taken uitvoert en hoe je sociaal contact maakt met andere fysieke mensen in de kamer', zegt een van de onderzoekers daarover in *Science Daily* (Stanford University 2019).

Bij sterk immersieve AR-toepassingen bestaat een nog grotere kans dat de hybride omgeving de ervaring van de gebruiker gaat domineren. Dat kan ertoe leiden dat de gebruiker zich minder bewust is van de verschillen tussen de fysieke en de virtuele wereld. Veel AR-ontwikkelaars streven naar dergelijke immersieve AR-ervaringen en willen een zo realistisch mogelijke hybride omgeving creëren. Zij streven ernaar dat de gebruiker naadloos schakelt tussen de virtuele en de fysieke wereld en op een zo natuurlijk mogelijke manier handelingen in de hybride wereld kan verrichten. (Wolf 2016). Het ideaal daarbij is *true AR*, waarbij gebruikers de modificatie van hun waarneming van de omgeving niet eens opmerken. Analoot aan de Turing-test (een test van het vermogen van een machine om intelligent gedrag te vertonen, niet te onderscheiden van dat van een mens), stellen Sandor et al. (2015) voor om een visuele test te ontwikkelen waarbij mensen het onderscheid moeten proberen te maken tussen virtuele AR-objecten en fysieke objecten – een zogenaamde *Augmented Reality Turing test* (ARTT).

Een zorg daarbij is dat gebruikers, vooral de kwetsbare, in de problemen komen als ze geen onderscheid meer kunnen maken tussen virtuele en fysieke elementen. Het kan daarbij gaan om fysieke onveiligheid, of mentale gevolgen zoals een derealisatiestoornis, waarbij personen de vertrouwde omgeving als vreemd of onecht ervaren. Bailey en Bailenson (2017) merkten op, dat het voor mensen – met name kinderen – lastig is onderscheid te maken tussen virtuele en ‘echte’ ervaringen. In hun onderzoek zwommen kinderen als avatars in VR met orka’s, waarna ze zich herinnerden dat dit daadwerkelijk fysiek was gebeurd.

Dehumanisering

Bij het gebruik van AR op de werkvloer bestaat een risico op dehumanisering en instrumentalisering van mensen (Rathenau Instituut, 2017b). Mensen worden dan gezien als een instrument, dat direct aangestuurd kan worden door de organisatie, middels commando’s die direct op hun netvlies verschijnen. Aangezien AR-sets vrijwel direct gekoppeld zijn aan de zintuigen van de werknemer slokken ze een groot gedeelte van de aandacht van werknemers op. Daardoor is er minder cognitieve ruimte om eigen ervaringen te hebben. Dat gevaar doet zich met name voor bij intensieve AR-ervaringen, waarbij de aandacht van werknemers via dynamische lagen en gamificatietechnieken gestuurd wordt. Een vraag die daarbij speelt, is of mensen op hun werk de keuze hebben om AR te gebruiken, of dat dit vereist is. Het gebruik van AR-data om werknemers te monitoren en hun prestaties te sturen of te evalueren, geeft aanleiding tot zorgen over de aantasting van autonomie van werknemers (zie ook Rathenau Instituut, 2020c).

Bij de inzet van AR in private ruimtes spelen eveneens bestaande vraagstukken rond automatisering en de inzet van personeel. Zo kan AR in professionele contexten leiden tot een nieuwe werksituatie, waarin minder personeel nodig is of

bestaande werknemers vervangen moeten worden door andere, die wel met de technologie kunnen werken.

Cognitieve vrijheid

Online platforms spelen een steeds grotere rol in het bepalen wie online welke informatie te zien krijgt. Die informatie is gepersonaliseerd en varieert van persoon tot persoon. Zo ontstaan filterbubbels (Pariser 2011). Filterbubbels zijn gebaseerd op informatie over de gebruiker, zoals iemands locatie, eerder klikgedrag en zoekgeschiedenis. Het feit dat het informatieaanbod op het internet steeds meer wordt gepersonaliseerd en steeds verder wordt gemonopoliseerd, roept vragen op met betrekking tot de sturende rol van grote platforms en onze online keuzevrijheid (Rathenau Instituut, 2012).

Via AR verplaatst het internet zich van de virtuele wereld naar de fysieke wereld. Door die verschuiving verbreedt het fenomeen filterbubbel zich. De vraag naar de macht van digitale platforms komt daarmee op. AR-filterbubbels kunnen op een immersieve wijze gepersonaliseerde informatie aanbieden. De totale ervaring kan geheel gepersonaliseerd worden. Bij visuele of multi-sensorische AR is het effect daarvan bijzonder krachtig. Twee AR-gebruikers kunnen een totaal verschillende ervaring van dezelfde kamer hebben. De één wordt op een strand een advertentie van een verkoelend drankje voorgeschoteld, terwijl de ander zich aanwezig waant bij een politieke rally. Maar in beide gevallen staat hun cognitieve vrijheid (Wrye 2004) op het spel.

Manipulatiemacht van grote techbedrijven

Volgens O'Brolcháin et al. (2016) kan het manipuleren van de waarneming leiden tot inperkingen van de autonomie van mensen; hun vrijheid om zelfstandig beslissingen te nemen. De auteurs vrezen dat de convergentie van AR en artificiële intelligentie (AI) ertoe kan leiden, dat gebruikers door overheden of bedrijven beïnvloed worden om bepaalde producten te kopen of standpunten over te nemen. Slimme AR-filters kunnen inspelen op iemands emoties. Dat doen zij door, met behulp van een filter, echte mensen te laten glimlachen of fronzen, afhankelijk van de situatie. De onderzoekers stellen dat dit soort technologie nog persuasiever en effectiever zal zijn, als gebruik wordt gemaakt van data en kennis over 'de emotionele respons van gebruikers via oogbewegingstrackers en andere dataopslag van emoties' (*ibid.*, p. 15).

Op het internet zien we deze vorm van actieve gedragsmanipulatie vooral terug in het consumentendomein. In *The Age of Surveillance Capitalism* beschrijft Zuboff (2019) hoe techbedrijven, zoals Google, Facebook en Microsoft, op grote schaal geautomatiseerd informatie verzamelen op het internet over het gedrag van mensen, en die data inzetten om gedrag te voorspellen en te modificeren. Aan de

hand van AR-apps en -brillen kan van gebruikers geregistreerd worden waar ze zijn, hoelang ze ergens blijven, waarnaar ze kijken en wat ze kopen. Mensen worden over langere tijd gevolgd middels cookies. Ze kunnen gestuurd worden door de presentatie van een specifiek informatieaanbod op specifieke momenten. Door middel van AR dringen dit soort persuasieve technieken de fysieke ruimte binnen. Bedrijven kunnen mensen volgen en sturen in hun thuissituaties of op straat. AR biedt zo allerlei mogelijkheden voor adverteerders en datahandelaren. Vanwege het immersieve karakter van de virtuele omgeving, hebben dit soort virtuele reclames volgens jurist Henriksson (2018) nog meer overredingskracht en zijn ze nog beter in staat om gedrag te beïnvloeden.

Het feit dat juist bovengenoemde techbedrijven sterk in AR investeren, suggereert dat de ontwikkeling van technologie gedreven is door een wens om data te verzamelen, om daarmee gedrag te voorspellen. Zuboff (2019) spreekt in dit verband van *surveillance capitalism*. Ze merkt op dat het sturen van gedrag ook de beste manier is om gedrag te voorspellen. *Pokémon GO* toonde bijzonder goed aan hoe dit verdienmodel waarde krijgt in de fysieke wereld. Winkels proberen spelers te lokken via het aanbieden van verleidingsmodules, die ze afnemen van Niantic. Bedrijven betalen Niantic ook 'per bezoek' voor klanten die via *Pokémon GO* hun winkel binnenkomen. De spelers van het spel zijn dus, vaak zonder dat ze het weten, geld aan het verdienen voor bedrijven. Er is sprake van een extreme vorm van gamificatie, waarbij hun gedrag gestuurd wordt, zodat ze onderdeel worden van een grootschalige datahandel.

4.4 Kwesties aangaande ruimtelijke ordening

AR is uniek, omdat het de virtuele omgeving direct koppelt aan de fysieke ruimtelijke omgeving – inclusief de personen die daar aanwezig zijn. Daardoor spelen er nieuwe vraagstukken rond de vorming van onze hybride identiteit, de ordening van onze openbare ruimte en de beleving en commercialisering van publieke en private omgevingen.

Identiteitsvorming in de hybride wereld

AR-apparaten kunnen individuen helpen om hun identiteit vorm te geven (Wolf 2016, p. 129). In het fysieke domein gebruiken mensen kledingstukken, sieraden, piercings en tatoeages om zich te onderscheiden. In het virtuele domein gebruiken ze avatars en berichten op *Pinterest*, *Facebook*, of *Twitter* om virtueel uit te drukken wie ze zijn. Men spreekt hier van een digitale identiteit. Bij AR zou men naar analogie daarvan kunnen spreken van een hybride identiteit, die gedeeltelijk fysiek en gedeeltelijk virtueel is. In het hybride domein bestaat de mogelijkheid om virtuele elementen vast te pinnen aan iemands fysieke lichaam. Daarbij ziet een ander de

gebruiker dus gedeeltelijk fysiek, gedeeltelijk virtueel – mogelijk zelfs zonder een onderscheid te kunnen maken tussen beide. Er is inmiddels een groeiende AR-filtermarkt, waarmee AR-gebruikers nieuwe hybride identiteiten kunnen kopen. Een Nederlandse startup, The Fabrikant, ontwikkelde onlangs zelfs een hybride jurk, die voor 9500 dollar werd verkocht (Roberts-Islam 2019).

Sommige AR-toepassingen laten toe dat de gebruiker virtuele elementen toevoegt aan het uiterlijk van andere personen. In dergelijke gevallen wordt iemands hybride identiteit niet alleen bepaald door die persoon zelf. Dit kan leiden tot complexe sociale situaties, waarbij misbruik mogelijk is, bijvoorbeeld in groepssituaties op scholen (Wolf 2016). Een voorbeeld is de *DeepNude*-app die kleding van afbeeldingen van vrouwen verwijdt, waardoor ze er realistisch naakt uitzien. De app werd na publieke ophef al snel van het internet gehaald. Hoewel het digitaal gemodificeerde naakte lichaam niet een 'echt' lichaam is, dienen dit soort uitkleedacties volgens Citron toch gezien te worden als een 'inbreuk op de seksuele privacy' (geciteerd in Cole 2018). In het eerder genoemde AR-scenario toont *artist-in-residence* Roos Groothuizen een man die een vrouw via een *DeepNude*-app digitaal probeert te ontkleden. Ze heeft zich echter ingeschreven in het 'AR-me-niet-register', dus de *deepfake* gaat mooi niet door'.

Ordering van de hybride openbare ruimte

AR-technologie heeft de potentie om onze fysieke omgeving op allerlei nieuwe manieren in te richten en bestaande omgevingen nieuwe functies en voorkomens te geven. De technologie stelt kunstenaars in staat om digitale 3D-installaties te plaatsen op plekken die fysiek ontoegankelijk of verboden zijn. De bureaustoel van de gamer staat als het ware 'midden op straat'. Zo belooft het spel *Real Strike* om het bos, straat, of kantoor te veranderen in een oorlogssimulatie. *Zombies Everywhere!* nodigt gebruikers uit om een AR-apocalypse te overleven door te vechten tegen zombies. En *Spec Trek* verspreidt virtuele geesten in de wereld, die gebruikers kunnen zoeken en vangen. Dat brengt allerlei mogelijkheden met zich mee. Men kan een museum omtoveren tot een immersieve onderwijsomgeving, of in de studeerkamer simulaties starten ter voorbereiding op werk of moeilijke situaties. De relatieve starheid van het fysieke domein wordt zo flexibel en fluïde. Ruimtes worden multifunctioneel en kunnen snel en makkelijk, zonder verbouwing of nieuw meubilair, nieuwe functies aannemen.

