media/rep/

Repositorium für die Medienwissenschaft

zfm

Jens Fehrenbacher; Kathrin Friedrich

Körper / Controller. Konfigurationen von Körper-Plattform-Verhältnissen durch XR-Medien

2026

https://doi.org/10.25969/mediarep/24729

Veröffentlichungsversion / published version
Zeitschriftenartikel / journal article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:
Fehrenbacher, Jens; Friedrich, Kathrin: Körper / Controller. Konfigurationen von Körper-Plattform-Verhältnissen durch XR-Medien. In: *Zeitschrift für Medienwissenschaft*. Interfaces | Plattformen, Jg. 18 (2026), Nr. 1, S. 40–54. DOI: https://doi.org/10.25969/mediarep/24729.

Nutzungsbedingungen:
Dieser Text wird unter einer Creative Commons - Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen 4.0/ Lizenz zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu dieser Lizenz finden Sie hier:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Terms of use:
This document is made available under a creative commons - Attribution - Non Commercial - No Derivatives 4.0/ License. For more information see:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

Philipps Universität Marburg

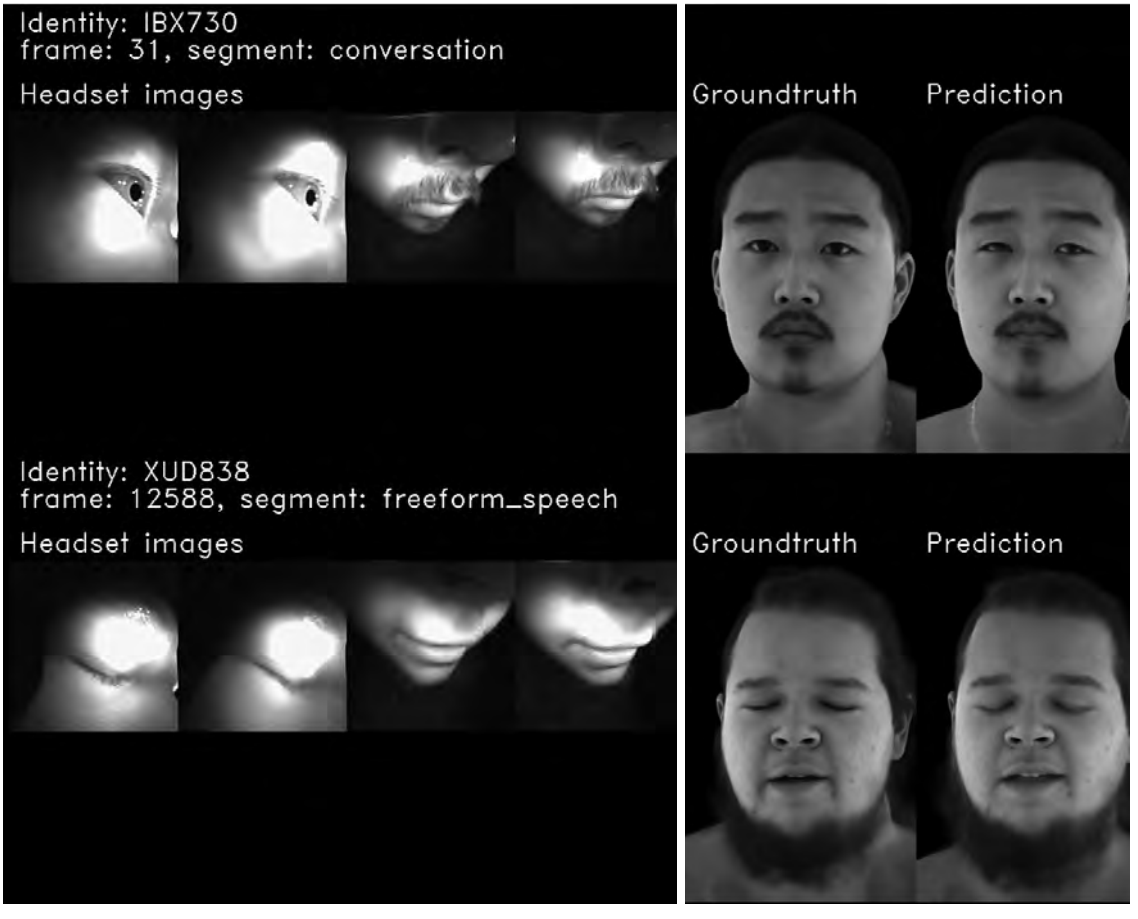

Abb. 1 links Nach innen gerichtete Kameras der Meta Quest Pro zur Erfassung der Augen- und Gesichtsbewegungen
rechts Auf Grundlage von Sensordaten animierte Avatare (entnommen aus Martinez u. a. 2024, zugeschnitten)

Zeitschrift für Medienwissenschaft, Jg. 18, Heft 34 (1/2026), https://doi.org/10.14361/zfmw-2026-180105. Published by transcript Verlag. This work is licensed under the Creative Commons Attribution CC-BY-NC-ND 4.0 DE licence

JENS FEHRENBACHER / KATHRIN FRIEDRICH

KÖRPER/CONTROLLER

Konfigurationen von Körper-Plattform-Verhältnissen durch XR-Medien

> We can measure anything, from your sentiment to your gaze to what you said and how you said it.[1]

Head Mounted Displays (HMDs) wie die Meta Quest Pro erfassen Blickrichtung, Mimik, Kopf-, Hand- und Körperbewegung als Teil des Interfacings. Durch ein solches Tracking bieten XR[2]-Anwendungen verkörperte und räumliche Nutzungsweisen: Virtuelle Objekte passen sich perspektivisch den Bewegungen der Nutzenden an, schwebende Menüs können mit einem Fingertippen oder auch durch bloßes Anblicken angewählt werden. Ermöglicht wird dies durch unterschiedlichste Sensoriken – von Neigungs- und Beschleunigungssensoren bis hin zu nach innen gerichteten Kameras, mithilfe derer Avatare mit der Mimik der Nutzenden synchronisiert werden (Abb. 1).

Statt vermittelnder Geräte, so lautet der trügerische Anspruch des Natural User Interface, sollen alltägliche Gesten eine intuitive Bedienung ermöglichen.[3] Natürlichkeit und Kontrolle werden dabei gleichermaßen suggeriert. Wenn der Körper jedoch selbst zum Controller wird, so die These dieses Beitrags, wird notwendigerweise im Gegenzug Kontrolle über den Körper ausgeübt, der umfassend datafiziert wird und sich an Sensoriken, softwareseitige Setzungen und auch Plattform-Logiken anpassen muss. Kontrollieren und Kontrolliert-Werden sind zwangsläufig verschränkt. Denn letztlich gelangen mit solchen vernetzten Devices auch die jeweiligen Plattform-Infrastrukturen großer Tech-Unternehmen in direkte, gewissermaßen ‹hautnahe› Wechselwirkung mit den Körpern der Nutzenden. Wie sich im Folgenden zeigt, lassen sich bei den involvierten Plattformen überschneidende und divergierende Körper-Politiken nachzeichnen, die jeweils Vorstellungen von Körperlichkeit forcieren und sowohl auf die Funktionalisierung des Körpers als auch die Monetarisierung von Körperdaten ausgerichtet sind. Mit Lucy Suchman kann von einer soziotechnischen Konfiguration von Körperlichkeit gesprochen werden, um den relationalen und

1 Dean Takahashi: How VR Can Help Enterprises with Training, Beyond Firing Barry [Interview], *VentureBeat*, 29.9.2019, *venturebeat.com/ai/how-vr-can-help-enterprises-with-training-beyond-firing-barry* (30.9.2025).

2 Die Abkürzung XR leitet sich von Extended Reality als Oberbegriff für Augmented Reality und Virtual Reality ab, wird aber auch als *crossed reality* umschrieben, um die problematische Implikation einer unerweiterten, eindeutigen und stabilen Realität, die technologisch aufgewertet wird, zu konterkarieren. Um diese Uneindeutigkeit bewusst aufrechtzuerhalten, sprechen wir an dieser Stelle weiterhin von XR in der Kurzform. Vgl. Nanna Verhoeff, Paulien Dresscher: XR. Crossing and Interfering Artistic Media Spaces, in: Larissa Hjorth, Adriana De Souza e Silva, Klare Lanson (Hg.): *The Routledge Companion to Mobile Media Art*, New York, London 2020, 482–492.

