

Immersive technologies

Auteurs

Mark Cole (SURF), Rufus Baas (Media College Amsterdam), Funda Yildirim (Universiteit Twente), Nick van Breda (Avans Hogeschool), Silvia Rossi (CWI), Hızirwan Salim (SURF), Paul Melis (SURF)

1. AR en slimme brillen worden steeds prominenter
2. Democratisering van het creëren van XR-content met behulp van generatieve AI
3. Verbetering van de gebruikerservaring via AI
4. Groeiende concurrentie van grote techbedrijven voor de XR-stack
5. Publieke investeringen in XR blijven toenemen



Inleiding

Immersive technologies creëren gesimuleerde ervaringen voor gebruikers waarbij de grens tussen de virtuele en fysieke wereld vervaagt. Voorbeelden van deze technologieën zijn virtual reality (VR), augmented reality (AR) en mixed reality (MR). Het omvat ook concepten zoals 360-gradenvideo, ruimtelijke audio en interfaces die haptische (op aanraking gebaseerde) feedback geven. Extended reality (XR) is voornamelijk een overkoepelende term voor VR, AR en MR, en in dit hoofdstuk worden de termen immersive technologies en extended reality door elkaar gebruikt.

Immersive technologies hebben het afgelopen decennium een grote ontwikkeling doormaakt dankzij vooruitgang op het gebied van computertechnologie en AI. Deze ontwikkeling heeft geleid tot functionaliteiten die vanuit gebruikersperspectief volwassenere vormen hebben gekregen (zoals een grotere gebruiks-

vriendelijkheid en een betere gebruikerservaring), en best practices zijn overgegaan naar toepassingen in de praktijk (zie ook SURF Tech Trends 2023 en XR Trends Update 2024). Organisaties in verschillende maatschappelijke domeinen en sectoren erkennen waar immersieve ervaringen (IX) waarde kunnen toevoegen. Momenteel ligt de focus op technologieën die zijn afgestemd op praktische uitdagingen in de praktijk en op het trainen van individuen voor scenario's uit het echte leven.

De technologische focus met betrekking tot de ontwikkeling van immersive technologies en hun XR-toepassingen verschuift. Tot voor kort lag de nadruk op hardware-innovaties die leidden tot incrementele verbeteringen op het gebied van ergonomie, styling/elegantie, miniaturisatie en weergavekwaliteit van VR/AR-headsets en slimme brillen. Verbeteringen op het gebied van comfort en uiterlijk zijn

een doorslaggevende factor geworden voor gebruikers om deze headsets en brillen (mogelijk) aan te schaffen, gevolgd door betaalbaarheid, functionaliteit en inhoud.

Momenteel ligt de focus van de technologieën op praktische uitdagingen in de echte wereld en op het opleiden van mensen voor realistische situaties. Deze fungeren als servicelagen voor instructeurs en operationeel personeel om zonder gespecialiseerde ondersteuning content te creëren of aan te passen, en kunnen ook gebruiksvriendelijke platforms ('low coding') omvatten om immersieve toepassingen te creëren. Verwacht wordt dat generatieve AI (GenAI), virtuele assistenten en andere op AI gebaseerde tools de functionaliteiten en contentmogelijkheden van immersieve toepassingen in de komende periode verder zullen verbeteren.

Het belangrijkste obstakel voor de algemene acceptatie van immersive technologies is niet de technologische capaciteit van XR-systemen, maar eerder het veranderingsmanagement binnen organisaties: professionals zoals leraren, onderzoekers, ingenieurs, service-technici, politieagenten of militairen helpen om XR te omarmen als een alledaags hulpmiddel in plaats van een curiositeit voor in het laboratorium of gaminghardware.

