

**Exit Games – KlimaAct!
Abschlussbericht**

(Beantwortung in Stichworten genügt)

Zuwendungsempfänger: Exit Games GmbH

Förderkennzeichen: 16SV8771

Vorhabenbezeichnung: Klima_ACT

Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2021 bis 31.08.2024

Berichtszeitraum: 01.09.2021 bis 31.08.2024

Hamburg, 16.12.2024

Ort, Datum und Unterschrift:

Christof Wegmann

1. Kurzbericht

Das Ziel des Forschungsprojekts aus technischer Sicht war die Entwicklung eines innovativen Hub-Frameworks, das auf einer neuartigen Client-Server-Architektur basiert. Diese Plattform sollte dezentrale und lokal nutzbare Wissens- und Interaktionsräume ermöglichen, welche für moderne Kollaborationsszenarien geeignet sind. Im Fokus standen hierbei die Erforschung und Entwicklung fortschrittlicher Werkzeuge zur Kollaboration, um eine effizientere Kommunikation sowie optimierte Lernprozesse zu unterstützen.

In der ersten Phase des Projekts wurde, gemeinsam mit den anderen Projektteilnehmern, sehr konzeptionell gearbeitet. Dabei wurden Ideen und Anforderungen generiert, diskutiert und definiert, welche in die Weiterentwicklung von „Photon Fusion“ (u.a. Netzwerktopologien) und die Entwicklung von ersten prototypischen VR-Anwendung (Escape Room, Meeting-Anwendung) geflossen sind und im Projekt KlimaAct! wiederverwendet, bzw. adaptiert wurden.

In den weiteren Phasen des Projekts wurde „Photon Fusion“ kontinuierlich optimiert und weiterentwickelt. Neben einer generellen Weiterentwicklung von „Photon Fusion“ erfolgte auch die Integration von Funktionen speziell für Entwickler von XR-Anwendungen. Hier lag der Fokus unter anderem auf der Integration maximal präziser Bewegungsdaten, der Schaffung realistischer motorischer Interaktionsmöglichkeiten und der Entwicklung realitätsnaher Avatare. Neben der performancetechnischen Optimierung (z.B. Latenz), wurden diese drei genannten Schwerpunkte als wesentliche Voraussetzungen zur Schaffung immersiver und funktionaler Räume angesehen.

Mit Abschluss des Projektes steht „Photon Fusion“ den Entwicklern in der Version 2.1 zur Verfügung.

Für die Entwicklung des Projektes KlimaAct! wurde die UNITY Entwicklungsumgebung und Game-Engine UNITY genutzt. UNITY bietet die Möglichkeit der Einbindung der Einbindung sogenannter „Addons“ und den Import von „Samples“. Entwickler nutzen „Samples“ oder „Addons“, um schnell Lösungsansätze für Ihre Entwicklungen zu finden und somit die Effizienz bei der Entwicklung von Anwendungen zu steigern.

Exit Games bietet eine Sammlung von Samples oder Addons an, um Entwickler an die Nutzung von „Photon Fusion“ heranzuführen und Ihnen den Umgang mit Photon zu vereinfachen.

- Samples sind praktische Anwendungsbeispiele (z.B. Game Loops), die den Entwicklern die Verwendung von Technologien oder Frameworks in Form von dort verwendetem Sourcecode verdeutlicht. Die Entwickler können den Sourcecode für Ihre eigenen Projekte verwenden und entsprechend Ihren Anforderungen adaptieren.
- Addons in Unity werden ebenfalls genutzt, um die Produktivität bei der Anwendungsentwicklung zu steigern. Im Gegensatz zu Samples, sind Addons aber Werkzeuge, Assets, Scripte, Bibliotheken oder Funktionen, die einfach Unity eingebunden und für die Projekte genutzt/ aktiviert werden können.

Die Weiterentwicklung von „Photon Fusion“, den Samples und Addons beruht zum großen Teil auf den Anforderungen der Entwicklergemeinschaft, zu denen auch das Projektteam KlimaAct! gehörte. Dementsprechend leistet das Projekt einen Beitrag zur Weiterentwicklung von Technologien für dezentrale Wissensräume und legt eine Basis für zukünftige Anwendungen, auch in den Bereichen und kollaboratives Arbeiten.

2. Eingehende Darstellung

Im Laufe des „Projekts KlimaAct!“ wurde „Photon Fusion“, nach Launch einer ersten Version, kontinuierlich weiterentwickelt. Außerdem wurden eine Reihe von Überarbeitungen /Optimierungen (Refactoring) durchgeführt. Die Weiterentwicklungen umfassten generelle, aber auch viele XR spezifische Themen und Feature, die in „Photon Fusion“ integriert wurden.

Neben der Weiterentwicklung von „Photon Fusion“ wurden zahlreiche Samples und Addons auf Basis von „Photon Fusion“ entwickelt, die eine Verbreitung von „Photon Fusion“ in der Entwicklergemeinschaft unterstützen sollten.