3 Vgl. G. W. Matthias Rauterberg: From Gesture to Action: Natural User Interfaces, in: L. A. A. M. Coolen, Matthias Rauterberg (Hg.): *Mens-Machine Interactie*, Eindhoven 1999, 15–27; Timo Kaerlein: Die Welt als Interface. Über gestenbasierte Interaktionen mit vernetzten Objekten, in: Florian Sprenger, Christoph Engemann (Hg.): *Internet der Dinge. Über smarte Objekte, intelligente Umgebungen und die technische Durchdringung der Welt*, Bielefeld 2015, 137–160, *doi.org/10.14361/9783839430460-006*.

prozesshaften Charakter dieser Wechselwirkungen zu beschreiben.[4] Diese werden nicht allein durch Technologien determiniert, sie bleiben in fortlaufenden Wechselwirkungen mit den involvierten Körpern und Umgebungen. Daher scheint es produktiv, weniger von *Interfaces* als vermeintlich isolierbaren Artefakten, sondern Daniel Black folgend von Prozessen des *Interfacings* auszugehen, die es zu differenzieren gilt.[5] Das Aufeinandertreffen unterschiedlicher, mehr-als-menschlicher Akteur*innen bleibt stets provisorisch, wobei Körper und technisches Artefakt als sich gegenseitig ko-konstituierend verstanden und nicht als präexistente Entitäten gesetzt werden: In welchen dynamischen und vielschichtigen Verhältnissen stehen Körper und Plattformen zueinander, wenn Körper sowohl als Kontrollinstanz fungieren, indem sie Input generieren, wie auch Kontrollfunktionen des Trackings und der geforderten Anpassung unterliegen?

Das Streben nach einer Naturalisierung des Interfacings, das etwa bereits beim Embodied Computing[6] oder der Gestensteuerung im Smart Home[7] analysiert wurde, erfährt eine besondere Ausprägung im Spektrum von XR-Medien. Darunter fassen wir hier die begrifflich fragwürdigen, aber diskursiv etablierten Kategorien von Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) samt ihrer Zwischenformen. Gerade HMDs mit einer Vielzahl von Kameras und Sensoren nutzen die umfangreiche Datenerfassung für unterschiedliche Zwecke wie Gaming, Social Media, Sport oder Productivity-Anwendungen mit je eigenen Interaktionslogiken. Neben einem Tracking der Umgebung können je nach Gerät unterschiedlichste körperliche Aktivitäten, von Gesten über Kopf- und Augenbewegungen bis hin zur Mimik erfasst werden, wovon bedingt auch die Körperhaltung abgeleitet werden kann. Gleichzeitig ergeben sich grundsätzliche Probleme der Interaktion mit virtuellen Umgebungen und Objekten: Zwar sind mittlerweile hochauflösende audiovisuelle Darstellungen möglich – die Haptik, als zentraler Sinneskanal körperlicher Interaktion, kann allerdings nur technisch aufwendig (und selbst dann lediglich rudimentär) simuliert werden[8] und wird oft gänzlich ausgeblendet.

Nach nun etwa einer Dekade kommerzieller HMDs, in der diese weitestgehend ein Nischenprodukt für Gaming und Fitness darstellten, schickt sich aktuell die Apple Vision Pro an, eingebunden in die Hard- und Software-Angebotspalette von Apple, zu einem umfassenderen Arbeits- und Unterhaltungsgerät zu werden. Zugleich zeigt das noch prototypische Projekt Orion von Meta, wie körpernahe Displays nicht mehr umständlich *head mounted*, sondern wie eine Brille getragen und, verbunden mit einem proprietären Sprachmodell, zu einem beiläufigen Alltagsbegleiter werden können. Mit Aussicht auf diese noch nicht umfassend realisierten, aber potenziell folgenschweren Entwicklungen drängt es sich auf, über Gerät-Körper-Relationen hinaus ebenso die – durch Geräte und Algorithmen vermittelten – Wechselwirkungen von Plattformen und Körpern in den Blick zu nehmen.

Angesichts der diskursiven Dominanz dieser futuristischen Ankündigungen, die von der aktuellen Klobigkeit der Geräte konterkariert werden, plädieren

4 Vgl. Lucy Suchman: *Human-Machine Reconfigurations. Plans and Situated Actions*, Cambridge (UK) 2007, 262.

5 Vgl. Daniel Black: *Digital Interfacing. Action and Perception Through Technology*, London, New York 2019, 5.

6 Vgl. Isabel Pedersen, Andrew Iliadis (Hg.): *Embodied Computing. Wearables, Implantables, Embeddables, Ingestibles*, Cambridge (MA), London 2020.

7 Vgl. Kaerlein: Die Welt als Interface.

8 Sogenannte *haptic suits* und anderes optionales XR-Zubehör, das haptische Eindrücke simulieren soll, stellen Nischenprodukte ohne große Verbreitung dar, deren haptische Impulse laut Parisi nur sehr grob und ungenau sind. Vgl. David Parisi: *Archaeologies of Touch. Interfacing with Haptics from Electricity to Computing*, Minneapolis 2018.

9 Vgl. Kathrin Friedrich, A. S. Aurora Hoel: Operational Analysis: A Method for Observing and Analyzing Digital Media Operations, in: *New Media & Society*, Bd. 25, Nr. 1, 2021, 50–71, doi.org/10.1177/14614448211998645.

10 Zu *imaginaries* als medienanalytischer Kategorie vgl. Simone Natale, Gabriele Balbi: Media and the Imaginary in History: The Role of the Fantastic in Different Stages of Media Change, in: *Media History*, Bd. 20, Nr. 2, 2014, 203–218, doi.org/10.1080/13688804.2014.898904. Zu *imaginaries* von XR vgl. Chloe Preece, Laryssa Whittaker, Stephanie Janes: Choose Your Own Future. The Sociotechnical Imaginaries of Virtual Reality, in: *Journal of Marketing Management*, Bd. 38, Nr. 15/16, 2022, 1777–1795, doi.org/10.1080/0267257X.2022.2112610.

11 Friedrich, Hoel: Operational Analysis, 52, 58.

12 Vgl. Ben Light, Jean Burgess, Stefanie Duguay: The Walkthrough Method. An Approach to the Study of Apps, in: *New Media & Society*, Bd. 20, Nr. 3, 2018, 881–900, doi.org/10.1177/1461444816675438.

wir dabei für eine operationale Perspektive,[9] die sich mehr mit den konkreten, aktuellen Phänomenen und weniger mit den *imaginaries* von XR beschäftigt.[10] Zentral sind bei diesem methodischen Ansatz «empirical encounters» mit kritisch befragten Technologien, um «operative moments» herauszuarbeiten,[11] die Dynamiken der Mensch-Maschine-Koordination veranschaulichen. Anhand von Medienoperationen von XR lässt sich die Konfiguration von Körpern anhand ihrer Anpassungs- und Konditionierungsdynamiken auch in Anbetracht ihrer Imperfektion in den Blick nehmen, um daraus Schlussfolgerungen und Tendenzen hinsichtlich der Körper-Plattform-Beziehungen abzuleiten. In dieser Anwendung bezieht unsere operationale Analyse Elemente des Walkthrough als Methode der App Studies ein, um eine eingehende Beschreibung des Vollzugs von XR-Medien zu adressieren.[12] Indem nicht nur Bedienoberflächen, sondern auch Entwicklungsumgebungen und technische Dokumentationen analysiert werden, soll ein vielschichtiges Bild des Interfacings ermöglicht werden, das Sensoriken und Plattform-Infrastrukturen mit einschließt. Mit diesem Beitrag möchten wir eine Perspektive zur analytischen, theoriegeleiteten Auseinandersetzung mit Plattformen und ihren Interfacing-Prozessen mit den Körpern der Nutzenden vorschlagen. Auf welchen verschränkten Ebenen werden Körper von Plattformen konfiguriert?

Ebenen des Plattform-Interfacings

Die Begriffe der Plattform und des Interfacings werden im Verlauf dieses Beitrags weiter ausdifferenziert, wir möchten jedoch voranstellen, dass wir unter Plattformen sowohl programmierbare Hardware-Systeme wie auch vornehmlich digitale Dienstleistungs-Konglomerate begreifen.[13] Wie im Folgenden deutlich wird, überschneiden sich beide Verständnisse im Kontext von XR-Medien, bei denen Hardware-Systeme wie HMDs häufig eingebunden sind in die vernetzten Angebotspaletten großer Tech-Konzerne, die euphemistisch als ‹Ökosysteme› bezeichnet werden.[14] Um die Beziehungen zwischen technischen Instanzen wie auch zwischen diesen und den (Körpern der) Nutzenden zu erfassen, liegt wiederum der bereits mit Black eingeführte Begriff des Interfacings nahe. Alexander Galloways Diagnose folgend sollen damit komplexe, relationale und dynamische Wechselwirkungen als Bezugspunkte der Untersuchung angenommen werden.[15] Die gerundiale Form unterstreicht dabei die prozedurale und *intra-aktive* Verfasstheit dieser Wechselwirkungen, die nicht auf Interfaces als technische Schnittstellen reduzierbar sind und die Annahme einer verteilten Agency nahelegen, die auch Nutzende mit einschließt.[16] Dennoch bieten insbesondere die in den Software Studies kultivierten Differenzierungen von Interfaces eine hilfreiche Orientierung zur Strukturierung eines Vorgehens, welches Interfacing auf mehreren Ebenen untersucht. In Anlehnung an Florian Cramer und Matthew Fuller[17] möchten wir deshalb mittels der folgenden Fragen eine schrittweise Annäherung an das Interfacing zwischen Körper und Plattform vorschlagen:

13 Vgl. Tarleton Gillespie: The Politics of «Platforms», in: *New Media & Society*, Bd. 12, Nr. 3, 2010, 347–364, doi.org/10.1177/1461444809342738; Jean Burgess: Platform Studies, in: Stuart Cunningham, David Craig (Hg.): *Creator Culture. An Introduction to Global Social Media Entertainment*, New York 2021, 21–38.