AR transformeert onze ervaring van een plaats en van de grenzen die we er waarnemen, maar wordt zo ook disruptief ten opzichte van heersende normen (Katell 2019, p. 294). Dat kan leiden tot conflicten tussen AR-gebruikers en niet-gebruikers. Gebruikers kunnen vrij abrupt nieuwe betekenissen geven aan locaties. Daardoor, schrijft Katell, worden ruimtes niet meer geconstrueerd binnen een structuur van stilzwijgende overeenkomst, maar worden ze afhankelijk van

individuele ervaringen en verwachtingen. Een treinstation kan plotseling zijn traditionele functie verliezen en hordes gamers aantrekken die er om andere reden komen dan om de trein te halen. Dat zagen we zelf gebeuren bij *Mirror Worlds*. Maar iets vergelijkbaars deed zich ook voor bij *Pokémon GO*, dat in 2016 spelers naar 'ongepaste' plekken loodste, zoals beschermde natuurgebieden, begraafplaatsen, Auschwitz en het Hiroshima Peace Park. Zoals reeds opgemerkt, kan dit behalve sociale fricties, ook veiligheidsrisico's opleveren.

Beleving van de publieke ruimte

AR kan een grote impact hebben op het karakter van onze publieke ruimte. In de futuristische film *Minority Report* (Spielberg, VS, 2002) zien we dat mensen op straat persoonlijke advertenties te zien krijgen. AR brengt dit toekomstbeeld een stuk dichterbij. Ook is het niet onvoorstelbaar dat op termijn diensten worden aangeboden (zoals die online al bestaan), die toelaten dat men alleen met specifieke kennis contact heeft. Andere mensen, die men niet wil zien of horen, filtert zo'n dienst weg. Zo verscheen in 2016 op het online platform *Medium* een satirisch artikel over een fictieve programmeur in Silicon Valley die een onsmakelijk AR-algoritme had ontwikkeld waarmee dakloze mensen uit het straatbeeld van San Francisco weggefilterd konden worden (Halting Problem 2016; zie ook Suskind 2018).

Slimme oortjes kunnen gebruikers een steeds wisselende, gepersonaliseerde audio-omgeving bieden. *Augmented hearing* kan daarmee een verregaande impact hebben, zowel op de relatie van gebruikers met hun omgeving als op hun interactie met andere mensen (in of buiten die omgeving). Door alleen al gebruik te maken van oortjes, wordt men *de facto* minder bereikbaar. Meer nog: het dragen ervan kan anderen afschrikken, omdat de gebruiker er gewild of ongewild mee aangeeft niet gestoord te willen worden (Noort 2020). Schnitzler (2014) vreest dat deze individualisering van de beleving van de openbare ruimte de status ervan als gemeenschappelijke publieke omgeving, onder druk zal zetten.

Technologiecorrespondent Metz verwacht dat er straks diverse private AR-platforms zullen zijn, waardoor er verschillende gescheiden, collectieve hybride ruimtes ontstaan (Metz 2017). Men spreekt in dit verband ook wel van metawerelden, of in het Engels, een *metaverse* (een samenstelling van *meta* en *universe*). Zo'n scenario roept tal van vragen op. Zullen burgers in dit soort werelden nog meer van elkaar gescheiden raken? Kunnen mensen wel van de ene naar de andere *metaverse* overstappen? Zullen we gaan leven in private *metaverses*, of zullen er ook publieke *metaverses* zijn?

Commercialisering van de publieke, private en persoonlijke ruimte

Op dit moment worden vrijwel alle populaire AR-systemen en hybride omgevingen ontwikkeld door grote technologiebedrijven, die werken op basis van winstoogmerk. Daardoor is de kans groot dat de toepassingen die op de markt zijn en komen, bijdragen aan de commercialisering van onze publieke ruimte, maar ook van onze private en persoonlijke ruimte. Daarbij gaat het dus om ruimtes die voorheen niet commercieel van aard waren, bijvoorbeeld omdat ze daar door middel van regels en juridische kaders van gevrijwaard waren. In een natuurgebied mag men bijvoorbeeld over het algemeen geen aanplakborden plaatsen, of gebouwen met reclameteksten neerzetten. Binnen de hybride omgeving ontbreekt op dit vlak regulering, en het publieke belang van hybride openbare ruimtes wordt nog niet erkend. Terwijl in de fysieke wereld veel plaatsen publiek bezit zijn, is de hybride wereld voornamelijk geprivatiseerd. In de *Pokémon-GO*-casus zagen we de uitwerking daarvan. Moederbedrijf Niantic bracht het spel uit, en maakte zo van vrijwel de hele wereld een speelbord voor een commerciële applicatie.

Commercialisering van de ruimte door middel van AR kent allerlei nieuwe facetten. AR biedt de mogelijkheid om virtuele reclames direct te koppelen aan de fysieke omgeving waar potentiële klanten zich begeven. Dat geldt voor openbare ruimtes, zoals publieke parken en pleinen, maar ook voor private ruimtes, zoals iemands slaapkamer of kantoor. Bekende voorbeelden zijn de commercialisering van de thuisomgeving door middel van slimme spraakassistenten (zie Rathenau Instituut, 2020b). Zoals reeds aangegeven, gaat het bij digitale commercie niet alleen om directe commerciële sturing, middels reclame-uitingen. AR biedt een uitgebreid marktplatform, waarbij geld wordt verdiend aan persoonlijke gegevens, die verzameld en geanalyseerd worden om het gedrag van gebruikers te voorspellen en het te beïnvloeden. De data worden doorverkocht aan andere commerciële partijen. Daardoor commercialiseert niet alleen de uiterlijke verschijning van de omgeving, maar krijgt ook datgene wat men waarneemt, wat men doet, wat men zegt en hoe men zich verhoudt tot anderen, een commerciële betekenis.

4.5 Conclusie

In dit hoofdstuk bespraken we aan de hand van wetenschappelijke literatuur diverse maatschappelijke en ethische kwesties die nu en in de nabije toekomst spelen bij de toepassing van AR. We onderscheidden data-, beïnvloedings- en ruimtelijke-orderingskwesties. Veel van de vraagstukken die spelen bij AR, spelen ook bij andere digitale technologieën, zoals sensoren, gezichtsherkenning, data-analyses, sociale media en kunstmatige intelligentie. Dat komt omdat bij AR-systemen die technologieën samen komen. Bij AR-systemen zien we echter dat de aard van de kwesties verandert. Dat heeft te maken met de technologie zelf en met de toepassing ervan in bestaande, sociale ruimtes.

Datakwesities doen zich voor omdat AR-apparaten tal van sensoren bevatten om de AR-gebruiker, anderen en hun omgeving minutieus te monitoren, zodat een realistische hybride omgeving opgebouwd kan worden. Lichaamsbewegingen, gestes, gezichtskenmerken en gedrag worden met geavanceerde sensoren en camera's constant geregistreerd om een zo accuraat en interactief mogelijk hybride wereld te presenteren. Dergelijke sensoren registreren veel omgevingsdata. Daarbij worden objecten, andere gebruikers en niet-gebruikers in kaart gebracht. Deze worden onderdeel van de hybride omgeving. Het gaat daarbij om data die vaak intieme informatie opleveren over gebruikers en niet-gebruikers. Aan de hand daarvan kunnen uniek identificeerbare dataprofielen worden geproduceerd en gedeeld.

Een AR-apparaat vormt tevens een cognitieve prothese. Deze modificeert onze perceptie van de werkelijkheid. Het AR-apparaat stuurt wat we zien, horen, en voelen. AR kan van invloed zijn op het fysieke en mentale welzijn van gebruikers en kan ook gebruikers uitsluiten. Vanwege de snel ontwikkelende technologie, biedt AR steeds krachtiger immersieve ervaringen. Daardoor wordt het onderscheid tussen virtueel en fysiek, tussen nep en echt, steeds moeilijker te maken. Partijen die AR-systemen, platforms of content ontwikkelen, kunnen zo een sterke invloed uitoefenen op wat gebruikers ervaren. Dit kan bruikbaar zijn voor therapieën en leerervaringen, maar kan ook leiden tot situaties waarin consumenten en burgers digitaal gemanipuleerd worden.

Omdat AR de digitale wereld direct koppelt aan de fysieke omgeving, ontstaan nieuwe vraagstukken omtrent de ruimtelijke ordening. Door de inzet van AR kan de veelal gecommercialiseerde digitale wereld met haar *cookies* en *trackers* doorsijpelen in ruimtes en leefwerelden die voorheen geheel analoog en niet-commercieel waren. Er ontstaan nieuwe mogelijkheden om de fysieke omgeving opnieuw in te richten en ruimtes zoals een stationsgebouw om te toveren tot een klaslokaal of spelomgeving.

In het slothoofdstuk gaan we in op de vraag hoe AR op een maatschappelijk verantwoorde wijze kan worden ontwikkeld en toegepast. Dat doen we door op basis van de maatschappelijke vraagstukken die in dit hoofdstuk gesignaleerd zijn, te komen tot ontwerpregels voor een leefbare hybride omgeving.

5 Elf ontwerpregels voor een leefbare hybride wereld

5.1 Inleiding

Hoe kan AR op een maatschappelijk verantwoorde wijze worden ontwikkeld en toegepast? In dit concluderende hoofdstuk behandelen we de hoofdvraag van dit rapport op basis van de resultaten van onze studie. In hoofdstuk 2 bespraken we de werking van AR en visies op de toekomst van AR. Hoofdstuk 3 beschreef hoe AR op dit moment zijn weg naar de maatschappij vindt. Door naar verschillende toepassingen van AR in de praktijk te kijken, kregen we ook zicht op diverse maatschappelijke en ethische vraagstukken die nu reeds spelen omtrent AR. Hoofdstuk 4 reflecteerde op basis van de wetenschappelijke literatuur op drie soorten kwesties: data-, beïnvloedings- en ruimtelijke-orderingskwesties. In dit hoofdstuk formuleren we op basis daarvan elf ontwerpregels voor een leefbare hybride omgeving.

Die ontwerpregels moeten het uitgangspunt vormen voor de ontwikkeling van overheidsbeleid. Dat vraagt om acties van verschillende overheidspartijen, die we hieronder expliciet benoemen. Maar het adresseren van dergelijke problemen is niet een taak voor de overheid alleen. Om maatschappelijke uitdagingen het hoofd te bieden, is collectieve actie nodig (cf. Rathenau Instituut, 2018b). De regels zijn daarom ook bedoeld als voorzet voor een debat tussen politici en bedrijven, kennisinstellingen, maatschappelijke instellingen en burgers – een debat waarvan wij vinden dat het op korte termijn gevoerd moet worden.

5.2 AR als nieuwe omgeving

Onze studie laat zien dat AR onze leefwereld op indringende wijze kan veranderen. AR-technologie kan werken als een surveillancetechnologie die minutieus monitort wat er gebeurt in onze huiskamers, op onze werkplekken en op straat. AR-systemen bouwen aan de hand van verzamelde data een hybride omgeving op. De hybride omgeving bestaat uit fysieke componenten en virtuele (audiovisuele) elementen zoals navigatiepijlen, gezichtsfilters, virtuele gebouwen, of monsters. Die virtuele lagen zijn direct gekoppeld aan de fysieke omgeving. Via smartphones en headsets kunnen AR-gebruikers de hybride wereld ervaren en daarin handelingen verrichten. AR-apparaten modifieren zo onze perceptie van de wereld en luiden

daarmee een nieuwe fase in de informatiesamenleving in. We kijken letterlijk *door* het internet naar de wereld kijken.

Onze studie laat zien dat AR geen science fiction meer is. Op tal van terreinen wordt de technologie al succesvol toegepast, of is men bezig met het ontwikkelen van AR-toepassingen voor de professionele markt en de consumentenmarkt. Veel toepassingen bevinden zich nog in een pilotfase. AR bij breinchirurgie en AR-technieken bij de bouw van de Boekelose brug waren daar voorbeelden van. Daarnaast behandelden we AR-producten die reeds hun waarde bewezen hebben, zoals producten die gebruikt worden bij dekmarkering voor het laden van transportschepen en producten voor *vision picking* in distributiecentra. AR wordt inmiddels veelvuldig ingezet om producten te ontwerpen, onderwijs te geven, als therapeutisch instrument of als trainingsmiddel bij defensie. Zo bestelde het Amerikaanse leger al meer dan honderdduizend AR-headsets (Brustein 2018).