Bijdragers

Pablo Cesar (CWI), **Remco de Jong** (UnboundXR), **Michael Barngrover** (XR 4 Europe), **Keith Mellingen** (VRINN), **Julie Smithson** (METAVRSE & XR Women), **Bob Fine** (IVRHA), **Omar Niamut** (TNO), **Guo Fremon** (Clemson University), **Michel Caspers** (Simulatie Centrum Maritiem)

TREND #1

AR en slimme brillen worden steeds prominenter

Publieke waarden

	Autonomie	Privacy
	Rechtvaardigheid	Inclusie Gelijkwaardigheid Transparantie
	Menselijkheid	Veiligheid Betekenisvol contact Welzijn

Volwassenheid

WATCH

PLAN

ACT

Drivers

Individualisering en empowerment; Automatisering en AI; Technologische vooruitgang en computation; Connectiviteit en interactie; Concentratie van rijkdom en economische ongelijkheid

AR en slimme brillen hebben de afgelopen jaren te maken gehad met acceptatiebarrières vanwege hun logge ontwerpen. Nu zijn ze lichter, comfortabeler en lijken ze op conventionele brillen. Er is een breder assortiment producten op de markt gekomen, gericht op nichemarkten en algemene markten. Grote bedrijven zoals Apple, Meta en Google kondigen aan dat ze binnenkort nieuwe producten zullen lanceren, wat erop wijst dat slimme brillen mainstream zullen worden en op grotere schaal zullen worden gebruikt. Er wordt echter niet verwacht dat slimme brillen hun volledige potentieel zullen waarmaken en over de komende 15 jaar mainstream zullen worden. Tot dan zullen AR en slimme brillen naar verwachting vooral worden ontwikkeld voor specifieke toepassingen.

Tot op heden zijn er verschillende AR-apparaten en slimme brillen op de markt gebracht. Sommige brillen bevinden zich nog in de bèta-testfase, terwijl andere op een gecontroleerde manier en in beperkte

mate worden gelanceerd, bijvoorbeeld per land. Er blijven echter belangrijke vragen bestaan over de functionele toegevoegde waarde, het uiterlijk, de bruikbaarheid en de ethische aspecten.



SIGNALEN

Verkoop

Meta Ray-Ban-brillen verkopen goed (al 2 miljoen, en de productie zal enorm toenemen tot 10 miljoen per jaar) (uploadvr.com) [↗](#)

Belofte van grote technologiebedrijven

Google pronkt met zijn AR-bril op TED en noemt deze 'de volgende computer' (youtube.com) [↗](#)

Apple werkt aan slimme brillen om Ray-Ban Meta te verslaan, aldus een nieuw rapport (forbes.com) [↗](#)

Acceptatieperspectieven

Perspectieven op de acceptatie en sociale implicaties van smart glasses (ris.utwente.nl) [↗](#)

Nieuwe productlanceringen

HTC Vive Eagle (vive.com) [↗](#)

Meta's volgende generatie slimme bril (winterlab.com) [↗](#)

Productrecensies en sneak peek-demo's (wired.com) [↗](#)

Amazon ontwikkelt AR-bril voor consumenten om te concurreren met Meta (reuters.com) [↗](#)

“AR-brillen maken naadloze assisted reality mogelijk, waardoor onderzoekers buiten een laboratorium gemakkelijk fysieke laboratoriumtaken kunnen bekijken en er in realtime aan kunnen samenwerken.”

- Remco de Jong, CEO UnboundXR

IMPACT



Onderwijs

- Een snellere overdracht van vaardigheden is te verwachten in praktijklabs, gebaseerd op bijvoorbeeld augmented instructies.
- De augmented reality-functionaliteit van de bril helpt bij het gemakkelijker vinden van de weg en het verstrekken van studenteninformatie op de campus.
- Eenvoudigere live ondertiteling van onderwijs- en opleidingsactiviteiten voor studenten en docenten met een visuele beperking of taalbarrières.
- Aandacht voor het gebruik van AR-brillen in klaslokalen, examenruimtes en gemeenschappelijke ruimtes, inclusief de verwerking van biometrische gegevens, kan een herziening van het beleid noodzakelijk maken.



Onderzoek

- Apparaten ondersteunen door middel van augmented reality en vormen van gebruikersinteractie, verbeterde samenwerking op afstand met collega-onderzoekers, zoals leden van een labteam.
- Gemakkelijkere toegankelijkheid van vastgelegde (live) gegevens via slimme brillen.
- Interactie met onderzoeksinformatie en communicatie met betrekking tot open science.