14 Der Begriff des Plattform-Ökosystems ist zum einen vor dem Hintergrund eines unternehmerischen Kalküls zu betrachten, eine idealisierte Natürlichkeit aufzurufen, in der alle Komponenten ineinandergreifen. Zum anderen wird der Begriff uneindeutig genutzt, da teils nur die Komponenten eines Software-Unternehmens genannt werden, teils peripher eingebundene Services, die wiederum mit anderen proprietären Plattformen verbunden sind. Der Begriff franst also zwangsläufig aus. Vgl. Fernando N. van der Vlist, Anne Helmond: How Partners Mediate Platform Power. Mapping Business and Data Partnerships in the Social Media Ecosystem, in: *Big Data & Society*, Bd. 8, Nr. 1, 2021, 1–16, doi.org/10.1177/20539517211025061.

15 Vgl. Alexander R. Galloway: *The Interface Effect*, Cambridge (UK), Malden 2012; Benjamin Lipp u. a.: De-Centring the Interface. Towards the Integrated Study of Interfacial Relations, in: *Information, Communication & Society*, Bd. 28, Nr. 8, 2024, 1463–1479, doi.org/10.1080/1369118X.2024.2413110.

16 Vgl. Black: *Digital Interfacing*, 9; zum Gerundium als prozessphilosophischer Form vgl. Donna J. Haraway: *The Companion Species Manifesto. Dogs, People, and Significant Otherness*, Chicago 2003, 6. Barads Begriff der *Intra-Aktivität* geht davon aus, dass die interagierenden Entitäten nicht als voneinander getrennt zu verstehen sind. Stattdessen konstituieren sich Körper und Technologien im Prozess der Intra-Aktion wechselseitig. Vgl. Karen Barad: *Meeting the Universe Halfway. Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*, Durham (NC) 2007, 33.

17 Vgl. Florian Cramer, Matthew Fuller: Interface, in: Matthew Fuller (Hg.): *Software Studies. A Lexicon*, Cambridge (MA) 2008, 149–153, hier 149.

1. *Interfacing zwischen Gerät und Körper im Tracking*: Wie wird durch Sensorik und Algorithmen eine Selektion des erfassbaren, maschinenlesbaren Körpers vorgenommen? Welche Anpassungsleistungen der Körper an die Technologien sind nötig und welche Ausschlüsse werden dadurch generiert?
2. *Interfacing in und zwischen Plattformen in der Entwicklung von Anwendungen*: Wie werden auf Ebene der APIs die erfassten Körperdaten für Entwickler*innen zugänglich gemacht? Welche Vorauswahl findet statt und welche normierenden Konstruktionen von Körperlichkeit werden nahegelegt? Dabei ist auch die Involvierung anderer Plattformen im Entwicklungsprozess zu reflektieren, die durchaus gegenläufige Impulse liefern können.
3. *Interfacing zwischen Körper und Software auf Anwendungsebene*: Wie werden derartige Normierungen auf Anwendungsebene fortgeführt? Wie werden insbesondere durch Menüführung und Tutorials Standards gesetzt? Auch hier ist es durchaus relevant, welche Abweichungen und Widerständigkeiten durch den Beitrag von Drittparteien eingeführt werden.[18]

Diese drei Ebenen sind eng miteinander verbunden und eröffnen, mit Jan Distelmeyer gesprochen, eher die Frage nach Verbindungen und Übergängen, nach dem «Was gehört noch dazu?»,[19] als analytische Trennschärfe herzustellen. Insbesondere durch die zweite hier angeführte Ebene soll hervorgehoben werden, dass diese Untersuchung nicht von einer binären Gegenüberstellung von Plattformen und Nutzenden ausgeht, sondern die Involvierung mehrerer Plattformen mit sich teils überschneidenden, teils gegenläufigen Logiken und Strategien angenommen wird. Gerade im Fall von XR wird deutlich, dass entsprechende Hardware, deren Betriebssysteme sowie die Entwicklungssoftware unterschiedlichen proprietären Plattformen zugehören. Statt also von je *einer* Plattform als monolithischer Instanz auszugehen, wird ein vielfältiges und dynamisches Netz von Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Instanzen innerhalb und außerhalb der jeweiligen proprietären Infrastrukturen ins Auge gefasst.[20]

Aus einer operationalen Perspektive lassen sich sowohl derartige Reibungen zwischen Plattformen wie auch verteilte Handlungsmächtigkeiten beschreiben, indem auch Phänomene jenseits der unternehmerischen Idealvorstellungen – seien es von Entwickler*innen unternommene experimentelle Abweichungen oder von Nutenden provozierte Glitches – berücksichtigt werden. In der Folge möchten wir diese drei Ebenen je in einen theoretischen Rahmen fassen und dabei ihre Verbindungen aufzeigen. Auf allen drei Ebenen lassen sich miteinander verschränkte Konfigurationen von Körpern aufzeigen, die sowohl *kontrollieren*, insofern sie als Kontrollinstanz gesetzt werden, wie auch *kontrolliert werden*, insofern sie Kontrollfunktionen in Form von Anpassungs- und Konditionierungsleistungen unterliegen.

18 In einem früheren Text des Ko-Autors lässt sich ein prototypischer Versuch dieses Analyseschemas sehen, der diese Ebenen noch nicht gleichermaßen benennt, aber ebenfalls Sensorik, APIs und die von Apple koproduzierte App Ikea Places als normative Konfiguration untersucht. Vgl. Jens Fehrenbacher: AR als Relationale Intervention. Dynamiken ästhetischer Aushandlung zwischen Medientechnologie, Nutzenden und Umwelten, in: *Image. Zeitschrift für interdisziplinäre Bildwissenschaft*, Bd. 39, Nr. 1, 2024, 78–102, doi.org/10.1453/1614-0885-1-2024-16219.

19 Jan Distelmeyer: Interface II. Zur Programmatik leitender Prozesse der «digitalen Gegenwart», in: Martin Huber, Sybille Krämer, Claus Pias (Hg.): *Wovon sprechen wir, wenn wir von Digitalisierung sprechen? Gehalte und Revisionen zentraler Begriffe des Digitalen*, Frankfurt / M. 2020, 59–72, hier 66.

20 Vgl. van der Vlist, Helmond: How Partners Mediate Platform Power; Jean-Christophe Plantin, Aswin Punathambekar: Digital Media Infrastructures. Pipes, Platforms, and Politics, in: *Media, Culture & Society*, Bd. 41, Nr. 2, 2018, 163–174, doi.org/10.1177/0163443718818376.

Interfacing zwischen Gerät und Körper im Tracking

Ein integraler Faktor für die körperliche Involvierung bei XR-Medien ist, dass die Bewegung der Nutzenden als Input dient und dementsprechend dauerhaft getrackt wird.[21] Die audiovisuellen Inhalte werden in der Regel perspektivisch oder akustisch an diese Bewegung angepasst.[22] Die körperlich-räumliche Bewegung der Nutzenden ist dementsprechend konstitutiv dafür, was gegenwärtig unter XR gefasst wird. Dass dies alles andere als selbstverständlich und darüber hinaus technisch aufwendig ist, zeigt die jüngste Entwicklung der Tracking-Prinzipien.