In het consumentendomein zijn de toepassingen massaler. Smartphone-applicaties zoals *Pokémon GO*, *Snapchat* en *TikTok* hebben alleen al in Nederland samen miljoenen gebruikers. Ook slimme oortjes en virtuele spraakassistenten zijn voorbeelden van populaire AR-toepassingen, die meer en meer te vinden zijn in het straatbeeld en bij mensen thuis. Google Glass, dat in 2014 werd gelanceerd en een jaar later alweer van de markt werd gehaald, kent inmiddels een doorstart met slimme brillen. Behalve Google zijn ook Zeiss, Microsoft, Snap, Facebook en Apple bezig met de ontwikkeling van *wearables* voor consumenten. De startup Mojo Vision wil binnen drie jaar zelfs slimme contactlenzen aanbieden (Kastrenakes & Carman 2020).

Op welke wijze en hoe snel AR zich de komende jaren ontwikkelt, is lastig in te schatten. In hoofdstuk 2 schetsen diverse techno-utopische denkers een visie op de toekomst van AR die richting geeft aan de hedendaagse inspanningen op dit gebied. In die visie is AR straks net zo gewoon als een smartphone en gebruiken mensen de technologie permanent. Daarbij gaat het verschil tussen de fysieke wereld en de virtuele lagen die daar overheen zijn aangebracht, steeds meer vervagen (*true AR*). Het gat tussen die toekomstvisie en de huidige AR-technologie is groot. Bovendien is het onzeker of de consument AR verder zal omarmen en welke vormen van gebruik maatschappelijk geaccepteerd zullen raken.

Toch dienen we de visie serieus te nemen, omdat grote bedrijven flink investeren in de verwezenlijking hiervan. Amerikaanse en Chinese technologie-reuzen hebben inmiddels vele duizenden AR/VR-werknemers in dienst, investeren jaarlijks miljarden in AR en vragen jaarlijks duizenden patenten aan. Techbedrijven zien AR dus als een belangrijk onderdeel van hun toekomstige bedrijfsmodel en bouwen met groot kapitaal aan de hybride wereld van de toekomst. Dat doen ze naar eigen

inzichten en vanuit hun private belangen. Dat is gebeurd met het internet. Hetzelfde dreigt nu met de hybride wereld te gebeuren. Vandaar het eerste ontwerpprincipie voor een leefbare hybride wereld.

Ontwerpregel 1: Bouw samen aan de hybride omgeving van de toekomst

Het is van groot belang dat niet alleen (grote) techbedrijven vanuit hun private belangen de hybride wereld ontwerpen en bouwen. Politiek en samenleving dienen leidend te zijn bij het vanuit publiek belang vormgeven van een leefbare hybride wereld. Het Rathenau Instituut constateerde al eerder dat er in Nederland en internationaal nog weinig publieke en politieke discussie is over de gewenste rol van immersieve technologieën zoals AR (Rathenau Instituut, 2018b, 2019). Discussie is wel nodig om het politieke en publieke bewustzijn rond de maatschappelijke betekenis van deze technologie te verhogen. Verhoogd bewustzijn moet ervoor zorgen dat we op een meer inclusieve wijze zicht krijgen op openstaande kennisvragen, noodzakelijke normatieve en regulerende kaders en innovatiemogelijkheden. Het zou goed zijn als de maatschappelijke inbedding van AR, net als die van VR, de komende jaren meer publieke en politieke aandacht krijgt. De discussie dient bovendien niet te eenzijdig te worden gevoerd.

5.3 Datakwesties

AR-apparaten zijn surveillancemachines die via tal van sensoren data verzamelen over de AR-gebruiker, niet-gebruikers en de fysieke omgeving. Dat kan alleen maar op een maatschappelijk verantwoorde manier gebeuren als de privacy van de AR-gebruiker en de anonimiteit van niet-gebruikers daarbij worden gewaarborgd.

Ontwerpregel 2: Waarborg de privacy van AR-gebruikers

Omdat de persoonlijke levenssfeer van mensen beschermwaardig is en mensen het recht hebben om met rust gelaten te worden, is het van belang om de privacy van AR-gebruikers te beschermen. Volgens de huidige wetgeving (AVG) dient privacy een leidraad te zijn bij het ontwerpen van IT-systemen. Via *privacy-by-design* kunnen AR-apparaten zo ontworpen worden, dat ze het gebruik van sensordata minimaliseren, data automatisch anonimiseren en data goed beveiligen. Het Rathenau Instituut gaf eerder al aan dat de huidige juridische kaders op het gebied van biometrische toepassingen, zoals die ook in AR-apparaten gebruikt worden, ontoereikend zijn (Rathenau Instituut, 2015; Snijders et al. 2019).

Ontwerpregel 3: Waarborg de anonimiteit en privacy van niet-gebruikers

Het gebruik van AR-brillen met camera's kan overal de anonimiteit van mensen bedreigen. Met name biometrische technieken vormen in dit opzicht een gevaar. Via AR-brillen met gezichtsherkenning kunnen AR-gebruikers andere mensen identificeren. Dat was ook een van de belangrijkste redenen voor de publieke ophef over Google Glass. Diverse cafés verboden het gebruik ervan. Door AR-apparaten met emotieherkenning kunnen gebruikers informatie krijgen over iemands mentale toestand. Bovendien kunnen de platforms en applicaties op AR-systemen data verzamelen en delen met derde partijen. Het waarborgen van de anonimiteit en privacy van burgers is een belangrijk ontwerpprincipe voor de publieke ruimte (vgl. Hof et al. 2010, pp. 237-238).

Het Rathenau Instituut pleitte al eerder voor het recht van burgers om niet heimelijk gesurveilleerd of beïnvloed te worden, bijvoorbeeld met behulp van biometrische toepassingen (Rathenau Instituut, 2017a). Het kabinet heeft erkend dat dit recht reeds besloten ligt in artikel 10 van de Grondwet en artikel 8 van het Europees Verdrag voor de Rechten van de Mens (EVRM). In het licht daarvan dient de wetgever te beoordelen of biometrische toepassingen in de publieke ruimte wel wenselijk zijn in de Nederlandse samenleving. Gelet op de risico's voor de samenleving ligt een verbod, al dan niet tijdelijk, op het gebruik van biometrische toepassingen in de publieke ruimte het meest voor de hand (Rathenau Instituut 2020a).

Gewenste actie: *Totdat op EU-niveau regels zijn vastgesteld, dient de Nederlandse overheid een moratorium in te stellen op het gebruik van AR-toepassingen in de publieke ruimte waarmee burgers door middel van biometrie op unieke manier geïdentificeerd kunnen worden.*

Ontwerpregel 4: Verhelder in de hybride wereld zowel fysieke als virtuele eigendomskwesties

In 2019 riep het Rathenau Instituut de overheid op om regulerende kaders te ontwikkelen voor de inbedding van VR (Snijders et al. 2019). De Tweede Kamerleden Van der Staaij en Van de Graaf vroegen per motie de minister voor Rechtsbescherming deze aanbevelingen over te nemen (Kamerstuk II 2019-2020, 35 300 VI, nr. 73). De motie is vervolgens door een grote meerderheid van de Tweede Kamer aangenomen. De minister heeft het Wetenschappelijk Onderzoeks- en Documentatie Centrum (WODC) daarom gevraagd te onderzoeken in hoeverre bestaande regulering en regelgeving afdoende zijn voor VR, AR en *mixed reality* (Kamerstuk II 2019-2020, 26 643, nr. 689).

Bij AR geldt de noodzaak om juridische kaders te ontwikkelen voor zowel de impact van AR op bestaand eigendom als eigendom van AR-elementen, zoals virtuele

objecten en avatars. AR-applicaties kunnen leiden tot eigendomsovertredingen of vernielingen aan privaat eigendom, omdat ze personen verleiden om naar specifieke locaties te gaan. Ook kan fysiek eigendom digitaal gemodificeerd of beklad worden in de hybride wereld. Een 'AR-me-niet'-register, waarbij een lokale overheid of individuele gebruiker aan kan geven dat zijn bezit niet kan worden gebruikt voor AR-toepassingen, zou uitkomst kunnen bieden.

De tweede noodzakelijke categorie van eigendomsregulering is het grijze gebied rond virtuele of hybride objecten. In de hybride omgeving is het concept van eigendom op dit moment niet helder. De relatie tussen virtuele elementen en de platforms waarop deze zich manifesteren, is bovendien een bron van onduidelijkheid. Een vraag die bij AR opkomt, is of de gebruiker het exclusieve recht heeft op zijn of haar eigen waarneming en op zijn kinematische profiel. Momenteel verzamelen bedrijven dergelijke data via AR en volgen ze bijvoorbeeld gezichts- en oogbewegingen, waardoor ze kunnen zien wat gebruikers waarnemen. Dit soort data zijn zeer lucratief om te verhandelen, omdat hiermee gebruikers geprofileerd en beïnvloed kunnen worden. Het is essentieel om over dit soort data expliciete juridische afspraken te maken.

Gewenste actie: *Het Ministerie van Justitie en Veiligheid dient de juridische kaders te verhelderen aangaande eigendom rondom virtuele objecten, met name in relatie tot het eigendom van mensen, inclusief hun lichaam.*

5.4 Beïnvloedingskwesties

We typeren een AR-systeem als een digitale prothese, waarmee de cognitieve en zintuiglijke vermogens van mensen kunnen worden uitgebreid. AR kan zo gebruikers aanvullende informatie bieden over de waarneembare en niet-waarneembare wereld, de waarneming van de werkelijkheid vervormen en communicatie tussen mensen faciliteren. Om dit op een maatschappelijk verantwoorde manier te doen, dienen de volgende ontwerpregels gevolgd te worden.

Ontwerpregel 5: Bescherm de mentale en fysieke gezondheid van AR-gebruikers

AR biedt de mogelijkheid om op een gedoseerde en veilige manier met diverse sociale situaties te leren omgaan. AR kan zo leerprocessen versnellen en goedkoper maken. AR-therapie kan mogelijk helpen bij bepaalde psychische stoornissen. Vergeleken met andere cybertherapieën, zoals digitale therapie en VR, is de ontwikkel- en onderzoekstraditie waar het therapie middels AR betreft, nog

heel jong. Daardoor is er nog onvoldoende kennis van de risico's die gepaard gaan met het gebruik van de technologie, in het bijzonder de langetermijneffecten van het gebruik van AR in therapeutische situaties. Er is op dit gebied dus meer wetenschappelijk onderzoek nodig.

Omdat bij AR de fysieke en virtuele werkelijkheid direct met elkaar verbonden zijn, en AR-systemen steeds krachtigere simulaties produceren, wordt het op den duur lastiger voor AR-gebruikers om werkelijkheid en fictie van elkaar te scheiden. Met apps zoals *Snapchat* kan men via filters een ideaal digitaal zelfbeeld creëren. Veelvuldig AR-filtergebruik kan leiden tot verslaving, een vertekend zelfbeeld en in sommige gevallen zelfs tot *body dysmorphic disorder* (BDD). Er is dus behalve naar positieve effecten, ook meer onderzoek nodig naar de negatieve effecten van AR op de mentale gezondheid.

Gelet op het bovenstaande is er behoefte aan wetenschappelijke reflectie op en publieke discussie over de maatschappelijke betekenis van AR als technologie die tussen ons en de werkelijkheid in staat en die werkelijkheid mixt met fictie. Vanuit het perspectief van mediawijsheid – de verzameling competenties die burgers nodig hebben om actief en bewust deel te nemen aan onze mediasamenleving – is het van belang dat mensen op een verantwoorde en gezonde wijze leren omgaan met het fenomeen *augmented reality*.

Gewenste actie: *Het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport dient onderzoek en publiek debat over de gezondheidseffecten van AR te stimuleren. Het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap dient ervoor te zorgen dat omgaan met AR onderdeel wordt van het beleid op het gebied van mediawijsheid.*

Ontwerpregel 6: Versterk menselijke capaciteiten op een waardige en eerlijke wijze

AR kan op allerlei manieren de cognitieve mogelijkheden van mensen vergroten. Op de werkvloer kan AR ingezet worden om werknemers nieuwe vaardigheden bij te brengen. Enkele AR-praktijken lieten dat goed zien, zoals de Boekelose brug, dekmarkering voor het laden van schepen en het gebruik van breinhologrammen bij het opleiden van hersenchirurgen en communicatie met patiënten. In die gevallen betrof het complexe fenomenen en taken die vóór de inzet van AR, slechts deskundigen konden doorzien, begrijpen en uitvoeren.