2.1. Refactoring „Photon Fusion“

In Q3 2022 wurde die Entscheidung getroffen, codetechnische Überarbeitungen /Optimierungen an „Photon Fusion“ vorzunehmen. Auslöser dieses „Refactorings“ waren unter anderem die stärkeren XR-bezogenen Anforderungen. Zum Umfang des Refactorings gehörte beispielsweise:

- Optimierung der bestehenden Codebasis hinsichtlich Lesbarkeit/ Verständlichkeit und Anpassungsmöglichkeiten
- Reduzierung der Komplexität für zukünftige Entwicklungen durch Entfernen der fragmentierten Codebasis
- Minimierung der Abhängigkeiten zu "Unitys XR Interaction Toolkit"
- Erhöhung der Erkennbarkeit von "VR-spezifischem Code"
- Weiterentwicklung der „Photon Fusion“ Netzwerktopologien
 - o „Dedicated Server“ (SERVER): Daten werden zwischen den Anwendern und einer Server-Anwendung synchronisiert.
 - o „Client Hosted“ (HOST): Einer der Anwender ist gleichzeitig Server (Host) und Client.
 - o „Shared Mode“ (SHARED): Daten werden über das Photon Netzwerk (den sog. „Room“) zwischen den Anwendern synchronisiert.
- Stärkere Trennung von „Hosted Mode“ und „Shared Mode“
- Reduktion „Buffering“ und „Lagging“ durch Veränderung der Interpolation im „Shared Mode“

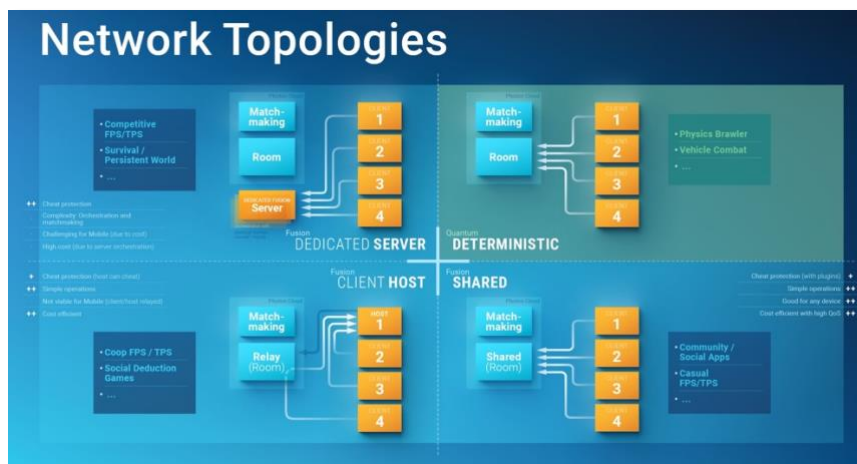


Abbildung 1: Photon Netzwerk Topologies

2.2. „Photon Fusion“ 2

Die Weiterentwicklung und Integration neuer Feature und der damit verbundene Launch von „Photon Fusion 2“ im Jahr 2023 trug maßgeblich dazu bei, die zunehmenden Anforderungen für XR-Anwendungen zu erfüllen. „Photon Fusion 2“ wurde unter anderem um die folgende Feature erweitert.

2.2.1. Generelle Feature

- Vereinfachte Handhabung der Synchronisation von Transformationen (z.B.: Bewegung, Rotation von Objekten¹)
 - o `NetworkTransform` benötigt kein Interpolationsziel mehr, was zu einer höheren Transparenz bei der Synchronisation Objekttransformationen führt.
- Verbessertes System zur Erkennung von Änderungen im Spielzustand
 - o Nur relevante Änderungen im Spielzustand (z.B. Position von Objekten, Spieleraktionen etc.) werden von Photon „Photon Fusion“ identifiziert und an die involvierten Clients übertragen.
Als relevante Änderungen werden beispielsweise solche bezeichnet, die Auswirkungen auf das Spielgeschehen bzw. andere Spieler haben.
- An Ticks² ausgerichteter Shared Mode
 - o In „Photon Fusion“ sind die Topologien „Hosted Mode“ und „Shared Mode“ nutzbar. (<https://www.photonengine.com/slides/fusion#topologies>)
 - o Mit „Photon Fusion 2“ können nun im „Shared Mode“ akkurat an Ticks ausgerichtete Daten zwischen den Clients synchronisiert werden. Dieser Tick-basierte Shared Mode verwendet nun auch die gleiche präzise Snapshot-Interpolation wie der Server Mode, was sowohl die visuelle Genauigkeit, als auch die wahrgenommene Latenz verbessert.
- Erweiterte benutzerdefinierte Interpolationsfunktionen unter Nutzung der neuen Snapshot-Puffer-API
 - o Neue API's in „Photon Fusion 2“ ermöglichen den direkten Zugriff auf „Netzwerkdatenpuffer via `TryGetSnapshotsBuffers` den direkten Zugriff auf die zugrunde liegenden Netzwerkdatenpuffer. Aus dem Puffer können sog. „Snapshots“ gelesen werden, die an die anderen Spieleclients gesendet werden.
 - o Über die API's stehen nun Funktionen zum Lesen der Daten und Hilfsfunktionen für die benutzerdefinierte Interpolation zur Verfügung.
- Optimierte Streaming-API
 - o Mit der optimierten Streaming API in „Photon Fusion 2“ wird eine einfache Synchronisierung von Dingen wie zum Beispiel Zeichnungen, Präsentationen oder auch virtuellen Kamerabildern ermöglicht.
- API im Runner: Abruf verfügbare Regionen
 - o Ermöglicht Entwicklern und Anwendungen, Informationen über die geografischen Regionen abzurufen, in denen Photon-Server verfügbar sind. Diese Funktion kann genutzt werden, um Spielern die beste Netzwerkregion basierend auf Latenz und Nähe zuzuweisen.

¹ Als Objekt werden hier virtuelle Gegenstände und virtuelle Charakter bezeichnet.

² Ein Tick bezieht sich im Allgemeinen auf eine Iteration der Spielschleife, in der die gesamte Logik berechnet wird. Spiele haben oft mehrere Ticks pro Sekunde.