Ab Mitte der 2010er Jahre erschienen insbesondere Smartphone-basierte VR-Achterbahnfahrten oder *Pokémon Go* (2016) als populäres AR-Game, bei denen mithilfe der Neigungssensoren lediglich der Blickwinkel auf Szenerie oder virtuelle Objekte angepasst wurden.[23] Zur selben Zeit wurde bei kabelgebundenen HMDs auch die Position des Device und somit indirekt des Körpers im Raum mithilfe von externen Sensoren, später insbesondere durch die Integration von kamerabasiertem *Simultaneous Location and Mapping*,[24] ermittelt und in die Erfahrung eingebunden. So verändert sich ein virtuelles Objekt in der gegenwärtig vorherrschenden Einsatzform von XR derart, dass es sich abhängig von Distanz, Position und Blickwinkel des Device perspektivisch skaliert, verschiebt und rotiert.[25] Bereits das Betrachten ohne offensichtliche Interaktion stellt also ein technisch aufwendiges Interfacing dar, bei dem die Relationen zwischen User*in, Device und Umgebung fortlaufend analysiert werden.[26]

Je nach Sensortechnik und ihrer algorithmischen Auswertung werden die bewegten Körper auf jeweils unterschiedliche Weise «Sensor-algorithmisch»[27] virtualisiert: Bei einer Smartphone-AR ist der virtualisierte Körper etwa ein Blickpunkt im Raum (ohne jegliche Form der Visualisierung von Körperlichkeit), wodurch relationale Wechselwirkungen, wie die stetige Anpassungsleistung, weitestgehend ausgeblendet werden. Bei HMDs werden wiederum auch zumeist Controller bzw. Hände erfasst und virtuell dargestellt, wodurch wortwörtlich eine Handlungsfähigkeit, eine Möglichkeit zum intentionalen Einwirken in die virtuelle Szenerie nahegelegt wird. Der übrige Körper wird dabei, sofern keine zusätzlichen Tracking-Devices verwendet werden, sensorisch vernachlässigt; teils wird seine Haltung jedoch anhand dieser drei Punkte (Headset, zwei Hände bzw. Controller) abgeleitet. Mit Annemarie Mol wäre dies so zu beschreiben, dass jeweils andere Körperlichkeiten *enacted* werden, also ein anderes Verständnis von Körperlichkeit performativ hervorgebracht wird.[28] In Quest-HMDs wird bereits im Hauptmenü ein beinloser Avatar auf Grundlage der genannten drei Datenpunkte dargestellt, sodass er im Spiegel betrachtet werden kann. Diese rückwirkende Berechnung eines Körpers anhand weniger Datenpunkte offenbart eine Vielzahl von Annahmen zu den Körpern der Nutzenden als *able-bodied*, aufrecht sowie befähigt zu ‹normalen› Bewegungsmuster. Dies zeigt sich insbesondere daran, dass Abweichungen zu softwareseitig

21 Vgl. Kathrin Friedrich: Tracken, in: Heiko Christians, Matthias Bickenbach, Nikolaus Wegmann (Hg.): *Historisches Wörterbuch des Mediengebrauchs*, Bd. 3, Köln 2022, 631–649.

22 Vgl. Kathrin Friedrich, Moritz Queisner, Matthias Bruhn: Adaptive Images: Practices and Aesthetics of Situative Digital Imaging, in: *NECSUS – European Journal of Media Studies*, Jg. 9, Nr. 2, 2020, 51–76, doi.org/10.25969/mediarep/15338.

23 Vgl. Zainab Oufqir, Abdellatif El Abderrahmani, Khalid Satori: ARKit and ARCore in Serve to Augmented Reality, in: *2020 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV)*, 2020, 1–7, doi.org/10.1109/ISCV49265.2020.9204243.

24 Vgl. Max Kanderske, Tristan Thielmann: Simultaneous Localization and Mapping and the Situativeness of a New Generation of Geomedia Technologies, in: *Communication and the Public*, Bd. 4, Nr. 2, 2019, 118–132, doi.org/10.1177/2057047319851208; Florian Sprenger: Sensor-Algorithmic Virtuality: Machinic World-Making on Mars, in: *Science, Technology, & Human Values*, Bd. 51, Nr. 1, 2023, 1–24, doi.org/10.1177/01622439231206782. Zu SLAM bei AR vgl. Fehrenbacher: AR als Relationale Intervention.

25 Ausnahmen von diesem Prinzip, wie sie etwa in der XR-Kunst auftreten, bestätigen eher die Regel, insofern die Abweichung zur Irritation der Sehgewohnheiten wird, wie etwa bei Rosa Menkmans *DCT:SYPHONING. The 10000000th (64th) Interval* (2017).

26 Woletz schreibt dazu treffend, dass das von Sutherland beschriebene *Ultimate Display* zugleich den Anspruch erhebt, ein «Ultimate Interface» zu sein. Julie Woletz: *Human-Computer Interaction. Kulturanthropologische Perspektiven auf Interfaces*, Marburg 2016, 61. Vgl. Ivan E. Sutherland: A Head-Mounted Three Dimensional Display, in: *AFIPS '68 (Fall, Part I)*, 1968, 757–764, doi.org/10.1145/1476589.1476686.

27 Sprenger: Sensor-Algorithmic Virtuality.

28 Vgl. Annemarie Mol: *The Body Multiple. Ontology in Medical Practice*, Durham (NC) 2002, 32.

angenommenen Körperlichkeiten oder Bewegungsspielräumen zu Glitches (etwa seltsam verrenkten Gliedmaßen, sich durchdringenden Körperteilen oder Objekten) führen können.[29]

Eine Konfiguration von Körperlichkeit findet jedoch nicht allein durch die Sensor-algorithmische Übersetzung statt, sondern ebenso durch die Anforderungen, die an Nutzende gestellt werden und der Virtualisierung vorausgehen. Hierfür bietet der operationale Moment des Testens der Hand-Tracking-Funktion in Quest-HMDs ein Beispiel, wenn etwa beim Austesten Pop-up-Fenster darauf hinweisen, dass bei ungenügenden Lichtverhältnissen schnelle Bewegungen weniger gut erfasst werden. Im Explorieren dieser Vorgaben und ihrer Grenzfälle zeigt sich, dass die Hände in einem bestimmten Bereich gehalten werden sollen, die Bewegungsgeschwindigkeit nicht zu schnell sein darf und die Lichtsituation anzupassen ist.[30] Da Kameras die primäre Sensorik zur Handerkennung darstellen, dürfen die Hände nicht verdeckt sein, da sonst Tracking-Fehler auftreten (Abb. 2). Der Körper wird also, während er erfasst wird, in der Erfassung modifiziert; und zwar sowohl in der Virtualisierung wie auch in der vorbereitenden Anpassung. Analysierte Körper müssen also ein *aligning* an den sensorischen Apparat vollziehen.[31] Damit lässt sich eine gewisse Asymmetrie im Interfacing beschreiben, das erst funktional zustande kommt, wenn Nutzende eine Anpassungsleistung vollbracht haben bzw. einer Anpassung unterzogen werden. Dabei zeigt sich, dass es sich nicht um eine einmalige Anpassung handelt, sondern vielmehr um eine fortlaufende «Formatierung von Praktiken»,[32] deren Aufwand von unternehmerischer Seite unterschlagen wird, wie Timo Kaerlein in Bezug auf Gestensteuerung im Smarthome anmerkt.[33] Die Anpassung muss *als Praxis* eingeübt werden, wobei das Üben praxistheoretisch sowohl als eine Disziplinierung wie auch vor dem Hintergrund potenzieller Abweichungen und Widerständigkeiten im Prozess betrachtet werden kann.[34]

Durch eine solche Betrachtung lässt sich herausstellen, dass körperbezogene Plattformpolitiken bereits in der Auswahl und Auswertung der eingesetzten Sensorik wirksam sind. Wie des Weiteren immer wieder auffällt, befeuern Konzerne wie Meta und Apple das Narrativ der Natürlichkeit und Alltäglichkeit von XR-Technologien. Während etwa Nicola Przybylka zeigt, dass in pädagogischen und politischen Diskursen das Narrativ der Unmittelbarkeit aus den Tech- und Marketingdiskursen häufig unhinterfragt als Qualitätsmerkmal von XR übernommen wird,[35] lässt sich ebenso nachzeichnen, wie dies technologisch forciert wird: In den frühen VR-Headsets der 2010er Jahre dominierten in der Hand gehaltene Controller die Bedienung, mit denen meist wie mit einem Laserpointer Menüpunkte angewählt werden konnten. Diese Interaktionslogik orientierte sich stark an Pointing-Konventionen der Computermaus, die damit einen zugänglichen Einstieg in die Bedienung ermöglichten,[36] wobei die technische Vermittlung allerdings offensichtlich blieb. Die gegenwärtig meistverbreiteten Quest-Headsets von Meta markieren einen Übergang, in denen Controller zwar noch den Default-Modus darstellen, aber vielfache Anreize

29 Vgl. Patrizia Breil: Glitchige Körper. Virtuelle Realität als Raum körperlicher Begegnung, in: dies., Alisa Kronberger (Hg.): *Eigensinnige Objekte. Virtuelle Möglichkeitsräume zwischen Aufforderung und Entzug*, Bielefeld 2025, 221–244, hier 227, doi.org/10.1515/9783839474341-010.

30 Vgl. Meta: Hands Design Guidelines [Handbuch], *Meta for Developers: Social Technologies*, 2025, *developers.meta.com/horizon/design/hands* (26.9.2025).

31 Vgl. Kathrin Friedrich: Imageability: Aligning Bodies and Imagining Technologies, in: Sara Hillnhuetter, Stefanie Klamm, Friedrich Tietjen (Hg.): *Hybrid Photography. Intermedial Practices in Science and Humanities*, London 2021, 71–78.