Het tegenovergestelde is echter ook mogelijk. AR kan, als die niet op een waardige wijze ingezet wordt, menselijk werk degraderen tot robotarbeid, waarbij de technologie precies bepaalt op welk moment de werknemer welke handeling dient

te verrichten. Zo vindt *deskilling* (verlies van vaardigheden), instrumentalisering van mensen en dehumanisering plaats.

Op de lange termijn zal AR mogelijk een normaal onderdeel van het menselijke leven worden. De plaats van AR in het menselijke leven is lastig voorstelbaar. Twintig jaar geleden konden ook maar weinig mensen zich voorstellen dat velen van ons nu met een smartphone op zak rond zouden lopen. Daarom moeten we ons nu al afvragen of iedereen evenredig gaat profiteren van de nieuwe mogelijkheden die AR biedt. Een nieuwe digitale kloof zou kunnen ontstaan.

Ontwerpregel 7: Bewaak de cognitieve autonomie van mensen

Op het internet staat keuzevrijheid al lange tijd onder druk vanwege personalisering en monopolisering van het informatieaanbod (Rathenau Instituut, 2012). Na het Cambridge-Analytica-schandaal in 2018 is het debat over nepnieuws en desinformatie, en hun relatie tot vrijheid van meningsvorming en democratie, zeer actueel geworden (cf. Rathenau Instituut, 2018a). AR biedt de mogelijkheid om niet alleen het informatie-aanbod, maar ook de perceptie en ervaring van de werkelijkheid te personaliseren. Breder dan nepnieuws gaat het bij AR dus over een nepwerkelijkheid en om de vraag wie bepaalt welke werkelijkheid de gebruiker ervaart. ‘Nep’ kan bij AR gaan over alles wat we zien, horen of voelen. Zodoende krijgt ook het huidige begrip ‘filterbubbel’ – algoritmes die onze zoektocht naar informatie op het internet personaliseren – door AR een veel bredere betekenis. Bij AR bepalen algoritmes hoe onze onmiddellijke zintuiglijke ervaring van de werkelijkheid gefilterd en voorgeprogrammeerd wordt. Ervoor zorgen dat AR bijdraagt aan de cognitieve autonomie van mensen en deze in ieder geval niet schaadt, is daarom een van de grootste uitdagingen van het AR-tijdperk.

Cognitieve autonomie kent ook grenzen. Het is bijvoorbeeld onfatsoenlijk om via AR andere mensen digitaal te ontkleden of (in een denkbare toekomst) dakloze mensen algoritmisch weg te filteren uit het blikveld van de AR-gebruiker. Dit soort voorbeelden kunnen gezien worden als vormen van sociale discriminatie of zelfs digitale ontmenselijking. Een dergelijke filtering heeft ook politieke relevantie, omdat een wereld waarin daklozen uit het zicht zouden worden weggefilterd, een wereld is waarin ‘het politieke belang van dak- en thuisloosheid laag is’ (Susskind 2018, p. 150). De grenzen van de cognitieve autonomie worden momenteel bepaald door de partijen die AR-hardware, software en platforms produceren. In dit rapport roepen we op dit productieproces te verbreden en vanuit een maatschappelijk perspectief te komen tot normen en regels voor de hybride wereld.

Gewenste actie: *De overheid dient onderzoek en debat te stimuleren over sociale normen en waarden (sociale etiquette) in de hybride wereld.*

Ontwerpregel 8: Zorg voor eerlijke machtsverhoudingen in de hybride wereld

Deze studie toont aan dat veel bedrijven, groot en klein, AR beschouwen als een interessante technologie. We focussen hier met name op de rol van grote Amerikaanse en Chinese techbedrijven, zoals Google, Microsoft, Facebook, Bytedance en Huawei. Deze bedrijven domineren de huidige interneteconomie en zijn iconen van het surveillancekapitalisme, dat zich kenmerkt door het op grote schaal monitoren en beïnvloeden van gedrag van consumenten. Er is een enorme informatieasymmetrie tussen die internetbedrijven en andere bedrijven en consumenten (cf. Rathenau Instituut, 2017; Nemitz 2018). Dergelijke multinationals zien AR als een centraal onderdeel van hun toekomstig verdienmodel. Het is niet wenselijk dat we de inmiddels scheefgegroeide machtsverhoudingen op het internet – tussen bedrijven onderling en tussen bedrijven en gebruikers – ook de verhoudingen op het gebied van AR laten bepalen. Eerder riep het Rathenau Instituut op consumenten in de virtuele wereld te beschermen bij het gebruik van VR (Rathenau Instituut, 2019). Hetzelfde geldt voor de hybride wereld. Mensen geven, vaak onwetend, hun meest intieme data af en worden kwetsbaar ten opzichte van marktpartijen. Het is nodig om consumenten voor te lichten over hun kwetsbare positie in deze marktgedomineerde nieuwe omgeving.

Gewenste actie: *Het Ministerie van Economische Zaken dient te verhelderen hoe de overheid op het terrein van AR eerlijke verhoudingen tussen bedrijven onderling en tussen bedrijven en AR-gebruikers gaat waarborgen.*

5.5 Ruimtelijke ordeningskwesties

AR creëert een hybride omgeving. Omdat AR impact kan hebben op het sociale en culturele gebruik van de virtuele en fysieke wereld, roept de technologie sociale en politieke vragen op. Hoe gaan we met elkaar om in die hybride ruimte? Hoe publiek is de hybride omgeving? Wie beslist over de inrichting ervan? Hieronder zoomen we in op drie kwesties die spelen bij het hybridiseren van diverse publieke, persoonlijke en private ruimtes.

Ontwerpregel 9: Geef burgers controle over hun fysieke-virtuele identiteit

AR biedt de mogelijkheid om virtuele lagen over de fysieke werkelijkheid heen te leggen – en dus ook over de persoonlijke, meest intieme, ruimte. Mensen kunnen digitale filters toepassen om hun eigen hybride identiteit vorm te geven, maar kunnen iets gelijkaardigs ook bij andere personen.

Om ervoor te zorgen dat burgers controle houden over hun fysiek-virtuele identiteit, dient verhelderd te worden wat het recht op lichamelijke integriteit betekent in het kader van AR. Dat recht is in artikel 11 van de Nederlandse Grondwet, ('Onaantastbaarheid lichaam'), vastgelegd, en is bedoeld om mensen bescherming te bieden tegen ongewenste (medische) ingrepen aan hun lichaam. Het is in het tijdperk van AR belangrijk om juridisch te verhelderen dat, en hoe, mensen beschermd kunnen worden tegen ongewenste digitale ingrepen aan hun lichaam.

Daarbij speelt bijvoorbeeld de vraag in hoeverre geïnformeerde toestemming nodig is om een virtuele waarnemingslaag over iemand heen te leggen. Wat is in dit verband wel of niet toegestaan? Moeten apps als *DeepNude*, waarmee iemand digitaal ontkleed kan worden, toegestaan of verboden worden? Mogen mensen andere mensen digitaal wegfilteren? Een belangrijke vraag is ook in hoeverre mensen vrij zouden moeten zijn om virtuele reclames van bedrijven toe te laten in hun persoonlijke hybride ruimte.

Gewenste actie: *Het Ministerie van Justitie en Veiligheid dient te verhelderen wat het recht op lichamelijke integriteit betekent in het kader van AR.*

Ontwerpregel 10: Zorg voor publieke ruimtes in de hybride wereld

Het publieke belang van de fysieke openbare ruimte wordt algemeen erkend (VROM-raad 2009, p. 19). De openbare ruimte is in publiek bezit en is in principe voor iedereen toegankelijk. Er gelden gelijke normen en regels voor alle burgers. Een aangename publieke ruimte draagt bij aan een goed leefklimaat en legt de basis voor de ontwikkeling van burgers en hun relatie met elkaar. Het publieke belang van digitale en hybride openbare ruimtes wordt echter veel minder erkend en nagestreefd. Sinds de jaren '90 zijn er wel partijen geweest die pleitten voor overheidsoptreden om het publieke, open en democratische karakter van het internet te waarborgen. Maar ondanks hun pleidooi, maken inmiddels met name grote techbedrijven de dienst uit op het internet. Die hebben het internet op commerciële wijze ingericht, zodat geld kan worden verdiend aan data. Terwijl in de fysieke wereld veel plaatsen publiek bezit zijn, is de virtuele wereld sterk geprivatiseerd.

Bij AR koloniseert het digitale domein de fysieke wereld en daarmee ook de gemeenschappelijke publieke ruimte. Het publieke karakter van de openbare ruimte kan daarmee op twee met elkaar samenhangende manieren onder druk komen te staan. Ten eerste kan AR leiden tot commercialisering van alle fysieke ruimtes – ook openbare ruimtes zoals natuurparken, stranden of pleinen. We zagen dat het bedrijf Niantic zich de openbare hybride ruimte toeëigende via het spel *Pokémon*

GO. Ten tweede kan via AR de beleving van de openbare ruimte digitaal gepersonaliseerd worden.

Omdat bij AR de waarneming van de werkelijkheid verder gepersonaliseerd kan worden, bestaat het risico dat er geen gemeenschappelijk ervaren publieke sfeer meer overblijft. Dit proces van atomisering is reeds sluipenderwijs aan de gang via het gebruik van smartphones, slimme oortjes en het gebruik van AR-filters. Op de lange termijn kunnen dergelijke kwesties in ultieme mate spelen, als er verschillende AR-platforms ontstaan die elk hun eigen *metaverse*, oftewel collectieve fysiek-virtuele ruimte, maken, bezitten en besturen (Metz 2017).

Een geheel gecommercialiseerde hybride, fysiek-virtuele openbare ruimte is niet wenselijk. Om de leefbaarheid van de hybride wereld te waarborgen, dient de overheid zich in te spannen om het publieke karakter daarvan op de lange termijn te bewaren. De overheid dient te onderzoeken wat daarvoor nodig is. Een vraag die daarbij speelt, is of het gewenst is een publiek en opensource AR-platform te ontwikkelen. Omdat de wereld niet ophoudt aan de Nederlandse grens, zou daar een belangrijke taak voor de Europese Commissie kunnen liggen. Deze kwestie sluit sterk aan bij de huidige discussie over Europese digitale soevereiniteit (EPRS 2020).

Gewenste actie: *De overheid dient te onderzoeken hoe op de lange termijn het publieke karakter van de hybride openbare ruimte gewaarborgd kan worden.*

Ontwerpregel 11: Richt de hybride leefomgeving maatschappelijk verantwoord in

In Nederland vinden we het belangrijk dat bij het inrichten van de fysieke leefomgeving rekening wordt gehouden met tal van publieke en private belangen. AR roept de vraag op hoe de fysiek-virtuele hybride wereld op een maatschappelijk verantwoorde wijze ingericht kan worden. Met onze fysieke omgeving gaan we vaak zorgvuldig om. Zo hebben gemeenten commissies voor ruimtelijke kwaliteit (welstand en erfgoed), die kijken of bouwplannen stroken met het algemeen belang van het typische karakter van buurten, wijken en streken. Wat zijn kwaliteitseisen voor de hybride omgeving? Een typische ruimtelijke ordeningskwestie is: in welke omgevingen zijn welke vormen van AR wel of niet toegestaan? We zagen dat AR-spellen kunnen botsen met de juridische en sociale regels die op bepaalde plaatsen gelden, zoals een natuurgebied of een begraafplaats. AR kan ook veiligheidsrisico's met zich meebrengen. Het gebruik van *Pokémon GO* op gevaarlijke plaatsen heeft bijvoorbeeld geleid tot dodelijke ongelukken. In een van haar AR-scenario's toont Roos Groothuizen borden en kaarten die weergeven waar AR verboden is of waar mensen juist gemotiveerd worden om AR te gebruiken (zie figuur 1.3).

Omdat de inzet van AR het gebruik van fysieke ruimte op allerlei manieren zal beïnvloeden, is het belangrijk dat de overheid verkent hoe de hybride fysiek-virtuele leefomgeving op een maatschappelijk verantwoorde manier kan worden ingericht.

Gewenste actie: *De overheid dient te verkennen hoe de hybride omgeving op een maatschappelijk verantwoorde wijze ingericht kan worden.*

5.6 Samen op zoek naar regels voor AR

Bij de opkomst van het internet in de jaren '90 was er in de samenleving bij velen grote hoop dat het internet een nieuwe digitale publieke ruimte zou gaan vormen, die de wereld zou kunnen democratiseren en emanciperen. De afgelopen decennia is het internet met name een commerciële zone geworden die wordt gedomineerd door grote internetbedrijven. Op dat internet wordt de mores in sterke mate bepaald door de regels van het surveillancekapitalisme.