Operations

- Slimme brillen in combinatie met augmented reality en digitale overlays ondersteunen de installatie, bediening en het onderhoud van apparatuur.
- De augmented reality-functionaliteit van de bril helpt bezoekers om gemakkelijker hun weg te vinden op de campus.

TREND #2

Democratisering van het creëren van XR-content met behulp van generatieve AI

Publieke waarden

	Autonomie	Onafhankelijkheid Keuzevrijheid
	Rechtvaardigheid	Inclusie Transparantie
	Menselijkheid	Persoonlijke ontwikkeling

Volwassenheid

WATCH

PLAN

ACT

Bestuurders

Individualisering en empowerment; Belang van kennis en vaardigheden; Automatisering en AI; Energievoorziening en -vraag

Onlangs zijn GenAI en andere op AI gebaseerde tools op de markt gekomen om de creatie van XR-content, voornamelijk VR, te ondersteunen. Deze ontwikkeling geeft een nieuwe vorm aan en democratiseert de creatie van content, door de technische barrières en kosten te verlagen en een snellere ontwikkeling en implementatie mogelijk te maken.

De tools stellen actoren, zoals onafhankelijke makers, bedrijven, docenten en onderzoekers, in staat om ideeën te prototypen en 3D-geconstrueerde objecten en virtuele werelden sneller, efficiënter en op grotere schaal te produceren, zonder dat ze over uitgebreide technische vaardigheden hoeven te beschikken.

Met andere woorden, AI maakt low-code tot no-code XR-creaties mogelijk voor iedereen in de gemeenschap. De acceptatie verloopt geleidelijk en is afhankelijk van het gebruik. Er doen zich uitdagingen voor op het gebied



van auteursrecht, eigendom van content, ontwikkeling van vaardigheden op het gebied van creatief ontwerp en contentcreatie, en buitensporig energieverbruik.

SIGNALEN

Platformintegratie

Grote XR-platforms integreren generatieve AI rechtstreeks in hun tools, waardoor de toegangsdrempels worden verlaagd:

Adobe Project Scenic bouwt en bewerkt volledige 3D-scènes op basis van eenvoudige aanwijzingen en integreert deze naadloos in creatieve workflows (theverge.com) [↗](#)

Unity 6 bevat generatieve AI-functies voor slimme NPC's, realtime spraaksynthese en het genereren van objecten (non-person characters; computerpersonages) (unity.com) [↗](#)

Meta Horizon Worlds maakt het nu mogelijk om volledige VR-omgevingen te genereren via AI-prompts, waardoor de drempel voor het bouwen van sociale XR-werelden wordt verlaagd (developers.meta.com) [↗](#)

Snellere creatie van 3D-objecten met AI

Generatieve AI-tools verminderen de tijd en moeite die nodig is voor het maken van 3D-objecten aanzienlijk:

AI-modelleringshulpmiddelen kunnen de tijd die nodig is voor het maken van 3D-objecten met wel 70% verminderen voor complexe scènes (alpha3d.io) [↗](#)

Meta 3D AssetGen genereert in minder dan 30 seconden hoogwaardige meshes met realistische texturen en materialen (assetgen.github.io) [↗](#)

“In het verleden konden gebruikers zonder technische vaardigheden zelf geen 3D-creaties maken. Nu hebben ze plotseling eenvoudig te gebruiken AI-gebaseerde tools die hen helpen om iets te doen zonder enige ervaring met 3D-modellering.” - Keith Mellingen, VRINN

IMPACT



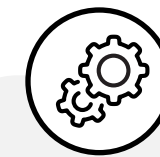
Onderwijs

- De convergentietrend tussen AI en XR maakt het mogelijk om sneller op maat gemaakte XR-leeromgevingen te creëren zodra XR-platforms en -toepassingen voor het onderwijs voldoen aan de eisen op het gebied van visuele nauwkeurigheid.
- Ondanks de low-code en no-code hebben docenten mogelijk nog steeds hulp en ondersteuning nodig van experts en ervaren professionals om studenten te begeleiden.



Onderzoek

De democratisering van AI-gebaseerde XR-content kan bijdragen aan snelle prototyping van experimentele XR-opstellingen en toegang tot grafische en 3D-gemodelleerde objecten voor onderzoek.