32 Timo Kaerlein: Interface. Zur Vermittlung von Praktiken und Infrastrukturen (als Perspektive für die Medienwissenschaft), in: Martin Huber, Sybille Krämer, Klaus Pias (Hg.): *Wovon sprechen wir, wenn wir von Digitalisierung sprechen? Gehalte und Revisionen zentraler Begriffe des Digitalen*, Frankfurt / M. 2020, 45–58, hier 51.

33 Vgl. Kaerlein: Die Welt als Interface, 149.

34 Vgl. Christoph Menke: Zweierlei Übung. Zum Verhältnis von sozialer Disziplinierung und ästhetischer Existenz, in: Axel Honneth, Martin Saar (Hg.): *Michel Foucault. Zwischenbilanz einer Rezeption. Frankfurter Foucault-Konferenz 2001*, Frankfurt / M. 2003, 283–299; Lucilla Guidi: Iterabilität und Kontingenz der Praxis anhand von Wittgenstein und Heidegger, in: Michael Corsten (Hg.): *Praxis. Ausüben. Begreifen*, Weilerswist 2021, 46–68.

35 Vgl. Nicola Przybylka: *Augmented und Virtual Reality im Bildungsfokus. Zu diskursiv-materiellen Macht- und Wissensordnungen*, Bielefeld [im Erscheinen].

36 Vgl. Sabine Wirth: *Formierungen des Interface. Zur Mediengeschichte und -theorie des Personal Computing*, Bielefeld 2024, 41; Jonathan Zong: Pointing, Mutual Intelligibility, and the Seeing Subject in HCI, in: *Interface Critique. Diagrammatic Operations*, Nr. 4, 2023, 95–105, doi.org/10.11588/ic.2023.4.93413.

für einen Wechsel zum ebenfalls möglichen Hand-Tracking für Entwickler*innen und Nutzer*innen platziert werden.[37] Die sich abzeichnende nächste Gerätegeneration mit Apple Vision Pro und Projekt Orion verzichtet zum derzeitigen Stand zugunsten der Steuerung durch Hände, Augen und Stimme komplett auf Controller. Wie unten anhand von Tutorials gezeigt wird, geht dieses Narrativ der Unmittelbarkeit und Natürlichkeit mit aufwendigen Anpassungsleistungen einher. Gleichermaßen eröffnen sich bei dieser Verkörperlichung der Sensorik Fragen danach, welche Körper als ‹eingabeberechtigt› oder ‹maschinenlesbar› gesetzt werden und welche Körperlichkeiten dadurch ausgeschlossen werden, etwa durch eine Deformation der Hände, Schielen oder Sprachfehler.[38] In diesem Überblick wird deutlich, dass es sich hier um einen beidseitigen und fortlaufenden Prozess der Rekonfiguration handelt: Plattformseitig wird versucht, die Technologien an menschliche Körper anzupassen, während sich die Körper gleichermaßen an die Tracking-Mechanismen anpassen. Diese Bewegungen laufen allerdings nicht linear aufeinander zu. Stattdessen sind sie dynamisch von unterschiedlichen provisorischen Stabilisierungen geprägt, die immer wieder irritiert und verschoben werden.[39]



Abb. 2 **Screenshot der Hände im Passthrough-Modus der Meta Quest 3. Die abgefilmten Hände werden von den erfassten Handposen überlagert, was im Falle von Verdeckungen zu Trackingfehlern führt**

Interfacing in und zwischen Plattformen in der Entwicklung von Anwendungen

Auf der zweiten Analyseebene lässt sich untersuchen, wie erfasste Körperdaten in die Entwicklung von Anwendungen eingebunden werden. Dabei stehen insbesondere die Selektion und Aufbereitung von Tracking-Informationen durch Plattformen für Entwickler*innen im Zentrum, da hier Setzungen vorgenommen werden, die bestimmte Interpretationen von Körperlichkeit nahelegen.

Die Rolle von Plattformen zu analysieren, drängt sich im Falle von XR besonders auf, da für das Tracking und die blickpunktabhängige Darstellung spezialisierte Technologien notwendig sind, die derzeit von den großen Tech-Unternehmen Meta, Apple, Google und Microsoft dominiert werden. Entwicklung, Distribution und Betrieb von XR-Anwendungen ist deshalb ohne Involvierung dieser Unternehmen nahezu unmöglich. Mit Jean-Christophe Plantin und Aswin Punathambekar können Plattformen hier als Infrastrukturen charakterisiert werden, weil sie zur Möglichkeitsbedingung jeglicher XR-Nutzung werden.[40] Wie bereits angedeutet treffen am Gegenstand von XR verschiedene Plattform-Verständnisse und -Diskurse aufeinander: Zum einen liegt ein insbesondere in der MIT-Reihe *Platform Studies* vertretenes Verständnis von Plattformen als programmierbare Systeme vor, das aus den Game Studies kommend einen

37 Vgl. Meta: In Good Hands: Seven Games and Apps That Showcase Hand Tracking 2.0 [Beitrag auf Unternehmensblog], *Meta Store*, 15.7.2022, meta.com/de-de/blog/in-good-hands-seven-games-and-apps-that-showcase-hand-tracking-20 (30.9.2025).

38 Vgl. Wenqi Tan, Ben Egliston, Marcus Carter: Disability Inclusion in Extended Reality (XR) Research. A Critical Scoping Review, in: *Information, Communication & Society*, Bd. 28, Nr. 12, 2025, 1–22, doi.org/10.1080/1369118X.2025.2535426; Przybylka: *Unmittelbar – steigerbar – allverfügbar*; Alex Schmiedel: Behinderung, virtuelle, in: Early Career Forum des SFB 1567 (Hg.): *Vokabular des Virtuellen. Ein situiertes Leben*, Bielefeld 2024, 35–39.

39 Vgl. Lucy Suchman: *Human-Machine Reconfigurations*, 23.

40 Vgl. Plantin, Punathambekar: Digital Media Infrastructures; Ben Egliston, Marcus Carter: The Material Politics of Mobile Virtual Reality. Oculus, Data, and the Technics of Sensemaking, in: *Convergence. The International Journal of Research into New Media Technologies*, Bd. 28, Nr. 2, 2022, 595–610, doi.org/10.1177/13548565211072342.

Schwerpunkt auf Hardware-Konfigurationen wie Spielekonsolen legt.[41] Zum anderen wird unter Schlagwörtern wie der «Plattformisierung»[42] insbesondere im Umfeld von Social Media die Aggregation unterschiedlicher vernetzter Serviceleistungen thematisiert, die von Netzwerkeffekten und Monopolisierungen profitieren.[43] In der Verschränkung beider Diskurse lässt sich nachzeichnen, wie konkrete Hardware-Setzungen, etwa Sensorik, mit vernetzten Plattform-Infrastrukturen verbunden sind. Die Vorstrukturierung von Möglichkeitsbedingungen durch Plattformen, wie sie David Nieborg und Thomas Poell beschreiben, lässt sich dementsprechend auch als eine Vorstrukturierung möglicher Körperlichkeiten betrachten.[44]

Dabei stellt sich insbesondere die Frage, welcher Zugriff Entwickler*innen auf Körperdaten gewährt wird und welche Operationalisierungen des virtualisierten Körpers nahegelegt werden. Dies betrifft etwa Application Programming Interfaces (APIs), durch die einzelne Funktionen oder Daten abgerufen werden können, und komplexere Software Development Kits (SDKs), die ein ganzes System von Schnittstellen liefern, welche den Zugriff auf die Plattform-Infrastruktur oder spezifische Hardware-Komponenten regeln.[45] Hier zeigt sich die Verbindung zur vorigen Ebene des Trackings, denn nicht alle sensorischen Daten des Trackings werden zugänglich gemacht. Insbesondere die *machine vision*, die aufwendige Sensor-algorithmische Erfassung, wird komplett ausgeblendet und nur ein bereinigtes Endergebnis zur Verfügung gestellt.

Das heißt etwa im Falle eines Quest-HMDs, dass standardmäßig nicht die Bilder der vier Kameras weitergegeben werden, sondern eine bereits ‹bereinigte› Interpretation der als relevant markierten Punkte, also der Positionen des Headsets und der Controller bzw. Hände.[46] Um die Vorstrukturierung der Körperlichkeit zu unterstreichen, lässt sich die Einbindung des Hand-Trackings erneut genauer betrachten: Hier wird per API jede einzelne Position und Neigung von 26 Abschnitten der Hand zur Verfügung gestellt. Diese Information wird automatisiert zu einer möglichst realistischen Animation der virtuellen Hand genutzt.[47] Jedoch wird Entwickler*innen in Dokumentationen und Tutorials nicht nahegelegt, dieses komplexe, vielgliedrige Handmodell direkt zu nutzen, um Interaktionen zu programmieren. Stattdessen wird durch APIs ein Set vorgefertigter diskreter Gesten zur Abfrage bereitgestellt, wie das Zeigen mit ausgestrecktem Zeigefinger oder das standardmäßige ‹Anklicken›, bei dem die Spitzen von Zeigefinger und Daumen kurz zusammengeführt werden.[48] Die menschliche Hand wird dazu gebracht, die diskreten Kontrolloperationen eines Controllers nachzuahmen.[49] Statt die Vielzahl möglicher Handbewegungen zu berücksichtigen, wird die Hand zu einem binären Eingabegerät mit Funktionalitäten wie ‹Zeigegeste erkannt/nicht erkannt›.