Nu AR opkomt, vindt er veel te weinig reflectie en discussie plaats over de toekomst van de hybride, fysiek-virtuele wereld. De ontwikkeling van de technologie, de benodigde infrastructuur en de inrichting van hybride ruimtes wordt vrijwel volledig gedomineerd door de multinationale bedrijven die het internet hebben vormgegeven. Dat staat garant voor een gecommercialiseerde hybride omgeving waarin persoonlijke data goud waard zijn en verzameld worden zonder dat burgers zich daar bewust van zijn. Het is belangrijk dat politiek en samenleving zich met deze ontwikkeling gaan bemoeien. Bij AR staat er veel op het spel – namelijk de beleving van de werkelijkheid. Dat alleen aan de markt over te laten, is vanuit algemeen belang onverantwoordelijk.

Vanuit democratisch oogpunt is het noodzakelijk om publieke waarden leidend te maken bij de invulling van onze huidige en toekomstige hybride leefomgeving. Als we democratisch vorm willen geven aan een leefbare hybride wereld, dan moeten we investeren in maatschappelijke innovatie. We moeten op zoek naar de taal om te praten over die nieuwe wereld, de daar gewenste sociale etiquette en relevante economische en juridische regels. Samen betekent: met burgers, kennisinstellingen, maatschappelijke organisaties en bedrijven.

Burgers, omdat zij in de hybride werelden van de toekomst zullen leven. Zij hebben groot belang bij de leefbaarheid daarvan. Om een actieve rol te spelen in het vormgeven van hybride werelden, is technologisch burgerschap vereist (Est 2016). Kennisinstanties kunnen de uitdagingen verhelderen die nieuwe technologieën met zich meebrengen, en zicht bieden op oplossingen. Maatschappelijke

organisaties kunnen het publieke en politieke debat over AR aanzwengelen, burgers informeren, maar ook hun (individuele) belangen in breder (sociaal) perspectief plaatsen. En aangezien bedrijven een centrale rol spelen bij het ontwerp en het vermarkten van hybride werelden, is het van cruciaal belang dat zij ook hun maatschappelijke verantwoordelijkheid nemen. De overheid dient echter wel een trekkende, faciliterende rol te spelen bij de zoektocht naar die nieuwe taal, etiquette, en regels.

Literatuurlijst

Acquisti, A., R. Gross & F. D. Stutzman (2014). 'Face recognition and privacy in the age of augmented reality'. *Journal of Privacy and Confidentiality* 6, nr. 2, pp. 1-20. DOI: 10.29012/jpc.v6i2.638.

Ahmad, N., R. A. R. Ghazilla, N. M. Khairi & V. Kasi (2013). 'Reviews on various inertial measurement unit (IMU) sensor applications'. *International Journal of Signal Processing Systems* 1, nr. 2, pp. 256-262. DOI: 10.12720/ijsp.1.2.256-262.

Araiza-Illan, D., A. De San Bernabe, F. Hongchao & L.Y. Shin (2019). 'Augmented Reality for Quick and Intuitive Robotic Packing Re-Programming'. In: *14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pp. 664-664. DOI: 10.1109/HRI.2019.8673327.

Arth, C., R. Grasset, L. Gruber, T. Langlotz, A. Mulloni & D. Wagner. (2015). 'The History of Mobile Augmented Reality'. In: *Computer Graphics & Vision* (conferentiebundel). <https://arxiv.org/pdf/1505.01319.pdf>.

Bailey, J. O. & J. N. Bailenson (2017). 'Considering virtual reality in children's lives'. *Journal of Children and Media* 11, nr. 1, pp. 107-113. DOI: 10.1080/17482798.2016.1268779.

Bala, S. (2018). 'The history (and future) of augmented reality.' *Graphics and Gaming blog*, 1 augustus 2018. <https://community.arm.com/developer/tools-software/graphics/b/blog/posts/the-history-of-augmented-reality>.

Baranov, M. (2018). 'Acoustic Noise Cancellation by Machine Learning'. Website *Towards Data Science*, 26 juni. <https://towardsdatascience.com/acoustic-noise-cancellation-by-machine-learning-4144af497661>.

Baum, L. F. (1901). *The master key: An electrical fairy tale founded upon the mysteries of electricity and the optimism of its devotees. It was written for boys, but others may read it*. Indianapolis: Bowen-Merrill Company.

Bogaard, A. van den, H. Lintsen, F. Veraart & O. de Wit (red.) (2008). *De eeuw van de computer: De geschiedenis van de informatietechnologie in Nederland*. Deventer: Kluwer.

Bolter, J. D., M. Engberg & B. MacIntyre. (2013). 'Media Studies, Mobile Augmented Reality, and Interaction Design'. *Interactions* 20, nr. 1, pp. 36-45. DOI: 10.1145/2405716.2405726.

Bradshaw, T. & Lewis, L. (2016). 'Advertisers set for a piece of 'Pokemon Go'', In: *Financial Times*, 13 juli. <https://www.ft.com/content/75942b12-48ba-11e6-b387-64ab0a67014c>.

Brinkman, B. (2014). 'Ethics and Pervasive Augmented Reality: Some Challenges and Approaches.' In: K. D. Pimple (red.). *Emerging Pervasive Information and Communication Technologies (PICT): Ethical Challenges, Opportunities and Safeguards*, pp. 149-175. DOI: 10.1007/978-94-007-6833-8_8.

Brustein, J. 'Microsoft Wins \$480 Million Army Battlefield Contract'. In: *Bloomberg*, 28 november. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-11-28/microsoft-wins-480-million-army-battlefield-contract>.

Buolamwini, J. & T. Gebru (2018). 'Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification'. In: *Proceedings of the 1st Conference on Fairness, Accountability and Transparency*, pp. 77-91. <http://proceedings.mlr.press/v81/buolamwini18a/buolamwini18a.pdf>.

Cebulla, A. (2013). 'Projection-based augmented reality.' In: *Distributed Systems Seminar FS2013*. https://www.vs.inf.ethz.ch/edu/FS2013/DS/reports/AlexanderCebulla_ProjectionBasedAugmentedReality_report.pdf.

Chen, Z., J. Li, Y. Hua, R. Shen & A. Basu (2017). 'Multimodal interaction in augmented reality'. In: *2017th IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. DOI:10.1109/smc.2017.8122603.

Chen, Y. Q. Wang, H. Chen, X. Song, H. Tang & M. Tian (2019). 'An overview of augmented reality technology'. *Journal of Physics: Conference Series* 1237, nr. 2. DOI: 10.1088/1742-6596/1237/2/022082.

Caudell, T. & D. Mizell (1992). 'Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes'. In: *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*. DOI: 10.1109/HICSS.1992.183317.

Cole, S. (2019). 'This horrifying app undresses a photo of any woman with a single click'. In: *Vice*, 26 juni. https://www.vice.com/en_us/article/kzm59x/deepnude-app-creates-fake-nudes-of-any-woman.

Conger, C., R. Fausset & S. Kovalski (2019). 'San Francisco Bans Facial Recognition Technology'. In: *New York Times*, 14 mei. <https://www.nytimes.com/2019/05/14/us/facial-recognition-ban-san-francisco.html>.

Croll, A. (2010). 'Welcome to post humanity'. Website *Human 2.0*, 21 april. <http://human20.com/welcome-to-posthumanity/>.

Crum, P. (2019). 'Hearables Will Monitor Your Brain and Body to Augment Your Life'. *IEEE Spectrum blog*, 1 mei. <https://spectrum.ieee.org/consumer-electronics/audiovideo/hearables-will-monitor-your-brain-and-body-to-augment-your-life>.

Cummings, J. J. & J. N. Bailenson (2016). 'How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence'. *Media Psychology* 19, nr. 2, pp. 272-309. DOI: 10.1080/15213269.2015.1015740.

Daily News. (2015). 'Google Glass, too expensive and freakish, pulled for redesign'. *Daily News*, 15 januari. <https://www.dailynews.com/2015/01/15/google-glass-too-expensive-and-freakish-pulled-for-redesign/>.

Dijk, J. van (2014). 'Wat is persoonlijke ruimte?'. Website *De Omgevingspsycholoog*, 21 januari. <https://www.omgevingspsycholoog.nl/persoonlijke-ruimte>.

Dijkhuizen, B. (2017). 'Nieuwe Google-Glass-variant maakt comeback in het magazijn'. Website *Logistiek*, 25 juli. <https://www.logistiek.nl/warehousing/nieuws/2017/07/google-glass-maakt-comeback-het-magazijn-101157472>

Eckel, G. (2001). 'Immersive audio-augmented environments: the LISTEN project'. In: *Proceedings Fifth International Conference on Information Visualisation*, pp. 571-573. DOI: 10.1109/iv.2001.942112.

Est, R. van (2016) Technologisch burgerschap als dé democratische uitdaging van de eenentwintigste eeuw. *Christen Democratische Verkenningen* 3, pp. 108-115.

Facebook (2019a). 'Facebook is building the future of connection with lifelike avatars'. Website *Tech@Facebook*, 13 maart. <https://tech.fb.com/codec-avatars-facebook-reality-labs/>.

Facebook (2019b). 'Inside Facebook Reality Labs: Research updates and the future of social connection'. Website *Tech@Facebook*, 25 september. <https://tech.fb.com/inside-facebook-reality-labs-research-updates-and-the-future-of-social-connection>.

Fan, Z., C. Ma, Zhang, X. & H. Liao. (2019). '3D Augmented Reality-Based Surgical Navigation and Intervention'. In: T. M. Peters, C. A. Linte, Z. Yaniv & J. Williams (red.). *Mixed and Augmented Reality in Medicine*. Boca Raton: Taylor and Francis, pp. 251-264. DOI: 10.1201/9781315157702-17.

Farfaces. (2020). 'Fast & Reliable Real-Time Mobile Facial Recognition'. Website *Farfaces*. <https://farfaces.net/>.

Finn, R. L., D. Wright & M. Friedewald (2013). 'Seven types of privacy'. In: S. Gutwirth, R. Leenes, P. de Hert & Y. Poullet (red). *European Data Protection: Coming of Age*. Dordrecht: Springer, pp. 3-32. DOI: 10.1007/978-94-007-5170-5_1.

Funk, M., M. Kritzler & F. Michahelles (2017). 'HoloLens is more than air Tap'. In: *Proceedings of the Seventh International Conference on the Internet of Things – IoT 31*, pp.1-2. '17. DOI: 10.1145/3131542.3140267.

Gammeter, S., A. Gassmann, L. Bossard, T. Quack & L. Van Gool (2010). 'Server-side object recognition and client-side object tracking for mobile augmented reality'. In: *2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition – Workshops*, pp. 1-8. DOI: 10.1109/CVPRW.2010.5543248.

Gelernter, D. (1991). *Mirror Worlds: or the Day Software Puts the Universe in a Shoebox... How It Will Happen and What It Will Mean*. New York: Oxford University Press.

Gershgor, D. (2017). 'Google has built earbuds that translate 40 languages in real time'. Website *Quartz*, 4 oktober. <https://qz.com/1094638/google-goog-built-earbuds-that-translate-40-languages-in-real-time-like-the-hitchhikers-guides-babel-fish/>.

Ghaffary, S. & R. Molla (2020). 'How tech companies are trying to make augmented and virtual reality a thing, again.' *Vox*, 11 februari. <https://www.vox.com/recode/2020/2/11/21121275/augmented-virtual-reality-hiring-software-engineers-hired>.

Graham, M. (2017). 'Digitally Augmented Geographies'. In: R. Kitchin, T. P. Lauriault & M. W. Wilson (red.). *Understanding Spatial Media*. London, Sage, pp. 44-55. DOI: 10.4135/9781526425850.n4.

Gunn, W. & J. Donovan, J. Pedersen, J. Buur & L. Boer (2015). 'Provotypes are Provocative Prototypes' (preprint). DOI: 10.13140/RG.2.1.2996.1686.

Halting Problem (2016). 'Tech bro creates augmented reality app to filter out homeless people'. Website *Medium*, 23 februari. <https://medium.com/halting-problem/tech-bro-creates-augmented-reality-app-to-filter-out-homeless-people-3bf8d827b0df>.