Operations

- Lagere productiekosten voor simulaties vereisen een hoge mate van functionele validatie (bijvoorbeeld veiligheidskritische simulaties).
- Er ontstaan platforms die het creëren en implementeren van XR vergemakkelijken.



TREND #3

Verbetering van de gebruikerservaring via AI

Publieke waarden

 Autonomie Keuzevrijheid | Diversiteit

 Rechtvaardigheid Inclusie

 Menselijkheid Veiligheid | Welzijn |
Persoonlijke ontwikkeling

Volwassenheid

WATCH

PLAN

ACT

Drivers

Individualisering en empowerment; Dynamiek binnen gemeenschappen en maatschappelijke samenhang; Automatisering en AI; Connectiviteit en interactie

AI verbetert de gebruikerservaring in realtime door het realisme, de context-bewuste interactiviteit en de personalisatie te vergroten. Voorspellende modellen, sensorische input (oogvolging, spraakherkenning) en continue gegevensanalyse stellen XR-systemen in staat om de blik, gebaren, emoties en ruimtelijke omgeving van mensen in realtime te interpreteren. Tegelijkertijd past dit de immersieve ervaring automatisch aan de gebruiker aan, zonder dat daar een handeling voor nodig is.

Virtuele assistenten verbeteren de betrokkenheid, terwijl andere op AI gebaseerde engines de grafische prestaties optimaliseren en zorgen voor dynamische content en visuele nauwkeurigheid. Opkomende technologieën zoals brain-computer interfaces (BCI's) en neurotechnologie kunnen de fysieke inspanningen bij het gebruik van XR minimaliseren. Deze convergentie van AI en XR zal leiden tot AI-verbeterde XR die anticipeert op de behoeften en het gedrag van gebruikers.



SIGNALEN

Altijd beschikbare, adaptieve AI-agenten

Het (Ai)Daptive XR-platform stelt studenten en docenten in staat om volledig immersieve ervaringen te beleven (qualcomm.com) [↗](#)

Convergentie van digitale identiteit

Immersieve technologie, blockchain en AI komen samen (weforum.org) [↗](#)

AI als verhalenverteller en gids in keuzes

Verbetering van de gebruikerservaring in VR-omgevingen door middel van AI-gestuurd adaptief UI-ontwerp (researchgate.net) [↗](#)

Naadloze multimodale ervaring

Gebruikersvolgsysteem en haptische feedback zorgen voor een realistischere XR-interactie (xrtoday.com) [↗](#)

Opkomende hersen-computerinterfaces maken handsfree bediening mogelijk door neurale signalen rechtstreeks om te zetten in commando's (medium.com) [↗](#)

Meta-review over Brain-Computer Interface (BCI) in de metaverse (doi.org) [↗](#)

Gameplay met nog minder vertraging dankzij frame warp (nvidia.com) [↗](#)

Meta Quest 4 en Quest 4S (androidcentral.com) [↗](#)

Genie 3: Dynamische werelden creëren waarin je in realtime kunt navigeren.

(youtube.com) [↗](#)

“Stemherkenning, eye tracking – het gaat erom de interactie-inspanning te verminderen voor een betere gebruikerservaring. Uiteindelijk zouden we met brain-computer interfaces allemaal XR-ontwikkelaars kunnen worden!”

- Omar Niamut, TNO

IMPACT



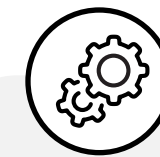
Onderwijs

- Interactieve AI-tutores kunnen de werkdruk van docenten verminderen en grotere groepen studenten bereiken.
- AI-gestuurde interactiviteit (waaronder bijvoorbeeld gamificatie) kan de betrokkenheid van studenten op lange termijn vergroten, vooral bij jongere leerlingen.
- Gesprekgestuurde AI-agents en gepersonaliseerde feedbacksystemen helpen studenten bij hun studie, ook wanneer docenten niet beschikbaar zijn.