Mit Blick auf Medien der XR ist dabei hervorzuheben, dass nicht allein ein asymmetrisches Verhältnis zwischen zwei Parteien – Plattform und Entwickler*innen – besteht, wie Eric Snodgrass und Winnie Soon es beschreiben.[50] Stattdessen wirkt ein Netzwerk verschiedener Plattformen im Entwick-

41 Vgl. Nick Montfort, Ian Bogost: *Racing the Beam. The Atari Video Computer System*, Cambridge (MA) 2009.

42 Anne Helmond: The Platformization of the Web. Making Web Data Platform Ready, in: *Social Media + Society*, Bd. 1, Nr. 2, 2015, 1–11, doi.org/10.1177/2056305115603080.

43 Vgl. Thomas Poell, David Nieborg, José van Dijck: Platformisation, in: *Internet Policy Review. Journal on Internet Regulation*, Bd. 8, Nr. 4, 2019, 1–13, doi.org/10.14763/2019.4.1425.

44 Vgl. David Nieborg, Thomas Poell: The Platformization of Making Media, in: Mirjam Prenger, Mark Deuze (Hg.): *Making Media. Production, Practices, and Professions*, Amsterdam 2019, 85–96.

45 Vgl. ebd.; Matthew X. Curinga: Critical Analysis of Interactive Media with Software Affordances, in: *First Monday*, Bd. 19, Nr. 9, 2014, doi.org/10.5210/fm.v19i9.4757.

46 Erst seit Frühjahr 2025 werden beim Quest-System von Meta auch Kamerabilder zugänglich gemacht, damit Entwickler*innen eigene *machine-vision*-Algorithmen erstellen können. Vgl. Meta: Eine neue Ära der Mixed Reality beginnt – mit der Passthrough Camera API [Beitrag auf Unternehmensblog], *Meta Horizon*, 30.4.2025, developers.meta.com/horizon/blog/new-era-mixed-reality-passthrough-camera-api-machine-learning-computer-vision (30.9.2025). Bei der Apple Vision Pro wird lediglich die Blickrichtung beim Klicken zur Nutzung weitergegeben, nicht die komplette Augenbewegung. Vgl. Apple: Eyes, Hands & Privacy [Datenschutzhinweis], *Apple*, 20.9.2024, apple.com/legal/privacy/data/en/eyes-hands (30.9.2025).

47 Unity3D: XR Hand Data Model [Handbuch], *Unity Documentation*, 2025, docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.hands@1.1/manual/hand-data/xr-hand-data-model.html (26.9.2025).

48 Meta: Einrichtung der Interaktionen [Handbuch], *Meta Horizon*, 2025, developers.meta.com/horizon/documentation/unity/unity-handtracking-interactions (30.9.2025).

49 Dabei fallen Parallelen zur Gestensteuerung im Smart Home auf. Vgl. Kaerlein: Die Welt als Interface.

lungsprozess zusammen. Besonders hervorzuheben ist dabei die Rolle der Game-Engines, also Entwicklungssoftware, in der virtuelle Objekte, Szenerien, Audio, Text, Menüs etc. arrangiert und mit (teils) interaktiven Skripten versehen werden. Auch diese Software-Konglomerate, insbesondere die dominanten Akteure Unity und Unreal, durchlaufen einen Prozess der Plattformisierung, in dem umliegende, vernetzte Serviceangebote aufgebaut und eigene Lernumgebungen, Stores für Programmelemente oder Monetarisierungskonzepte zur Verfügung gestellt werden.[51]

Solche Stores, Tutorials, Samples und Templates ergeben eine eigene Schicht der Vorstrukturierung. Zwar werden hier Umgangsweisen nicht restriktiv unterbunden, wie es bei APIs der Fall ist. Dennoch wird die Aufmerksamkeit in der Entwicklung gelenkt und werden manche Wege als einfacher oder vielversprechender markiert als andere. Statt einer determinierenden Kontrolle via APIs, wie sie etwa Snodgrass und Soon beschreiben, lässt sich hier also eher von einem Nudging oder einem «soft paternalism» sprechen.[52] Das zeigt sich etwa in der *VR-Template*-Szene der Game Engine Unity (Abb. 3).[53] Dies ist eine direkt im Programm abrufbare Vorlage, in der bereits eine Beispielszene mit benutzbaren Objekten und funktionierender Navigation vorbereitet ist und die somit den Einstieg in die VR-Entwicklung erheblich erleichtert.[54] Alle Funktionen können ohne eingehendes Verständnis per Copy and Paste direkt übernommen werden. Interessanterweise sind hier die Controller und nicht das Hand-Tracking als Default-Interaktion dargestellt. Dies ist dadurch erklärbar, dass Controller durch eindeutig beleg- und abrufbare Tasten auch für die Entwicklung den einfacheren, weil an Gamepads oder Tastaturen orientierten Ausgangspunkt darstellen. In der Interaktionslogik werden darüber hinaus konventionalisierte *imaginaries* aus Gaming bzw. Fantasy und Sci-Fi bedient, insofern die Manipulation von Objekten auf Distanz im Vordergrund steht, ähnlich wie bei Zaubersprüchen oder der ‹Macht› im *Star-Wars*-Franchise. Gegenläufig zur Naturalisierungsbestrebung von Meta und Apple wird hier also der Körper als technisch augmentiertes Machtinstrument inszeniert, das über seine Grenzen hinauswächst.[55] Anhand dieser Schwerpunktverschiebung, die zwar keine strikte Vorgabe darstellt, aber implizite Setzungen vornimmt, lässt sich die Aufmerksamkeit darauf lenken, dass unterschiedliche Plattformen gegenläufige Strukturierungen der Körperlichkeit und Interaktion vornehmen.[56] Das heißt jedoch nicht, dass in der Entwicklung, ob als Distinktionsmerkmal oder im Rahmen künstlerischer Projekte, nicht auch mit *abwegigen* Konfigurationen jenseits des Defaults experimentiert wird, wie der folgende Abschnitt zeigt.

Interfacing zwischen Körper und Software auf Anwendungsebene

Über die Vorstrukturierung der Tracking-Mechanismen und der Entwicklungstätigkeit hinaus sind Plattformen auch selbst in die Entwicklung des Interfacings auf Anwendungsebene für Endnutzer*innen involviert. Während

50 Vgl. Eric Snodgrass, Winnie Soon: API Practices and Paradigms. Exploring the Protocological Parameters of APIs as Key Facilitators of Sociotechnical Forms of Exchange, in: *First Monday*, Bd. 24, Nr. 2, 2019, doi.org/10.5210/fm.v24i2.9553.

51 Vgl. Aleena Chia u. a.: Platformisation in Game Development, in: *Internet Policy Review*, Bd. 9, Nr. 4, 2020, 1–29, doi.org/10.14763/2020.4.1515.

52 Cass R. Sunstein: *Why Nudge? The Politics of Libertarian Paternalism*, New Haven, London 2014, 142.

53 Vgl. Jens Fehrenbacher: Default Engines. Normative Dynamiken in der Diffusion von 4D-Entwicklungsplattformen in Forschung, Kunst und Digital Twinning, in: Kathrin Friedrich u. a. (Hg.): *4D*, München [im Erscheinen].

54 Vgl. Unity3D: VR Template Quick Start Guide [Handbuch], *Unity Documentation*, 2025, docs.unity3d.com/Packages/com.unity.template.vr@9.1/manual/index.html (26.9.2025). Aussagekräftig ist hier die Anmerkung: «You can use this scene as a reference, or you can remove the example Assets from it and use it as a starting point for your own Project.»

55 Zur Macht- bzw. Kontrollfiktionen bei der Bedienung von Computern vgl. Jan Distelmeyer: *Machtzeichen. Anordnungen des Computers*, Berlin 2017; Kaerlein: Die Welt als Interface; Wendy H. K. Chun: Über Software, oder: Die Beharrlichkeit visuellen Wissens, in: Kathrin Peters, Andrea Seier (Hg.): *Gender & Medien-Reader*, Zürich, Berlin 2017, 279–302.

56 Diese Setzungen lassen sich als vielschichtiger begreifen als die binäre Opposition des Möglichen und Unmöglichen, da viele Abstufungen von Optionen kartiert werden können, die unterschiedlich suggestiv nahegelegt werden oder andersherum so komplex sind, dass sie *eher abwegig* erscheinen. Zu Software-Defaults und ihren suggestiven Einwirkungen vgl. Curinga: Critical Analysis of Interactive Media with Software Affordances; speziell bei Game-Engines: Benjamin Nicoll, Brendan Keogh: *The Unity Game Engine and the Circuits of Cultural Software*, Cham 2019; bei XR: Fehrenbacher: Default Engines.