- API im "Runner": Abruf von Speichernutzung
 - o Ermöglicht den Entwicklern Einblick in die Speicherzuweisung und -nutzung ihrer Anwendung. Dadurch können detaillierte Informationen über den Speicherverbrauch erfasst werden, um Engpässe oder ineffiziente Speicherallokationen zu identifizieren und die Performance zu optimieren.
- Compatibility with Unity 6 Multiplayer Play Mode
 - o Der Unity Multiplayer Play Mode ermöglicht es Entwicklern, die Multiplayer-Interaktionen und die Netzwerkkommunikation zu überprüfen, ohne dafür mehrere physische Geräte oder separate Netzwerkumgebungen zu benötigen.

2.2.2. XR spezifische Feature

- „VR-Eingabemodus“
 - o In „Photon Fusion“ wurde bisher mit jedem zu übertragendem Eingabepaket eine Historie vergangener Eingaben mitgesendet; damit wurden „Paketverluste“ vermieden. In VR- Anwendungen enthalten diese Eingaben jedoch oft Positionsdaten von Rig Parts³, bei denen aber nur der jeweils letzte Stand dieser Positionen relevant ist.
 - o Mit „Photon Fusion 2“ wird nur der letzte Eingabezustand mit dem Paket gesendet, wodurch eine starke Reduzierung der benötigten Bandbreite erreicht wird. Dies ist insbesondere bei VR-Anwendungen hilfreich, die über umfangreiche Eingabestrukturen verfügen, z.B. wenn diese Positionsdaten für Kopf und Hände/ Finger enthalten.
- Lokale Raumsynchronisation
 - o Mit „Photon Fusion 2“ befinden sich synchronisierte Positionen von Objekten nun im sogenannten lokalen Raum⁴
 - o Wenn also ein Objekt seine lokale Position nicht ändert, da sich nur sein „Elternteil“ bewegt. Greift man mit der virtuellen Hand (Elternteil) ein Objekt und bewegt die Hand, dann ändert sich die „lokale Position“ des ergriffenen Objektes nicht. Dadurch kann Bandbreite gespart werden, da keine Positionsdaten für Hand und Objekt übermittelt werden müssen.
- NetworkPhysics add-on
 - o Mit „Photon Fusion 2“ erfolgte die Auslagerung der „Physics“ in ein eigenes Add-on.
 - o Das bisherige „default Add-On“ muss nun nicht mehr die Ausführungen der Physics verwalten, wodurch die Zusammenarbeit mit einigen „XR interaction stacks“ verbessert wird.

³ IN VR-Anwendungen werden Informationen über die Position eines von Teilen eines virtuellen Charakters/Objekts, oder einer Animation als "Rig Parts Position Data" bezeichnet. Als Rig bezeichnet man dabei ein System von Knochen, Gelenken und Steuerungen, das verwendet wird, um die Bewegung und Deformation eines virtuellen Charakters oder Objekts zu steuern.

Aus Basis der echten Bewegungen des Benutzers werden in VR-Anwendungen die Bewegungen des virtuellen. Charakters/ Objekts gesteuert/ visualisiert. Die entsprechenden Positionen der einzelnen Teile eines Rigs müssen möglichst präzise und in Echtzeit erfasst, transportiert und verarbeitet werden.

⁴ Als „lokalen Raum“ bezeichnet man in der VR einen Raum, der relativ zum virtuellen Character/ Objekt ist.

Der globale Raum bezieht sich, im Gegensatz zum lokalen Raum, auf den gesamten Raum der VR-Umgebung (z.B. virtueller Meetingraum). Änderungen im globalen Raum wirken sich auf die gesamte Umgebung aus und beeinflussen alle Charakter/ Objekte innerhalb dieser Umgebung. Veränderungen im lokalen Raum haben nur Auswirkungen auf das jeweilige Objekt/ den jeweiligen Bereich.

- Reduktion der „CPU-Nutzung“ auf Endgeräten mit begrenzter CPU Power, wie z.B. autonomen VR-Headsets
 - o „Photon Fusion 2“ führt die Methode `FixedUpdateNetwork` nicht mehr als Standard auf Proxies⁵ aus. Durch diese Änderung reduziert sich die Gesamt-CPU-Auslastung, da die meisten Anwendungen nun keine Proxys mehr simulieren müssen.
- Erzwingen von Bandbreitengewinn im “Shared Mode”
- „Photon Fusion“ Stats (mit Verbesserungen im XR-Kontext)
 - o Darstellung von „Photon Fusion“ Telemetrie (Leistungs- und Nutzungsstatistiken) in der Applikation.

2.3. Support von zusätzlichen Engines und Endgeräten

2.3.1. Entwicklungs Plattformen und Rendering Engines

Exit Games entwickelt seit mehr als zehn Jahren erfolgreich Software Development Kits (SDKs) für Unity, eine der führenden Tools für die Erstellung interaktiver Anwendungen. Unity zeichnet sich durch seine eine große Entwickler-Community und umfangreiche Tools zur Erstellung von 2D-, 3D- Inhalten aus.

Die andere relevante Plattform ist Unreal Engine. Unreal, bekannt für leistungsstarke grafische Fähigkeiten und hochqualitativen Renderings, wird häufig in High-End-Spielen, Filmproduktionen und zunehmend auch in XR-Anwendungen eingesetzt. Im Vergleich zu Unity ist Unreal besonders in Projekten gefragt, die extreme grafische Präzision und Realismus erfordern.