Onderzoek

- Contextbewuste virtuele assistenten versnellen het beoordelen van wetenschappelijke literatuur en het configureren van experimenten.
- Onderzoekers kunnen profiteren van intelligente systemen met AI-XR-functionaliteiten die experimentele trajecten aanpassen, real-time suggesties doen en betrokkenheidsmetingen bijhouden van cognitieve en emotionele reacties.



Operations

AI-chatbots worden al gebruikt om routinematige vragen van werknemers/professionals te beantwoorden (bijvoorbeeld vragen over IT of human resources), waardoor medewerkers tijd krijgen voor complexere zaken. Dit zou kunnen uitgroeien tot 3D-assistenten in virtuele of augmented werkomgevingen.



TREND #4

Groeiende concurrentie van grote techbedrijven voor de XR-stack

Publieke waarden

	Autonomie	Keuzevrijheid Onafhankelijkheid Diversiteit
	Rechtvaardigheid	Gelijkwaardigheid Inclusie
	Menselijkheid	Welzijn Sociale samenhang

Volwassenheid

WATCH

PLAN

ACT

Drivers

Globalisering; Concentratie van rijkdom en economische ongelijkheid; Ideologische polarisatie

De XR-stack is de verzameling technologieën, componenten, platforms en applicaties die nodig is om XR/immersieve ervaringen te bieden. Een belangrijke ontwikkeling is de concurrentie tussen grote technologiebedrijven (Apple, Meta, Microsoft en Google) – een patroon dat zich steeds herhaalt – om complete en toonaangevende XR-stacks met bijbehorende ecosystemen te creëren.

Controle over hardware voor VR-/AR-headsets, besturingssystemen, (AI-gebaseerde) XR-engines, middleware en de acceptatie van virtuele assistenten is essentieel om een concurrentievoordeel te behalen op de XR-markt.

Grote technologiebedrijven boeken aanzienlijke vooruitgang op het gebied van hun controle over de XR-stack, terwijl ze hun portfolio's van technologieën, producten, diensten en partnerschappen onder de loep nemen. Daarentegen nemen dezelfde grote technologiebedrijven ook deel aan standaardisatieorganisaties en open XR-initiatieven.



SIGNALEN

Meta opent haar Horizon OS voor andere fabrikanten, en AndroidXR is aangekondigd in samenwerking met grote partners.

Maak kennis met ons open mixed reality-ecosysteem (over.fb.com) [↗](#)

Meer informatie over Android XR (android.com) [↗](#)

Strategische overnames

Eerst smartphones, nu neemt Google nog een divisie van HTC over en verkrijgt het ook een niet-exclusieve licentie voor het gebruik van HTC's XR-intellectuele eigendom. (androidauthority.com) [↗](#)

De meeste fabrikanten hebben aangekondigd om het besturingssysteem en platform van Meta of Google te gebruiken.

AndroidXR - Samsung, Lynx, Qualcomm, Xreal, Sony: Android XR: een nieuw platform ontwikkeld voor headsets en brillen (blog.google) [↗](#)

Meta Horizon OS - Microsoft, Lenovo, Asus Android XR: een nieuw platform ontwikkeld voor headsets en brillen (blog.google) [↗](#)

Google demonstreert Android XR-bril op Google I/O 2025 met Gemini-integratie (youtube.com) [↗](#)

“De meest vooruitstrevende makers maken snel gebruik van AI-tools. Ze zijn niet bang, maar gebruiken ze om de grenzen van wat mogelijk is op het gebied van immersieve creaties te verleggen.”

- Julie Smithson, METAVRSE & XR Women

IMPACT



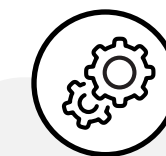
Onderwijs

De concurrentie tussen XR-platforms zal van invloed zijn op de mate van privacy en gegevenscontrole binnen XR-platforms en -toepassingen voor educatieve doeleinden. Platform-lock-in bepaalt de portabiliteit en interoperabiliteit van (kostbare) content op de lange termijn, en daarom is een zorgvuldige aanschaf nodig.



Onderzoek

De toegang tot lagere softwarelagen binnen XR-gerelateerde platforms en applicaties voor bepaalde onderzoeksactiviteiten zal waarschijnlijk worden beperkt binnen gesloten stacksystemen. Dit is met name relevant voor consumentenproducten die tegen consumentenprijzen op de markt verkrijgbaar zijn.