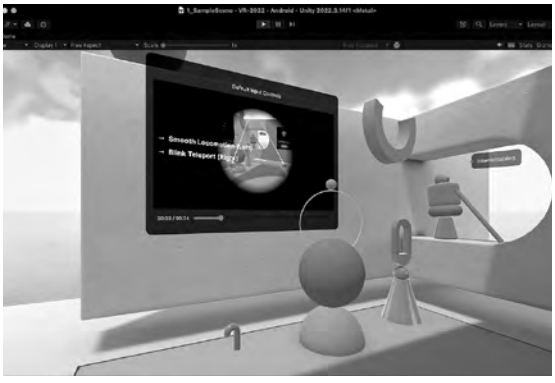







Abb. 3 links oben Der Screenshot der Game-Engine Unity zeigt das vorgefertigte *VR Template*, das die Entwicklung von VR-Anwendungen erklären und erleichtern soll

Abb. 4 links unten Menüansicht der Quest 2 samt Visualisierung von Controller und Hand

Abb. 5 rechts oben Screenshot der Anwendung *First Steps* **unten** Die Geste, die mit dem Controller vollführt werden muss

trotz zahlreicher plattformseitiger Lenkungsimpulse gewisse Spielräume für Entwickler*innen bestehen, werden hier Setzungen vorgenommen, die ‹standardmäßige› Technologie-Körper-Verhältnisse hervorbringen. Im Fokus stehen dabei Prinzipien der Menüführung und Tutorials, die für Nutzende häufig den ersten Kontakt mit dem jeweiligen Medium darstellen und damit vor jeder Anwendung von Drittparteien eine initiale Konstituierung vornehmen.[57] Zudem lässt sich in Menüs und Tutorials zeigen, wie sich im Falle von XR unterschiedliche Interfacing- und somit Körper-Konfigurationen gegenüberstehen und überschneiden, wobei plattformseitig gewisse Tendenzen forciert werden.

57 Über Menüführung und Tutorials hinaus sind hier auch plattformseitig vorinstallierte Standard-Programme zu nennen sowie in direkter Kooperation mit den Plattformen entwickelte Anwendungen wie die VR-for-Good-Reihe von Meta, die eng an Plattformpolitiken gekoppelt sind. Vgl. Lisa Nakamura: Feeling Good about Feeling Bad. Virtuous Virtual Reality and the Automation of Racial Empathy, in: *Journal of Visual Culture*, Bd. 19, Nr. 1, 2020, 47–64, doi.org/10.1177/1470412920906259.

Im Überblick der Menüführung in unterschiedlichen XR-Medien fällt auf, dass – abgesehen von einigen räumlichen Experimenten –[58] zweidimensionale Kachel- oder Listenanordnungen in Kontinuität zum Paradigma des Graphical User Interface (GUI) dominieren (Abb. 4). Menüs machen Daten- und Anwendungsstrukturen durch Abstraktion selektiv sichtbar und der Interaktion zugänglich.[59] Dies korreliert mit der oben angeführten Pointing-Logik: Der Körper ist ein Zeige-Instrument, mit dem visuell präsentierte Optionen ausgewählt werden können, ob per VR-Controller oder per Finger auf dem Touchscreen.[60]

In zahlreichen Apps, insbesondere in Tutorials, zeigt sich jedoch, wie dem Paradigma des Natural User Interface folgend die grafische Bedienoberfläche zugunsten vermeintlich alltäglicher Körperpraktiken in den Hintergrund rückt.[61] Mit Kaerlein lässt sich beschreiben, wie in diesem Narrativ ein Verschwinden oder eine Überwindung des Interface propagiert wird, während gleichzeitig eine «Totalisierung des Interface» stattfindet[62] – wie ein Werbeslogan verkündet: «In the future, the perfect interface may just be: you!»[63] Dies lässt sich an unterschiedlichen operativen Momenten in Anwendungen nachzeichnen.

Im Quest-Tutorial *First Steps* von Meta findet sich eine Szene, die dieses Paradigma bebildert: Nachdem die Knöpfe der Controller einzeln erklärt werden, löst sich die Visualisierung der Controller mit einem Spezialeffekt auf und es werden nur noch die Hände angezeigt, deren Position und Haltung von den Controllerdaten abgeleitet wird.[64] Die Verunsichtbarung der User Interfaces wird geradezu selbst sichtbar gemacht – allerdings nicht als reflexive Offenlegung, sondern als eine Aufforderung, die Controller zu inkorporieren und von nun an als Teil des eigenen Körpers zu betrachten.[65] Um einen Knopf mit dem virtuellen Zeigefinger zu drücken, muss etwa die Zeigefingertaste losgelassen werden, d. h., sie darf auch nicht berührt werden, während die Mittelfingertaste gedrückt und die Hand, die nun eine Zeigegeste formt, zum Knopf geführt wird (Abb. 5). Für diese rudimentäre Aktion muss also im engeren Sinne eine Tastenkombination durchgeführt werden. Was Grant Bollmer und Adam Suddarth anhand komplexer VR-Games festgestellt haben, trifft also bereits auf das grundlegende Onboarding in VR zu: Körpern werden absichtlich «awkward interactions» aufgebürdet, durch die über Anpassungsleistungen und Gewöhnungseffekte eine ambivalente Inkorporierung des Interfacings stattfindet.[66]

Eine ähnliche Anpassungsleistung, in der die Konfiguration von Körperlichkeit und Plattform noch deutlicher aufscheint, wird in *First Hand*, dem Hand-Tracking-Tutorial der Quest, gefordert.[67] In Kontinuität mit den vorstrukturierten Operatoren auf API-Ebene geht es auch hier weniger um eine Simulation von taktiler Interaktion als um das Vollführen diskreter vorprogrammierter Kontrollgesten. Zum Drücken eines Knopfes ist hier wiederum die Zeigegeste (nun ohne Controller) mit ausgestrecktem Zeigefinger nötig,

58 Insbesondere die Windows-Mixed-Reality-Plattform experimentierte mit einem *begehbaren* Menü, in dem Links zu Programmen und Webseiten in den Räumen eines Hauses verteilt wurden. Dieses Experiment stellt jedoch eine Ausnahme dar und wurde eingestellt. Vgl. Microsoft: Design Your Own Immersive Environments [Leitfaden], *Microsoft Learn*, 13.5.2022, *learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/design/add-custom-home-environments* (30.9.2025).

59 Vgl. Wirth: *Formierungen des Interface*, 173; Kirsten Wagner: *Datenräume, Informationslandschaften, Wissensstädte. Zur Verräumlichung des Wissens und Denkens in der Computermoderne*, Freiburg / Br. 2006.

60 Vgl. Wirth: *Formierungen des Interface*, 41; Zong: Pointing, Mutual Intelligibility, and the Seeing Subject in HCI.

61 Vgl. Rauterberg: From Gesture to Action.

62 Kaerlein: Die Welt als Interface, 142.

63 *The Myo Armband: The Future of Gesture Control*, hochgeladen von @Bloomberg Businnes am 11.11.2014 auf *YouTube*, *youtube.com/watch?v=jOEcsNmTk7g* (26.9.2025).

64 Vgl. *First Steps*, Oculus, US 2019.

65 Zum Verhältnis von Embodiment und Alterität technischer Objekte vgl. Alexander Schmidl: Alteritätsbeziehungen mit technischen Objekten, in: Breil, Kronberger (Hg.): *Eigensinnige Objekte*, 267–286, *doi.org/10.14361/9783839474341-012*.

66 Grant Bollmer, Adam Suddarth: Embodied Parallelism and Immersion in Virtual Reality Gaming, in: *Convergence. The International Journal of Research into New Media Technologies*, Bd. 28, Nr. 2, 2022, 579–594, hier 592, *doi.org/10.1177/13548565211070691*.

67 Vgl. *First Hand*, Meta Quest Samples, Meta Quest, US 2023.

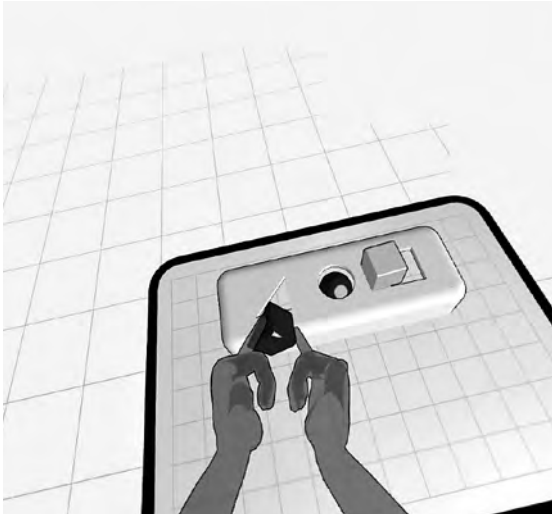

Abb. 6 Screenshot der VR-Anwendung *Hand Physics Lab*

während alle anderen Finger nicht zum Drücken von Knöpfen oder Tasten qualifiziert sind. Von den Körpern der Nutzenden wird also eine durchaus aufwendige Inkorporation vorformatierter Gesten gefordert, um Kontrolloperationen durchzuführen.