Sowohl Unity als auch Unreal treiben die Entwicklungen im Bereich XR strategisch voran und sehen in diesem Segment ein enormes Wachstumspotenzial. Angesichts der zunehmenden Bedeutung des Unreal Engine hat Exit Games entschieden, „Photon Fusion“ auch für dieses Ökosystem anzubieten.

2.3.2. XR Endgeräte

Exit Games muss sicherstellen, dass die entsprechenden Photon Produkte optimal auf die technischen Anforderungen moderner VR-Headsets abgestimmt sind. Besonders marktführende Geräte wie die Meta Quest (Oculus) und die Apple Vision Pro erfordern spezifische Optimierungen, um die bestmögliche Performance und Nutzererfahrung zu gewährleisten. Während die Meta Quest als zugängliches und erschwingliches Headset breite Nutzergruppen anspricht, setzt die Apple Vision Pro auf High-End-Technologie mit einem Fokus auf Mixed Reality (MR) und einer Premium-Zielgruppe. Andere Geräte wie Magic Leap, HTC Vive und Microsoft HoloLens spielen ebenfalls eine Rolle, stehen jedoch nicht im primären Fokus, sondern werden als ergänzende Plattformen unterstützt.

Mit „Photon Fusion 2“ wird die Kompatibilität für die Meta Quest Devices, aber auch für die Apple Vision Pro sichergestellt. In 2024 wurde von Exit Games AR Sample erstellt, welches eine „cross-device“ Nutzung ermöglicht. Das bedeutet, dass Nutzer eine „Meta Quest 3“ und einer Apple Vision Pro gemeinsam in einer Anwendung interagieren können.

⁵ Photon Proxies stellen die Kommunikation zwischen Client und Server sicher, somit werden Spielereingaben ordnungsgemäß verarbeitet.

Meta Quest

Meta hat laut Berichten bis Ende 2023 insgesamt über 25 Millionen VR-Headsets verkauft. Der Großteil entfällt auf die Quest 2, gefolgt von der Quest 1 und Rift-Serie.

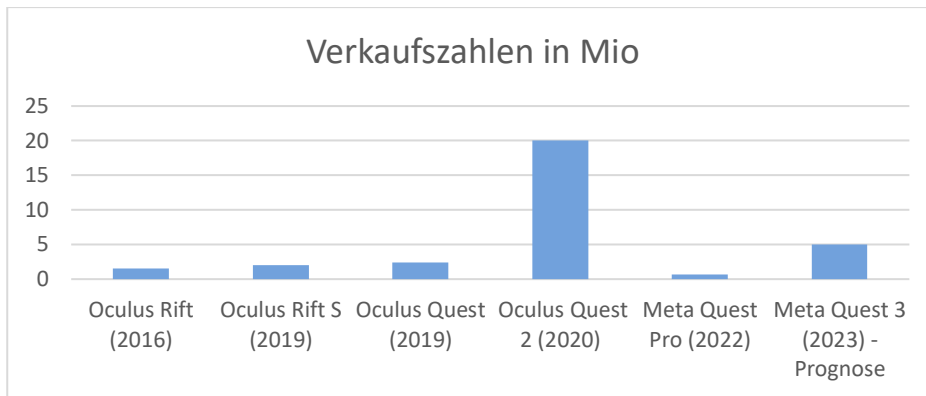


Abbildung 2: Verkaufszahlen und -prognosen Oculus/ Quest Devices

Seit Q2 2024 ist „Photon Fusion“ in die "META Multiplayer Building Blocks" integriert. Die „META Multiplayer Building Blocks“ ist eine Sammlung von Entwicklungswerkzeugen und -komponenten, die speziell dafür entwickelt wurde, Multiplayer-Funktionalitäten in VR- und AR-Anwendungen zu integrieren, die auf der Meta Quest-Plattform laufen. Sie bieten eine Reihe von vorgefertigten Lösungen und APIs, die es Entwicklern erleichtern, Echtzeit-Multiplayer-Interaktionen schnell zu erstellen und zu verwalten, ohne jedes einzelne Detail von Grund auf neu programmieren zu müssen.

<https://developers.meta.com/horizon/documentation/unity/bb-multiplayer-blocks/>

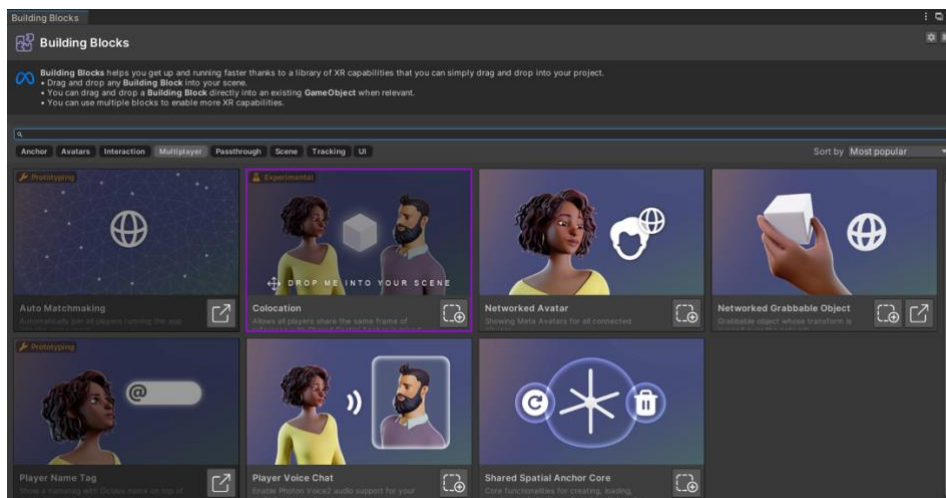


Abbildung 3: Oberfläche der Meta Building Blocks mit der Möglichkeit Photon Komponenten auszuwählen