Operations

De strategische keuze voor een XR-ecosysteem zal een aanzienlijke invloed hebben op de afhankelijkheid van leveranciers op gebieden zoals interoperabiliteit, privacy en controle, en doorlopende onderhoudskosten.



TREND #5

Publieke investeringen in XR blijven toenemen

Publieke waarden

	Autonomie	Keuzevrijheid Diversiteit Onafhankelijkheid Privacy
	Rechtvaardigheid	Inclusie Transparantie Gelijkwaardigheid
	Menselijkheid	Veiligheid Welzijn

Volwassenheid

WATCH

PLAN

ACT

Drivers

Belang van kennis en vaardigheden; Wereldhandel en handelsheffingen; Digitale transformatie; Geopolitiek en (digitale) soevereiniteit; Regelgeving en naleving (compliance); Kritieke infrastructuur

Naast de grote investeringen van grote technologiebedrijven en andere bedrijven in (segmenten van) de XR-stack, beginnen ook overheden het potentieel van XR op het gebied van innovatie, productiviteit en economische groei te erkennen.

Daarom nemen de overheidsinvesteringen in XR in verschillende domeinen en sectoren zowel nationaal als internationaal toe, met een verschuiving naar de financiering van meer praktische toepassingen en gebruiksscenario's. Voorbeelden hiervan zijn de gezondheidszorg (chirurgische training en geestelijke gezondheidszorg), defensie (gevechtstraining, dronebeheer en -operaties), stedelijke planning en onderwijsprogramma's (professionals getraind met simulators).

In Nederland wijst de oprichting van grote publiek-private onderzoeks- en innovatieprogramma's op aanzienlijke nationale overheidsinvesteringen, naast verschillende Horizon Europe-subsidierondes die zich richten op virtuele werelden.



SIGNALEN

Horizon Europe-projecten

XR-projecten gefinancierd in het kader van H2020 en Horizon Europe (ec.europa.eu) [↗](#)

Varjo stelt een verschuiving naar praktische toepassingen voor (varjo.com) [↗](#)

“De gezondheidszorg is een groot domein waarin de investeringen naar verwachting zullen toenemen. Er gaat veel financiering naar VR-trainingen en -toepassingen binnen de gezondheidszorg” - Michael Barngrover, XR4Europe

Nationale investeringen in onderwijs en opleiding in Nederland

- npuls.nl [↗](#)
- ciiic.nl [↗](#)
- [nederlandse technologie](https://nederlandse-technologie.nl) [↗](#)
- rif-smart.nl [↗](#)
- oasis.nl [↗](#)

Verdediging

Vijf Amerikaanse marineschepen krijgen AR-technologie voor reparaties op afstand (thedefensepost.com) [↗](#)

Europees Defensiefonds (eufundingoverzicht.be) [↗](#)

IMPACT



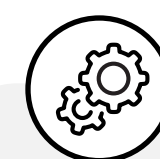
Onderwijs

Stijgende publieke investeringen in XR versnellen de adoptie in het onderwijs, waardoor meer instellingen toegang krijgen tot virtuele omgevingen van hoge kwaliteit, zoals simulators en trainingsapplicaties.



Onderzoek

Publieke financiering gericht op XR zou de prioriteiten kunnen verleggen naar toegepaste onderzoeken die meetbare kwaliteitsverbeteringen valideren bij het gebruik van virtuele omgevingen voor training en simulaties (zoals minder ongevallen en hogere slagingspercentages).



Operations

Beter georganiseerde onderzoeks- en innovatieconsortia die toegang hebben tot specifieke publieke financieringsbronnen voor XR, maken een snellere acceptatie en gedeeld gebruik van XR-infrastructuren mogelijk.



SURF Utrecht

Kantoren Hoog Overborch
Hoog Catharijne
Moreelsepark 48
3511 EP Utrecht
+31 88 787 30 00

SURF Amsterdam

Science Park 140
1098 XG Amsterdam
+31 88 787 30 00

futuring@surf.nl
www.surf.nl