Hautala, L. (2016). 'Pokemon Go: Gotta catch all your personal data'. Website *CNET*, 11 juli. <https://www.cnet.com/news/pokemon-go-gotta-catch-all-your-personal-data/>.

- Henriksson, E. A. (2018). 'Data protection challenges for virtual reality applications'. *Interactive Entertainment Law Review* 1, nr. 1, pp. 57-61. DOI: 10.4337/ielr.2018.01.05.
- Hern, A. (2020). 'Snapchat firm unveils platform plan to take on Google and Apple'. In: *The Guardian*, 15 juni. <https://www.theguardian.com/technology/2020/jun/15/snapchat-firm-unveils-platform-plan-to-take-on-google-and-apple>.
- Hof, C. van 't, R. van Est & F. Daemen (red.) (2010). *Check in / Check uit: De digitalisering van de openbare ruimte*. Rotterdam / Den Haag: NAI Uitgevers / Rathenau Instituut.
- Hof, C. van 't, J. Timmer & R. van Est (red.) (2012). *Voorgeprogrammeerd: Hoe internet ons leven leidt*. Den Haag: Boom Lemma.
- Howe, K. B., C. Suharlim, P. Ueda, D. Howe, I. Kawachi & E. B. Rimm (2016). 'Gotta catch'em all! Pokémon GO and physical activity among young adults: difference in differences study'. In: *The BMJ*, nr. 255. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.i6270>.
- Hu, D & E. Wu. (2019). 'Designing a planet-scale real-world AR platform'. Website *Nianticlabs*, 27 februari. <https://nianticlabs.com/en/blog/nrwp-update>.
- Hunt, E. (2019). 'Faking it: how selfie dysmorphia is driving people to seek surgery'. In: *The Guardian*, 23 januari. <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2019/jan/23/faking-it-how-selfie-dysmorphia-is-driving-people-to-seek-surgery>.
- Ingraham, N. (2013). 'Google Glass headset with bone-conduction speakers revealed in FCC filing'. In: *The Verge*, 31 januari. <https://www.theverge.com/2013/1/31/3938182/google-glass-revealed-in-fcc-filing>.
- Japan Times, The. (2020). 'Mother 'reunited' with dead daughter on South Korean VR show'. In: *The Japan Times*, 15 februari. https://www.japantimes.co.jp/news/2020/02/15/business/tech/mother-reunited-dead-daughter-south-korean-vr-show/#.Xrlu_8CxU2w.
- Jeon, S. & S. Choi (2009). 'Haptic augmented reality: Taxonomy and an example of stiffness modulation'. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 18, nr. 5, pp. 387-408. DOI: 10.1162/pres.18.5.387.
- Jiang, B., U. Neumann & Y. Suya (2004). 'A robust hybrid tracking system for outdoor augmented reality'. In: *IEEE Virtual Reality 2004* (conferentiebundel). DOI:10.1109/vr.2004.1310049.

- Jindal, A., et al. (2018). 'Enabling full body AR with Mask R-CNN2Go. Website *Facebook Research*, 25 januari. <https://research.fb.com/enabling-full-body-ar-with-mask-r-cnn2go/>.
- Jost, J., T. Kirks, P. Gupta, D. Lünsch & J. Stenzel (2018). 'Safe Human-Robot-Interaction in Highly Flexible Warehouses using Augmented Reality and Heterogenous Fleet Management System'. In: *2018 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (ISR)*, pp. 256-260. DOI: 10.1109/IISR.2018.8535808.
- Kastrenakes, J. & A. Carman (2020). 'This startup wants to put a tiny display on a contact lens'. In: *The Verge*, 16 januari. <https://www.theverge.com/2020/1/16/21067683/mojo-smart-contact-lens-augmented-reality-startup>.
- Katell, M., F. Deschesne, B.-J. Koops & P. Meessen (2019). 'Seeing the whole picture: Visualising socio-spatial power through augmented reality.' *Law, Innovation and Technology* 11, nr. 2, pp. 279-310. DOI: 10.1080/17579961.2019.1665800.
- Kehe, J. (2014). 'Microsoft Hololens merges the physical world with virtual reality'. In: *WIRED*, 10 december. <https://www.wired.co.uk/article/project-hololens>.
- Kelly, K. (2019). 'AR Will Spark the Next Big Tech Platform – Call it Mirrorworld'. In: *WIRED*, 12 februari. <https://www.wired.com/story/mirrorworld-ar-next-big-tech-platform/>.
- Kelion, L. (2019). 'Microsoft HoloLens 2 augmented reality headset unveiled'. In: *BBC News*, 24 februari. <https://www.bbc.com/news/technology-47350884>.
- Kipman, A. (2016). 'A futuristic vision of the age of holograms' (video). Website *TED Conference*. https://www.ted.com/talks/alex_kipman_a_futuristic_vision_of_the_age_of_holograms/transcript?referrer=playlist-10_years_of_ted_talks.
- Kitanovski, V. & E. Izquierdo (2011). '3d tracking of facial features for augmented reality applications'. In: *WIAMIS 2011: 12th International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services*.
- Kopfstein, J. (2016). 'The dark side of VR. Virtual Reality Allows the Most Detailed, Intimate Digital Surveillance Yet'. Website *The Intercept*, 23 december. <https://theintercept.com/2016/12/23/virtual-reality-allows-the-most-detailed-intimate-digital-surveillance-yet/>.
- Kotsios, A. (2015). 'Privacy in an Augmented Reality'. *International Journal of Law and Information Technology* 23, nr. 2, pp. 157-185. DOI: 10.1093/ijlit/eav003.

- Kudina, O. & P. P. Verbeek (2019). 'Ethics from within: Google Glass, the Collingridge dilemma, and the mediated value of privacy'. *Science, Technology, & Human Values* 44, nr. 2, pp. 291-314. DOI: 10.1177/0162243918793711,
- Kunert, C., T. Schwandt & W. Broll. (2019). 'An Efficient Diminished Reality Approach Using Real-Time Surface Reconstruction'. In: *Proceedings of the 2019 International Conference on Cyberworlds (CW)*, pp. 9-16. DOI: 10.1109/CW.2019.00010,
- Lemley, M. A. & E. Volokh (2018). 'Law, virtual reality, and augmented reality'. *University of Pennsylvania Law Review* 166, nr. 5, pp. 1051-1138. DOI: 10.2139/ssrn.2933867.
- Li, L. (2014). 'Time-of-flight camera – an introduction'. Technical white paper, *SLOA190B*. <http://www-cs.cuny.cuny.edu/~wolberg/capstone/kinect/ToFBasicsTl14.pdf>.
- Lu, W., D. McFarlane, V. Giannikas & Q. Zhang (2016). 'An algorithm for dynamic order-picking in warehouse operations'. *European Journal of Operational Research* 248, nr. 1, pp. 107-122. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.06.074.
- Madary, M. & T. K. Metzinger (2016). 'Real virtuality: a code of ethical conduct. Recommendations for good scientific practice and the consumers of VR-technology'. . *Frontiers in Robotics and AI* 3, nr. 3. DOI: 10.3389/frobt.2016.00003
- Mann, S. (2013). 'Wearable Computing'. In: Soegaard, M. & D. R. Friis (red.). *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction* (online, 2de uitgave). Z.p.: The Interaction Design Foundation. <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed>.
- Mann, S., T. Furness, Y. Yuan, J. Iorio & Z. Wang (2018). 'All Reality: Virtual, Augmented, Mixed (X), Mediated (X, Y), and Multimeditated Reality' (postprint). <https://arxiv.org/abs/1804.08386>.
- Manovich, L. (2006). 'The Poetics of Augmented Space'. *Visual Communication* 5, nr. 2, pp. 219-240. DOI: 10.1177/1470357206065527.
- Marín, E. & P. E. G. Prieto & M. M. Gómez & D. Villegas (2016). 'Head-up displays in driving'. In: *Intelligent Transportation Systems* (conferentiebundel). <https://arxiv.org/abs/1803.08383>.
- Martins, J. (2018). 'The Audio Voice: Hearables and Augmented Reality'. Website *Gaudio Lab*, 25 oktober. <https://gaudiolab.com/the-audio-voice-hearables-and-augmented-reality/>.

McClure, W. T. (2017) 'When the virtual and real worlds collide: Beginning to address the clash between real property rights and augmented reality location-based technologies through a federal do-not-locate registry.' *Iowa Law Review* 103, nr. 1, pp. 331-366.

McCorskey, M. (2018). 'I downloaded my data to see what dirt these companies have on me, and probably you, too.' Website *The Chimes*, 12 april.
<https://cuchimes.com/04/2018/facebook-data/>.

McGreal, R. (2018) 'Hearables for online learning'. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning* 19, nr. 4. DOI: 10.19173/irrodl.v19i4.4142.

Metz, C. (2017). 'The rise of AR will recreate our filter bubbles in the real world'. In: *WIRED*, 20 april. <https://www.wired.com/2017/04/rise-ar-will-unleash-competing-corporate-realities/>.

Meulen, H. van der, L. A. Kun & O. Shaer (2017). 'What Are We Missing? Adding Eye-Tracking to the HoloLens to Improve Gaze Estimation Accuracy'. In: *Proceedings of the 2017 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces*, pp. 396-400. DOI: 10.1145/3132272.3132278.

Microsoft (2019). 'HoloLens 2 hardware'. Website *Microsoft*, 17 september.
<https://docs.microsoft.com/en-us/hololens/hololens2-hardware>.

Miller, M. R., H. Jun, F. Herrera, J. Yu Villa, G. Welch & J. N. Bailenson. (2019). 'Social interaction in augmented reality'. *PloS one* 14, nr. 5. DOI: 10.1371/journal.pone.0216290.

Miller, E., T. Raya. S. Paniagua & G. Moore. (2020). 'Manage user identity and sign-in for HoloLens'. Website *Microsoft*, 6 januari. <https://docs.microsoft.com/en-us/hololens/hololens-identity>.

Munnik, R. (2013). *Tijdmachines: Over de technische onderwerping van vergankelijkheid en duur*. Zoetermeer: Klement.

Nayak, K., D. Kotak & H. Narula (2014). 'Google glass: Taking wearable technology to the next level'. *International Journal of Current Engineering and Technology* 4, nr. 4, pp. 2827-2830.

Nelson, R. (2016). 'Pokémon GO Hit 50 Million Downloads in Record Time, Now at More Than 75 Million Worldwide'. Website *SensorTower*, 25 juli.
<https://sensortower.com/blog/pokemon-go-50-million-downloads>.

- Nemitz, P.F. (2018). 'Constitutional democracy and technology in the age of Artificial Intelligence'. In: *Royal Society Philosophical Transactions*, 15 oktober. DOI: 10.1098/rsta.2018.0089.
- Noort, W. van (2020). 'Noise-cancelling reduceert de ander tot ruis.' In: *NRC*, 9 januari. <https://www.nrc.nl/nieuws/2020/01/09/geen-oor-voor-een-ander-a3986144>.
- Nuheara (2019). 'Hearables: The Past, Present and Future of In-Ear Devices'. Website *Nuheara*, 18 november. <https://www.nuheara.com/news/hearables-devices-past-present-future/>.
- NU.nl. (2020). 'Pokémon GO-spelers gaven in 2019 meer dan ooit uit aan de game'. In: *NU.nl*, 10 januari. <https://www.nu.nl/tech/6022874/pokemon-go-spelers-gaven-in-2019-meer-dan-ooit-uit-aan-de-game.html>.
- O'Brolcháin, F., T. Jacquemard, D. Monaghan, N. O'Connor, P. Novitzky & B. Gordijn (2016). 'The Convergence of Virtual Reality and Social Networks: Threats to Privacy and Autonomy'. *Science and Engineering Ethics* 22, nr. 1, pp. 1-29. DOI: 10.1007/s11948-014-9621-1.
- O'Kane, S. (2016). 'Smart headphones with voice recognition could help you miss fewer conversations'. In: *The Verge*, 5 december. <https://www.theverge.com/circuitbreaker/2016/12/5/13841776/stages-hero-headphones-noise-cancellation-augmented-sound#0>.
- Oosterveer, D. (2020). 'Social media in Nederland 2020: TikTok is domein van kinderen, uittocht jongeren op Facebook'. Website *Marketingfacts*, 25 januari. <https://www.marketingfacts.nl/berichten/social-media-in-nederland-2020>.
- Pardes, A. (2017). 'Ikea's New App Flaunts What You'll Love Most About AR'. In: *WIRED*, 28 september. <https://www.wired.com/story/ikea-place-ar-kit-augmented-reality/>.
- Pariser, E. (2011). *The filter bubble: What the Internet is hiding from you*. New York: Penguin Press.
- Park, K.-B., S. Ho Choi, M. Kim & J. Yeol Lee. (2020). 'Deep Learning-based mobile augmented reality for task assistance using 3D spatial mapping and snapshot-based RGB-D data'. In: *Computers & Industrial Engineering* 146. DOI: 10.1016/j.cie.2020.106585.
- Paymans, L. (2019). 'Google Maps Live View rolt uit: nooit meer verdwalen dankzij augmented reality'. Website *Android Planet*, 8 augustus. <https://www.androidplanet.nl/apps/google-maps-live-view-android/>.