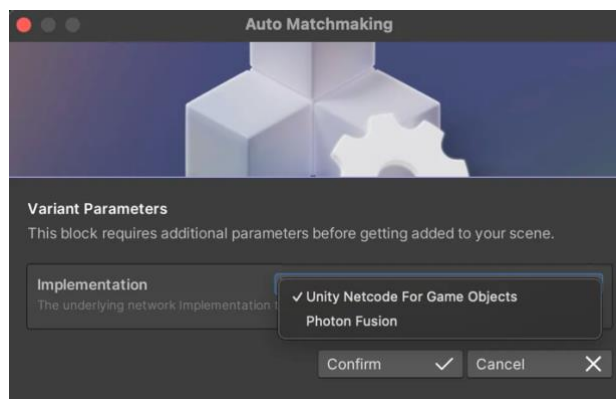


Abbildung 4: Matchmaking Komponente mit der Möglichkeit Unity Netcode oder Photon Fusion auszuwählen

Apple Vision Pro

Am 02. Februar 2024 startete in den USA der Verkauf des mixed-reality Headsets von Apple, der „Apple Vision Pro“. Die Apple Vision Pro hat aufgrund ihrer fortschrittlichen Funktionen wie hochauflösenden Displays, Augen- und Hand-Tracking sowie nahtloser Integration in das Apple-Ökosystem bereits hohe Erwartungen geweckt.

Apple plant, zunächst 1 Million Einheiten zu verkaufen, und prognostiziert, dass die Nachfrage in den kommenden Jahren steigen wird, wenn die Technologie weiterentwickelt wird und der Preis sinkt. Die erste Marge von 200.000 Endgeräten war mit dem Start der Vorbestellungen am 19. Januar sofort ausverkauft.

Mit einem Einstiegspreis von rund 3.500 USD richtet sich das Gerät vor allem an professionelle Anwender und Early Adopters, was es für Entwickler zu einer wichtigen Plattform für Premium-Anwendungen macht.

2.4. Samples und Prototypen

2.4.1. VR-Modul „Meeting“

Im Jahr 2022 wurden die bestehenden Module „Klima-ACT! Hub“ und „Klima-ACT! Game-Hub“ technisch und funktional weiterentwickelt bzw. ausgebaut.

Im Folgenden werden die Anwendungen beschrieben, die für die KlimaAct! Module zum Einsatz kommen. Alle Module werden für Meta Quest, Mac und MS Windows zur Verfügung gestellt.

Die Navigation und Interaktion kann via Maus und Tastatur (Mac, MS Windows) oder die Controller der Meta Quest erfolgen.

Im Rahmen ersten Projektphase wurde eine prototypische „Meeting“-Anwendung erstellt.



Abbildung 5: „Meeting“-Anwendung auf Basis der „Photon Fusion“ Beta

2.4.2. „Fusion Escape Room“

Das initiale Modul „Klima-ACT! Game Hub“ bestand im Wesentlichen aus der VR - Beispielanwendung „Escape Room“. Die folgende Grafik zeigt den „Fusion Escape Room“ und die dort enthaltenen Objekte. Mit einem Großteil dieser Objekte kann der Nutzer interagieren.

Die Nutzung dieses Moduls erfolgt via „VR Headset“ incl. Controller (zur Interaktion).

Beispielhafte Interaktionselemente sind Greifen von Objekten, Zusammensetzen von Objekten, Werfen von Objekten, Aktivierung von Zahlencodes, Benutzung von Hebeln oder Schaltern.



Abbildung 6: Fusion Escape Room

Die Übergabe des ersten voll funktionsfähigen Release an das Team „KlimaAct!“ erfolgte im Mai 2022. Im Laufe des Jahres wurde dieses weiter optimiert. Diese Optimierung erfolgte vorwiegend mit Blick auf Bugfixing und Performanceoptimierungen. Außerdem erfolgen kontinuierliche Anpassungen zur Gewährleistung der Kompatibilität mit ausgewählten VR-Headsets (insbesondere Oculus).

2.4.3. Avatare

Als „Avatar“ bezeichnet man ein Symbol oder eine Figur, die eine bestimmte Person in einem Videospiel, Internetforum oder eben virtuellen Welt darstellt.

In den entwickelten Modulen kommen aktuell 2 Arten von Avataren zum Einsatz

- Avatare aus einer Standardbibliothek
- Avatare die über den Anbieter „Ready Player Me“ (<https://readyplayer.me/de>) erstellt wurden.

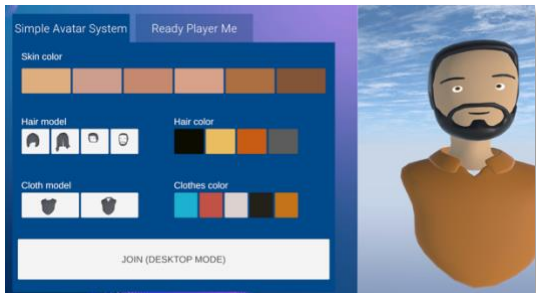


Abbildung 7: Konfiguration eines Avatars"

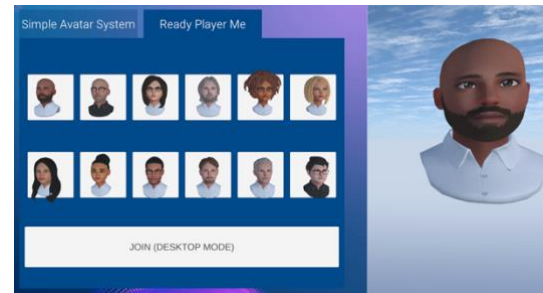


Abbildung 8: Auswahl eines Avatars aus der "Player Ready Me Bibliothek"