Erst die seltenen Abweichungen offenbaren, welche Verengung diese Konzentration auf diskrete Kontrolloperationen darstellt. Insbesondere in künstlerischen XR-Arbeiten finden sich Aktionsspielräume, in denen virtualisierte Hände der Rezipient*innen mitgestaltend in die künstlerische Arbeit einbezogen werden.[68] Aber auch in Games oder anderen kommerziellen Anwendungen gibt es vereinzelt Experimente, deren unkonventionelle Interfacing-Logiken häufig ein Distinktionsmerkmal darstellen. Beim Actionspiel *Superhot VR* schreitet die Spielzeit etwa in Abhängigkeit von der Bewegung der Nutzenden voran, woraus genreuntypische vorsichtig-langsame Bewegungsfolgen resultieren.[69]

Besonders interessant für die vorliegende Untersuchung ist die Anwendung *Hand Physics Lab*, in der Hand-Tracking gerade nicht auf festgelegte Gesten reduziert wird, sondern die virtuelle Hand als physikalisches, kollisionsfähiges Modell nachgebildet wird.[70] Objekte können also auch mit dem Handrücken verschoben oder mit den kleinen Fingern hochgehoben werden. Interessanterweise ergibt sich aus dieser physikalischen Simulation statt einer Entsprechungslogik eher eine ‹spekulative Haptik›: In der Schwierigkeit, ein Objekt zu greifen, ohne es taktil zu spüren, wird das grundlegende Problem der fehlenden Haptik in VR geradezu direkt adressiert und die Fragilität, letztendlich auch die Vergeblichkeit der natürlichen Übersetzung, erfahrbar gemacht.[71] Gegenüber den Narrativen des Machtvollen, Magischen oder Natürlichen, die von Plattformen bestärkt werden, ist es durchaus bezeichnend, wie im *Hand Physics Lab* Aufgaben präsentiert werden, die an Motorikspiele für Kleinkinder erinnern und mangels haptischer Möglichkeiten zu größeren Herausforderungen werden (Abb. 6). Der Umgang mit Glitches als Fehler im Tracking oder als Problem der Kollision physischer und virtueller Objekte wird zum Teil der User Experience, wodurch eher *eigenartige* Körperpraktiken kultiviert werden, die das Glitching mit einbeziehen. Im Moment des Kontrollverlusts, wenn der Körper eben nicht mehr mit der intentionalen Controller-Funktion zusammenfällt, lässt sich damit eine widerständige Praxis ausmachen: Entgegen der unternehmerischen Erzählung von Reibungslosigkeit und Natürlichkeit zeigen sich die Sensor-algorithmischen Prozesse in ihrer Imperfektion und bieten eine reflexive, praktische Exploration oder gar das Ausnutzen der Imperfektionen durch Nutzende an.

68 Vgl. Julia Reich: What to Do in/with Images? The (Virtual) Hand in Augmented and Virtual Reality, in: *AN-ICON. Studies in Environmental Images*, Bd. 2, Nr. 2, 2023, 126–143, doi.org/10.54103/ai/19765.

69 Vgl. *Superhot VR*, Superhot Team, PL 2019.

70 Vgl. *Hand Physics Lab* (Entwickler: Dennys Kuhnert), Holonautic, FR 2021. Dieses physikalische Verständnis der Hand wird ebenfalls in Tutorials erklärt und ist durch herunterladbare Add-ons von Drittparteien für Game-Engines implementierbar, sodass auch hier die Untersuchung abweichender Agencys von Entwickler*innen naheliegt. Vgl. *Unity3d Oculus Quest Hand Tracking Setup With Physics*, hochgeladen von @Dilmer Valecillos am 3.4.2020 auf YouTube, youtube.com/watch?v=oRWgBdVXZio (27.9.2025); Unity: VR Hand Physics (Oculus Avatar Hand Collisions), *Unity Asset Store*, 2025, assetstore.unity.com/packages/tools/physics/vr-hand-physics-oculus-avatar-hand-collisions-144615 (30.9.2025).

71 Die Schwierigkeit des Greifens ohne Haptik hebt insbesondere Parisi hervor. Vgl. Parisi: *Archaeologies of Touch*, 220.

Ausblick

Gerade anhand von Abweichungen wie der oben beschriebenen wird offenkundig, wie Plattformen durch XR-Medien Körperlichkeit konfigurieren, standardisieren und normieren. Die Suggestion von Kontrolle und Natürlichkeit verschleiert dabei, welchen Kontrollfunktionen die Körper der Nutzenden selbst unterliegen – sie werden dauerhaft aufgezeichnet und von ihnen wird eine selbstdisziplinierende Anpassung gefordert. Die hier dargelegte operative Analyse der verschränkten Ebenen von Tracking, Plattform-Infrastrukturen und Anwendungs-UI bietet sich zunächst für die Untersuchung bestehender und kommender XR-Systeme und Entwicklungsumgebungen an. Gerade beim Eye-Tracking der Apple Vision Pro zeigt sich etwa, wie auch die Augenbewegung zur Kontrollfunktion wird und damit neue Blickpraktiken eingeübt werden müssen, bei denen ein Anstarren von Schaltflächen mit einem Fingertippen koordiniert werden muss.

Indem nicht nur *eine* Plattform als normierender Bezugspunkt angenommen wird, sondern auch die Mitwirkung von verschiedenen involvierten Plattformen sowie Entwickler*innen untersucht wird, lassen sich Reibungen, Aushandlungen und Umnutzungen und somit verteilte Agencys beschreiben. Auch Endnutzer*innen kann letztlich im Sinne eines absichtlichen Glitchings ein widerständiges Potenzial zugeschrieben werden, wodurch Fehler im Tracking zumindest offensichtlich, möglicherweise auch ausnutzbar werden. Im größeren Zusammenhang wiederum lassen sich so auch Tendenzen in der Entwicklung von XR-Medien in den Blick nehmen. Insbesondere in Bezug auf den hier fokussierten Übergang zum Hand-Tracking der Quest-HMDs lässt sich festhalten, dass ein schrittweiser Übergang vom Paradigma des Graphical User Interface zum angestrebten Paradigma des Natural User Interface forciert wird. Die vorgebliche *Naturalisierung* fordert von Nutzenden jedoch umso mehr ein *aligning*, eine Anpassung an Tracking- und Programmlogiken. Da unterschiedliche XR-Plattformen und -Anwendungen allerdings gänzlich unterschiedliche Interfacing-Prinzipien als vermeintlich *natürliche* Bedienung vorlegen, eröffnet sich hier eine besondere Erkenntnismöglichkeit, können doch – durch die Kontraste heterogener Natürlichkeitsfiktionen – ihre Ambivalenzen offener zu Tage treten.

Die hier vorgeschlagenen verschränkten Analyseebenen des Interfacings und der damit einhergehenden Konfigurationen von Körperlichkeit halten wir aber auch über die Analyse von XR-Medien hinaus für produktiv. Auch andere sensorische, körperbezogene Medienkonstellationen, von spezialisierten Geräten wie 3D-Körperscannern über Gaming-Controller bis hin zu multisensorischen Devices wie Smartphone oder Smartwatch lassen sich darauf hin befragen, a) wie auf der Ebene des *Trackings* durch Sensoren und Algorithmen die Konfiguration eines *maschinenlesbaren* Körpers erfolgt; b) wie die getrackten Körperdaten auf Ebene der *Plattform-Infrastrukturen* selektiv

für Entwickler*innen zur Verfügung stehen und welche Körperverständnisse hier forciert werden; sowie c) wie auf der *Anwendungsebene* (insbesondere bei Tutorials und Menüs) Umgangsweisen standardisiert und Anpassungsleistungen von Nutzenden gefordert und koordiniert werden. Anhand strukturierter Analysen gilt es nicht zuletzt, auch zukünftige körperbezogene Sensormedien hinsichtlich der Frage zu untersuchen, wie Plattformen über Sensorik, APIs und Anwendungsgestaltung Körperlichkeit konfigurieren. Letztlich stellt sich damit die Frage, wie Weltverhältnisse in einem hybrider werdenden Alltag vorstrukturiert werden.

Diese Arbeit wurde durch das Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen unter der Fördernummer PB22-063A (InVirtuo 4.0: Experimentelle Forschung in virtuellen Umgebungen) gefördert.