Pelgrim, C. (2019) 'Met de AR-bril haal ik mijn targets wél' In: *NRC*, 24 juli. <https://www.nrc.nl/nieuws/2019/07/24/opschalen-voor-de-piekmomenten-is-met-de-robot-zo-gebeurd-a3968092>.

Peters, J. (2020). 'IBM will no longer offer, develop, or research facial recognition technology'. In: *The Verge*, 8 juni. <https://www.theverge.com/2020/6/8/21284683/ibm-no-longer-general-purpose-facial-recognition-analysis-software>.

Pokémon GO Death Tracker. (2019). Website *Pokémon GO Death Tracker*. <http://pokemongodeathtracker.com/>.

Poort, F. (2019). 'Markt wearables verdubbeld dankzij draadloze oordoppen'. In: *RTL Nieuws*, 10 december. <https://www.bright.nl/nieuws/artikel/4950381/wearable-markt-verdubbelt-een-jaar-vooral-oordoppen-populair>.

ProRail. (2016). 'Pokémon? Niet op het spoor!' Website *ProRail*, 12 juli. <https://www.prorail.nl/reizigers/nieuws/pok-mon-niet-op-het-spoor?>

Raad voor Cultuur (2018). *Ontwerp voor de toekomst: Pleidooi voor creatieve reflectie op maatschappelijke vraagstukken*. Den Haag: Raad voor Cultuur.

Raisamo, R., I. Rakkolainen, P. Majaranta, K. Salminen, J. Rantala & A. Farooq (2019). 'Human augmentation: Past, present, future'. *International Journal of Human-Computer Studies* 131, pp. 131-143. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1071581919300576>.

Rajanala, S., M. Buainain & N. Vashi (2018). 'Selfies – Living in the Era of Filtered Photographs'. *JAMA Facial Plastic Surgery* 20, nr. 6, pp. 443-444. DOI: 10.1001/jamafacial.2018.0486.

Rathenau Instituut (2012). *Bericht aan het Parlement: Voorgeprogrammeerd – Online keuzevrijheid onder druk*. (auteurs: Hof, C. van 't & J. Timmer)

Rathenau Instituut (2014a). *Bericht aan het Parlement: Strijd om onze intimiteit*. (auteurs: Est, R. van & V. Rerimassie)

Rathenau Instituut (2014b). *Intieme technologie: De slag om ons lichaam en gedrag*. (auteur: R. van Est)

Rathenau Instituut (2015). *Dicht op de huid: Gezichts- en emotieherkenning in Nederland*. (auteurs: Janssen, A., L. Kool & J. Timmer)

Rathenau Instituut (2017a). *Human rights in the robot age: Challenges arising from the use of robotics, artificial intelligence, and virtual and augmented reality – Expert report written for the Committee on Culture, Science, Education and Media of the Parliamentary Assembly of the Council of Europe (PACE)*. (auteurs: Est, R. van & J.B.A. Gerritsen, met medewerking van L. Kool)

Rathenau Instituut (2017b). *Opwaarderen: borgen van publieke waarden in de digitale samenleving*. (auteurs: Kool, L., J. Timmer & R. van Est)

Rathenau Instituut (2017c) *Regels voor het digitale mensenpark: 'Telen' en 'temmen' van de mens via kiembaanmodificatie en persuasieve technologie*. (auteurs: Est, R. van, J. Timmer, L. Kool, N. Nijsingh, V. Rerimassie & D. Stemerding)

Rathenau Instituut (2018a). *Digitalisering van het nieuws: Online nieuwsgedrag, desinformatie en personalisatie in Nederland*. (auteurs: Keulen, I. van, I. Korthagen, P. Diederer & P. van Boheemen)

Rathenau Instituut (2018b). *Doelgericht digitaliseren: Hoe Nederland werkt aan een digitale transitie waarin mensen en waarden centraal staan*. (auteurs: Kool, L., E. Dujso & R. van Est)

Rathenau Instituut (2019) *Verantwoord virtueel: bescherm consumenten in virtual reality*. (auteurs: Snijders, D., S. Horsman, L. Kool & R. van Est)

Rathenau Instituut (2020a). *Werken op waarde geschat: Grenzen aan digitale monitoring op de werkvloer door middel van data, algoritmen en AI*. (auteurs: Das, D., R. de Jong & L. Kool, met medewerking van J. Gerritsen).

Rathenau Instituut (2020b). *Reactie Verzamelwet gegevensbescherming*. Den Haag: Rathenau Instituut.

Rathenau Instituut (2020c). *Tijd voor een goed gesprek. Handvatten voor het verantwoorde gebruik van spraaktechnologie*. (auteurs: Hamer, J., S. Doesborgh, L. Kool)

Rauschnabel, P. (2019). 'Study: Augmented Reality and Privacy Concerns'. Homepage Philip Rauschnabel. <http://www.philipp-rauschnabel.com/2019/02/research-on-augmented-reality-privacy/>.

Redactie De Morgen. (2016). 'Burgemeesters treden op tegen Pokémonjagers: avondklok in Jurbise, nachtelijk verbod in Lillo'. In: *De Morgen*, 26 september.

<https://www.demorgen.be/nieuws/burgemeesters-treden-op-tegen-pokemonjagers-avondklok-in-jurbise-nachtelijk-verbod-in-lillo~bcd5129a/>.

Reif, R. & W. A. Günthner (2009). 'Pick-by-vision: augmented reality supported order picking'. *The Visual Computer* 25, pp. 461-467. DOI: 10.1007/s00371-009-0348-y.

Renner, P. & T. Pfeiffer (2017). 'Attention guiding techniques using peripheral vision and eye tracking for feedback in augmented-reality-based assistance systems'. In: *2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, pp. 186-194. DOI: 10.1109/3DUI.2017.7893338.

Roberts-Islam, B. (2019). 'World's First Digital Only Blockchain Clothing Sells For \$9,500'. In: *Forbes*, 14 mei. <https://www.forbes.com/sites/brookeroberthislam/2019/05/14/worlds-first-digital-only-blockchain-clothing-sells-for-9500/#41f406b9179c>.

Rosenberg, L. B. (1992). *The Use of Virtual Fixtures as Perceptual Overlays to Enhance Operator Performance in Remote Environments*. Ohio: Air Force Material command. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a292450.pdf>.

Sandor, C., et al. (2015). 'Breaking the barriers to true augmented reality' (postprint). <https://arxiv.org/abs/1512.05471>.

Schnitzler, H. (2014). 'Intieme technologie vernietigt de publieke ruimte'. Website *Sociale Vraagstukken*, 9 april. <https://www.socialevraagstukken.nl/intieme-technologie-vernietigt-publieke-ruimte/>.

Schuurman, J., F. Moelaert El-Hadidy, A. Krom & B. Walhout (2007). *Ambient Intelligence: Toekomst van de zorg of zorg van de toekomst?* Den Haag: Rathenau Instituut.

Schwerdtfeger, B. et al. (2009). 'Pick-by-vision: A first stress test'. In: *Proceedings in the 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 115-124. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5336484>.

Shea, R., et al. (2017). 'Location-based augmented reality with pervasive smartphone sensors: Inside and beyond Pokemon Go!'. In: *IEEE Access* 5, pp. 9619-9631. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2696953.

Smith, C. (2019). 'The future of AR smartglasses: How they will become the way we view the world'. Website *Wearable*, 8 oktober. <https://www.wearable.com/ar/future-of-ar-smartglasses-7677>.

Stanford University. (2019). 'How augmented reality affects people's behavior'. Website *ScienceDaily*, 22 mei. <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/05/190522101944.htm>.

Star, The. (2016). 'Pokémon Go 'is blasphemous' Indian court told'. *The Star*, 9 september. <https://www.thestar.com.my/tech/tech-news/2016/09/09/pokemon-go-is-blasphemous-indian-court-told/>.

Statt, N. (2020). 'Vuzix Blade AR glasses are the next-gen Google Glass we've all been waiting for'. In: *The Verge*, 9 januari. <https://www.theverge.com/2018/1/9/16869174/vuzix-blade-ar-glasses-augmented-reality-amazon-alexa-ai-ces-2018>.

Stoltz, M.-H., V. Giannikas, D. McFarlane, J. Strachan, J. Um & R. Srinivasan (2017). 'Augmented reality in warehouse operations: Opportunities and barriers. In: *20th IFAC World Congress* (vol. 50), pp. 12979-12984. DOI: 10.1016/j.ifacol.2017.08.1807.

Suso-Ribera, C., et al. (2019). 'Virtual reality, augmented reality, and in vivo exposure therapy: a preliminary comparison of treatment efficacy in small animal phobia'. In: *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking* 22, nr. 1, pp. 31-38.

Susskind, J. (2018). *Future Politics: Living Together in a World Transformed by Tech*. Oxford: Oxford University Press.

Tassi, P. (2018). 'Pokémon GO' Has Just Crossed \$2 Billion In Revenue Since Launch, Almost An Industry Best'. In: *Forbes*, 25 september. <https://www.forbes.com/sites/insertcoin/2018/09/25/pokemon-go-has-just-crossed-2-billion-in-revenue-since-launch-almost-an-industry-best/#6db2c0083257>.

Teeuwen, Jorinda (2016). 'Poképaal onthuld op 'Pokéduin' door Pokémonjager Rachid Guernaoui'. Website *Den Haag FM*, 9 augustus. <https://denhaagfm.nl/2016/08/09/pokepaal-onthuld-op-pokeduin-door-pokemonjager-rachid-guernaoui-fotoserie/>.

Tripathi, U., U. Tripathi & S. Singh (2017). 'A Case Study for Microsoft Hololens'. *GADL Journal of Inventions in Computer Science and Communication Technology (JICSCT)* 3, nr. 3.

Tsukayama, H. (2012). 'How the Tupac "hologram" works.' In: *The Washington Post*, 18 april. https://www.washingtonpost.com/business/technology/how-the-tupac-hologram-works/2012/04/18/gIQA1ZVyQT_story.html.

Ungureanu, D., et al. (2020). 'HoloLens 2 Research Mode as a Tool for Computer Vision Research' (postprint). <https://arxiv.org/abs/2008.11239>.

Uricchio, W. (2019). 'Augmenting Reality: The Markers, Memories, and Meanings Behind Today's AR.' *Leonardo Electronic Almanac* 22, nr. 4.

<https://www.leoalmanac.org/augmenting-reality-the-markers-memories-and-meanings-behind-todays-ar-william-uricchio/>.

Ventura, S., R. M. Baños, C. Botella & N. Mohamudally (2018). 'Virtual and augmented reality: New frontiers for clinical psychology'. In: M. Mohamudally (red.). *State of the Art Virtual Reality and Augmented Reality Knowhow*. Z.p.: IntechOpen, pp. 99-118. DOI: 10.5772/intechopen.74344.

Voorst, S. van (2016). 'Gemeenteraad Antwerpen komt met politiereglement over Pokémon Go in Lillo'. Website *Tweakers*, 27 september.
<https://tweakers.net/nieuws/116123/gemeenteraad-antwerpen-komt-met-politiereglement-over-pokemon-go-in-lillo.html>.

VRARA (2019). *VR/AR Ecosystems Report: The Netherlands*. Z.p.: VR/AR Association.

VROM-raad (2009). *Publieke ruimte: Naar een nieuwe balans tussen beeld, belang en beheer*. Den Haag: VROM-raad.

Weiser, M. (1991). 'The Computer for the 21st Century'. In: *Scientific American*, pp. 94-104.