Abbildung 9: Meta Avatar mit integrierter Lippsynchronisation auf Basis Fusion Voice

2.4.4. Bots

Ein „Bot“ ist eine Software-Anwendung, die automatisierte Aufgaben über das Internet ausführt. Dabei soll der Bot meist „menschliche Aktivitäten“ übernehmen. Im eCommerce antwortet der Bot oft via Chat auf Kundenanfragen, in unserem Projekt werden Bots genutzt, um „Aktivität“ und zu imitieren, eine „höhere Anzahl“ an Teilnehmern zu simulieren. Die Bots, die im Rahmen von „Fusion Expo“ oder „Fusion Stage“ zum Einsatz kommen, füllen lediglich die Flächen und Räume oder werden für Performancetests genutzt.

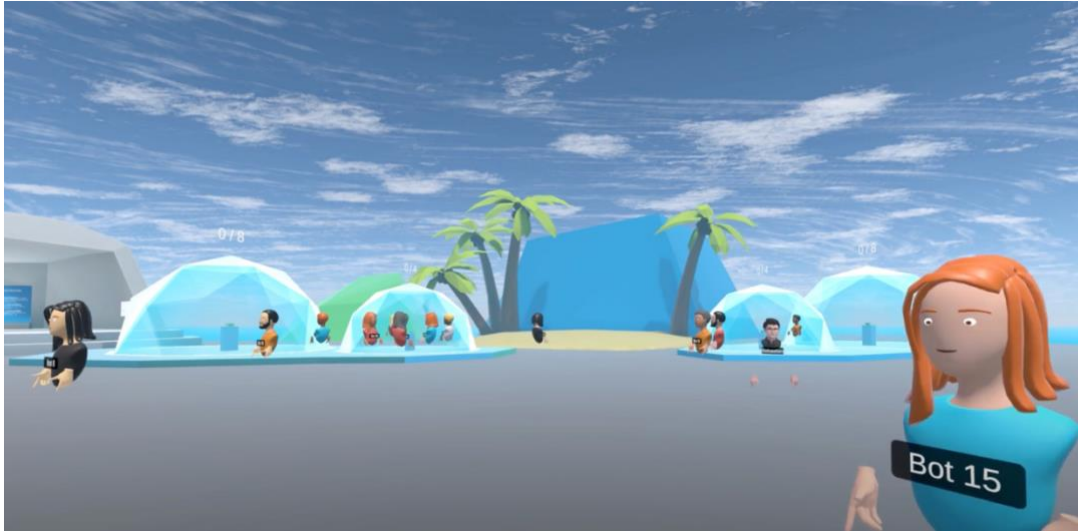


Abbildung 10: Bots auf der Fusion Expo

2.4.5. „Fusion Expo“

Grundkonzept von „Fusion EXPO“ ist eine Fläche, auf der sich Personen bewegen und miteinander interagieren/ kommunizieren können.

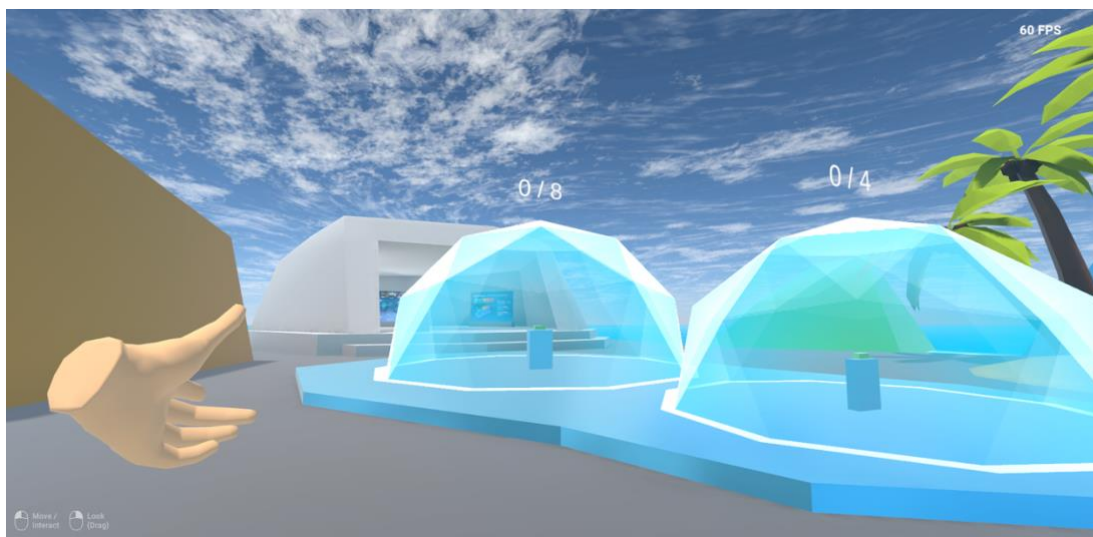


Abbildung 11: Fusion Expo

Kommunikation

Die Kommunikation der Nutzer kann auf folgende Art und Weise erfolgen:

- Befinden sich die Nutzer in einem definierten Radius, dann können Sie miteinander kommunizieren. Diese Funktion wird bei Exit Games als „Dynamic Chat Bubble“ bezeichnet.
- Die Nutzer begeben sich in eine existierende, sogenannte „Static Chat Bubble“, und können dort miteinander sprechen. Die Anzahl der maximalen Nutzer pro „Static Chat Bubble“ kann individuell definiert werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, den Zugang weiterer Nutzer zur „Chat Bubble“ zu sperren und wieder zu entsperren. Dies erfolgt dann durch die Nutzer in der „Chat Bubble“.



Abbildung 12: Sperren der "ungesperreten Chat Bubble"

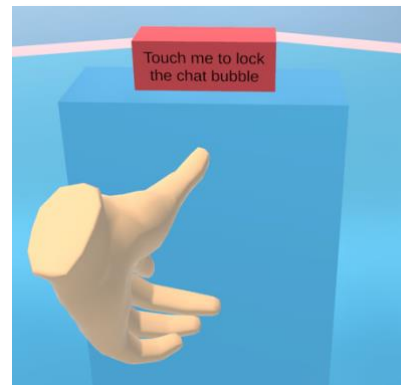


Abbildung 13: Entsperren der "gesperreten Chat Bubble"

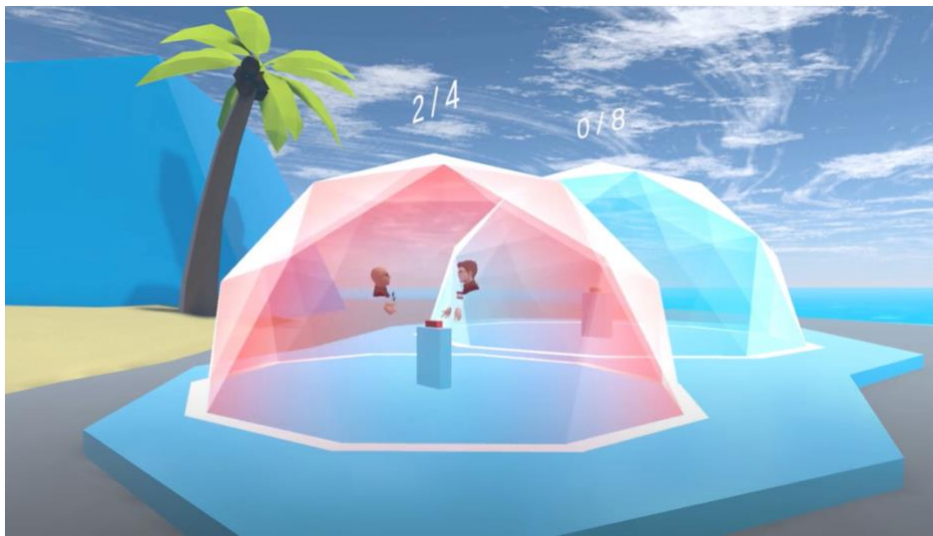


Abbildung 14: Gesperrete "Static Chat Bubble". Diese Bubble kann im ungesperreten Zustand max. 4 Nutzer aufnehmen.

Zeichnen

Ein weiteres Feature, welches in „Fusion EXPO“ integriert wurde, ist die Möglichkeit für die Nutzer 2D und 3D zu zeichnen. Dazu ergreifen die Nutzer einen Stift und zeichnen an auf ein Whiteboard (2D) oder frei im virtuellen Raum (3D). Die Zeichnungen können bewegt oder gelöscht werden. Die Nutzer können sich auch um die erstellte 3D Zeichnung bewegen.



Abbildung 15: Nutzer zeichnen gemeinsam am Whiteboard (2D)

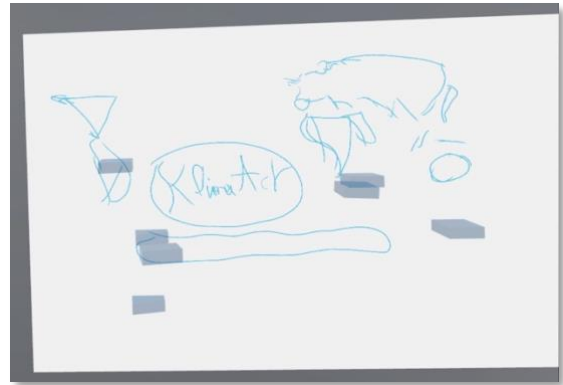


Abbildung 16: Erstellte 2D Zeichnung

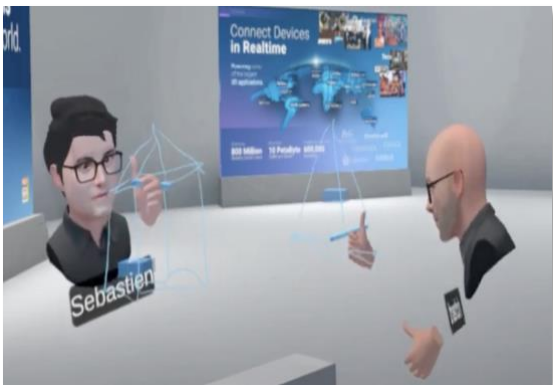


Abbildung 17: Nutzer erstellen gemeinsam eine 3D Zeichnung



Abbildung 18: Erstellte 3D Zeichnung

2.4.6. „Fusion Stage“

„Fusion Stage“ ermöglicht, eine Definition von Vortragenden, die dann zu Zuschauern sprechen und dabei auch Videos präsentieren oder den Bildschirm eines Computers teilen können. Außerdem bietet „Fusion Stage“ die Möglichkeit zur Interaktion und Kommunikation zwischen Vortragendem und Zuschauer. Aktuell ist maximale Anzahl an teilnehmenden Nutzern (Vortragende und Zuschauer) auf 200 begrenzt.