Williams, J.E. & I. Roebuck & C. F. Ross (2002). 'Anti-phase noise reduction'. *Physics in Technology* 16, nr. 1. DOI: 10.1088/0305-4624/16/1/I01.

Wing, M. G., A. Eklund & L. D. Kellogg (2005). 'Consumer-grade global positioning system (GPS) accuracy and reliability'. *Journal of forestry* 103, nr. 4, pp. 169-173. DOI: 10.1093/jof/103.4.169.

Wolf, M., J., F. Grodzinsky & K. Miller (2015). 'Augmented Reality All Around Us: Power and Perception at a Crossroads'. In: *SIGCAS Computers & Society* 45, nr. 3, pp. 126-131.

Wrye, S. (2004). 'Neuroethical considerations: Cognitive liberty and converging technologies for improving human cognition'. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1013, nr. 1, pp. 212-228. DOI: 10.1196/annals.1305.014.

Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism: The fight for the future at the the new frontier of power*. London: Profile Books.

Bijlage: Bronnen literatuurstudie ethische en maatschappelijke kwesties

Acquisti, A., R. Gross & F. D. Stutzman (2014). 'Face recognition and privacy in the age of augmented reality'. *Journal of Privacy and Confidentiality* 6, nr. 2, pp. 1-20. DOI: 10.29012/jpc.v6i2.638.

Annetta, L., E. P. Burton, W. Frazier, R. Cheng & M. Chmiel (2012). 'Augmented reality games: Using technology on a budget.' *Science Scope* 36, nr. 3, pp. 54-60.
<https://www.nsta.org/resources/augmented-reality-games-using-technology-budget>.

Azuma, R. T. (1997). 'A survey of augmented reality'. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 6, nr. 4, pp. 355-385.
<https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/pres.1997.6.4.355>.

Brinkman, B. (2012). 'Willing to be fooled: Security and autoamputation in augmented reality'. In: *Proceedings of the IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality-Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH)*, pp. 89-90.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/6483995>.

Brinkman, B. (2014). 'Ethics and Pervasive Augmented Reality: Some Challenges and Approaches.' In: K. D. Pimple (red.). *Emerging Pervasive Information and Communication Technologies (PICT): Ethical Challenges, Opportunities and Safeguards*, pp. 149-175. DOI: 10.1007/978-94-007-6833-8_8.

Connors, C., S. P. Theonnes & S. Pase (2013). 'Privacy and Security in an Augmented World'. In: *Proceedings of the National Social Science 53 (San Francisco Summer Seminar)*, pp. 15-22. https://nssa.us/journals/pdf/NSS_Proceedings_2013_SF.pdf.

Conroy, D. T. (2017). 'Property Rights in Augmented Reality'. *Michigan Telecommunications & Technology Law Review* 24, nr 1, pp. 17-43.
<https://repository.law.umich.edu/mttlr/vol24/iss1/2>.

Corrêa, A. G. D., I. K. Ficheman, M. do Nascimento & R. de Deus Lopes (2009). 'Computer assisted music therapy: A case study of an augmented reality musical system for children with cerebral palsy rehabilitation.' In: *Proceedings of the Ninth IEEE International*

Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 218-220. DOI: 10.1109/ICALT.2009.111.

Curran, K., D. McFadden & R. Devlin (2011). 'The role of augmented reality within ambient intelligence.' *International Journal of Ambient Computing and Intelligence (IJACI)* 3, nr. 2, pp. 16-34. DOI: 10.4018/jaci.2011040102.

Daniels, D. B. (2014). 'Cybersecurity Implications in Mobile Device Augmented Reality Applications'. In: *GSTF Journal on Computing* 4, nr. 1. pp. 74-76.
<http://dl6.globalstf.org/index.php/joc/article/view/1050>.

Denning, T., Z. Dehlawi & T. Kohno (2014). 'In situ with bystanders of augmented reality glasses: Perspectives on recording and privacy-mediating technologies.' In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2377-2386. DOI: 10.1145/2556288.2557352.

Dixon, B. J., et al. (2013). 'Surgeons blinded by enhanced navigation: the effect of augmented reality on attention.' In: *Surgical Endoscopy* 27, nr. 2, pp. 454-461. DOI: 10.1007/s00464-012-2457-3.

Firmino, R. & F. Duarte (2010). 'Manifestations and implications of an augmented urban life.' *The International Review of Information Ethics* 12, pp. 28-35.
<http://informationethics.ca/index.php/irrie/article/view/266>.

FitzGerald, E., A. Adams, R. Ferguson, M. Gaved, Y. Mor & R. Thomas (2013). 'Augmented reality and mobile learning: the state of the art'. *International Journal of Mobile and Blended Learning (IJMBL)* 5, nr. 4, pp. 43-58. DOI: 10.4018/ijmb.2013100103.

Geser, H. (2010). 'Augmenting things, establishments and human beings: "Blended Reality" in a psycho-sociological perspective'. In: *Sociology in Switzerland: Towards Cybersociety and Vireal Social Relations* 24 (conferentiebundel). DOI: 10.5167/uzh-48507.

Harg, B. (2014). *Augmented postphenomenology: a (post) phenomenological and ethical exploration of Google Glass*. Masterscriptie, Universiteit Twente.

Janssen, R. (2011). *Augmented Reality: The Ethical Importance of a Shared Context*. Masterscriptie, Universiteit Utrecht.

Khor, W. S., B. Baker, K. Amin, A. Chan, K. Patel & J. Wong (2016). 'Augmented and virtual reality in surgery – the digital surgical environment: applications, limitations and legal pitfalls'. In: *Annals of Translational Medicine* 4, nr. 23. DOI: 10.21037/atm.2016.12.23.

- Knorlein, B., M. Di Luca & M. Harders (2009). 'Influence of visual and haptic delays on stiffness perception in augmented reality'. In: *Proceedings of the 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 49-52. DOI: 10.1109/ISMAR.2009.5336501.
- Kotsios, A. (2015). 'Privacy in an augmented reality'. *International Journal of Law and Information Technology* 23, nr. 2, pp. 157-185. DOI: 10.1093/ijlit/eav003.
- Lavric, G. (2013). 'Virtual worlds, taking over reality?'. In: *Proceedings of the Interactive Multimedia Conference 2013 Proceedings*.
- Lee, H., N. Chung & T. Jung (2015). 'Examining the cultural differences in acceptance of mobile augmented reality: Comparison of South Korea and Ireland'. In: *Information and communication technologies in tourism* (conferentiebundel), pp. 477-491. DOI: 10.1007/978-3-319-14343-9_35.
- Lemley, M.A. & E. Volokh (2018). 'Law, virtual reality, and augmented reality'. *University of Pennsylvania Law Review* 166, nr. 5, pp. 1051-1138. DOI: 10.2139/ssrn.2933867.
- Liarokapis, F. & E. F. Anderson (2010). 'Using augmented reality as a medium to assist teaching in higher education'. In: *Proceedings of the Eurographics Conference 2010*. DOI: 10.2312/eged.20101010.
- Liu, R., J. P. Salisbury, A. Vahabzadeh & N. T. Sahin (2017). 'Feasibility of an autism-focused augmented reality smartglasses system for social communication and behavioral coaching'. In: *Frontiers in pediatrics* 5, nr. 145. DOI: 10.3389/fped.2017.00145.
- Meža, S., Ž. Turk & M. Dolenc (2015). 'Measuring the potential of augmented reality in civil engineering'. In: *Advances in engineering software* 90, nr. C, pp. 1-10. DOI: 10.1016/j.advengsoft.2015.06.005.
- Ochoa, T. T. & J. Banks (2018). 'Licensing & Law Who Owns an Avatar?' In: J. Banks (red.). *Avatar, Assembled: The Social and Technical Anatomy of Digital Bodies*. New York: Peter Lang, pp. 291-298.
- Palka, P. (2017). *Virtual property: towards a general theory*. Florence: European University Institute. DOI: 10.2870/700083.
- Pase, S. (2012). 'Ethical considerations in augmented reality applications'. In: *Proceedings of the International Conference on e-Learning, e-Business, Enterprise Information Systems, and e-Government (EEE) 2012*. <http://worldcomp-proceedings.com/proc/p2012/EEE6059.pdf>.

- Pavlik, J. V. & F. Bridges (2013). 'The emergence of augmented reality (AR) as a storytelling medium in journalism'. *Journalism & Communication Monographs* 15, nr. 1, pp. 4-59. DOI: 10.1177/1522637912470819.
- Ricci, A., M. Piunti, L. Tummolini & C. Castelfranchi (2015). 'The mirror world: Preparing for mixed-reality living'. In: *IEEE Pervasive Computing* 14, nr. 2, pp. 60-63. DOI: 10.1109/MPRV.2015.44.
- Rousi, R. (2015). 'It's a bit of a Roger Rabbit kind of thing – the coming reality of augmented reality' (preprint). DOI: 10.13140/RG.2.1.5131.8243.
- Ryokai, K. & A. Agogino (2013). 'Off the paved paths: Exploring nature with a mobile augmented reality learning tool'. *International Journal of Mobile Human Computer Interaction (IJMHCI)* 5, nr. 2, pp. 21-49.
- Sandor, C. et al. (2015). 'Breaking the barriers to true augmented augmented reality' (postprint). <https://arxiv.org/abs/1512.05471>.
- Schakel, J. K., R. Rienks & R. Ruissen (2013). 'Knowledge-Based Policing: Augmenting Reality with Respect for Privacy'. In: B. Custers, T. Calders, B. Schermer & T. Zarsky (red.). *Discrimination and Privacy in the Information Society*. Heidelberg: Springer, pp. 171-189. DOI: 10.1007/978-3-642-30487-3_9.
- Sicart, M. (2017). 'Reality has always been augmented: Play and the promises of Pokémon GO'. *Mobile Media & Communication* 5, nr. 1, pp. 30-33. DOI: 10.1177/2050157916677863.
- Terry, N., C. Priest & P. Szotek (2015). 'Google Glass and health care: Initial legal and ethical questions'. *Journal of Health & Life Science Law* 8, nr. 2, pp 95-108.
- Thiel, C. & Thiel, C. (2014). 'Enforcing data privacy in the age of Google glass'. In: *ISSE 2014 securing electronic business processes*, pp. 220-229. DOI: 10.1007/978-3-658-06708-3_18.
- Wang, J. (2010). 'A first experiment in misplaced trust in augmented reality'. Masterscriptie, University of Ohio.
- Weber, K. (2012). 'Surveillance, sousveillance, equivoillance: Google glasses'. *SSRN Electronic Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.2095355.

Wolf, M. J., F. Grodzinsky & K. Miller (2016). 'Augmented reality all around us: Power and perception at a crossroads'. *ACM SIGCAS Computers and Society* 45, nr. 3, pp. 126-131. DOI: 10.1007/s10676-018-9484-2.

© Rathenau Instituut 2020

Verveelvoudigen en/of openbaarmaking van (delen van) dit werk voor creatieve, persoonlijke of educatieve doeleinden is toegestaan, mits kopieën niet gemaakt of gebruikt worden voor commerciële doeleinden en onder voorwaarde dat de kopieën de volledige bovenstaande referentie bevatten. In alle andere gevallen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming.

Open Access

Het Rathenau Instituut heeft een Open Access beleid. Rapporten, achtergrondstudies, wetenschappelijke artikelen, software worden vrij beschikbaar gepubliceerd. Onderzoeksgegevens komen beschikbaar met inachtneming van wettelijke bepalingen en ethische normen voor onderzoek over rechten van derden, privacy, en auteursrecht.

Contactgegevens

Anna van Saksenlaan 51
Postbus 95366
2509 CJ Den Haag
070-342 15 42
info@rathenau.nl
www.rathenau.nl

Bestuur van het Rathenau Instituut

Mw. Gerdi Verbeet
Prof. dr. Noelle Aarts
Drs. Felix Cohen
Dr. Hans Dröge
Dr. Laurence Guérin
Dr. Janneke Hoekstra, MSc
Prof. mr. dr. Erwin Muller
Drs. Rajash Rawal
Prof. dr. ir. Peter-Paul Verbeek
Dr. ir. Melanie Peters - secretaris

Het Rathenau Instituut stimuleert de publieke en politieke meningsvorming over de maatschappelijke aspecten van wetenschap en technologie. We doen onderzoek en organiseren het debat over wetenschap, innovatie en nieuwe technologieën.

Rathenau Instituut