Als Vortragender muss man sich auf der Bühne befinden, die Anzahl der Vortragenden kann von den Nutzern auf der Bühne über ein Interface limitiert werden.

Über dieses Interface kann auch die Präsentation von Videos oder Screensharing gesteuert werden. Außerdem ermöglicht dieses Interface das Management von Anfragen aus dem Publikum.

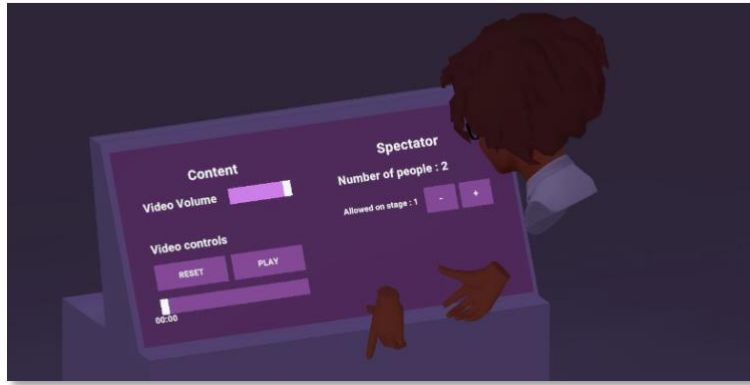


Abbildung 19: Interface zur Steuerung von Video, Bildschirmfreigabe und Anfragen aus dem Publikum

Die Zuschauer befinden sich im Auditorium und nehmen an den Präsentationen der Redner teil (visuell und akustisch).

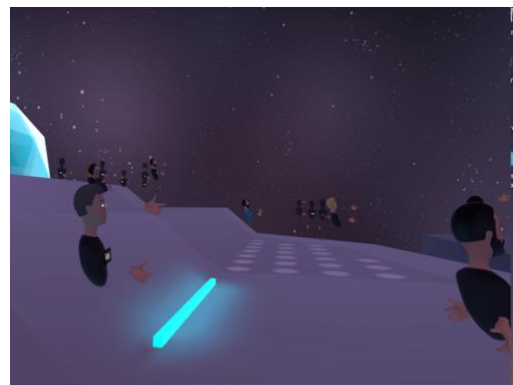
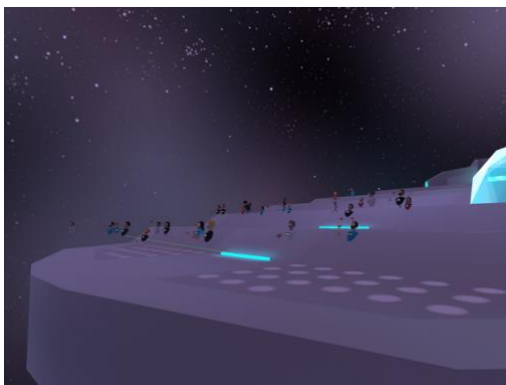
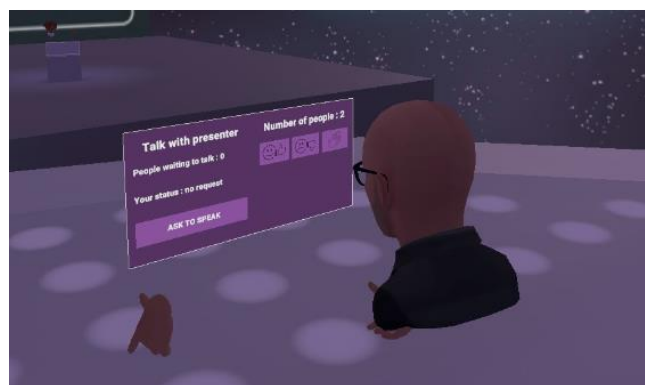


Abbildung 20: Zuschauer im Auditorium „Fusion Stage“

Wortbeitrag der Zuschauer

Außerdem können die Zuschauer über das Interface anfragen, einen Wortbeitrag zu leisten. Nach Freigabe durch den Präsentator wird das Mikro des entsprechenden Zuschauers freigeschaltet und alle Zuschauer können die Wortmeldung/ Frage hören.



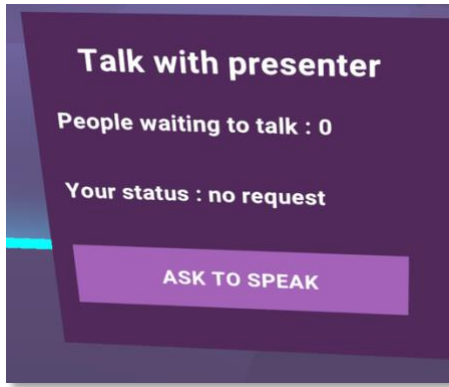


Abbildung 21: Beantragung eines Wortbeitrags durch den Zuschauer

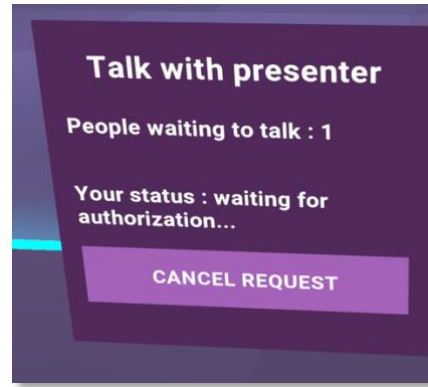


Abbildung 22: Antrag auf Wortbeitrag kann zurückgezogen werden

Feedback an die Vortragenden

Über ein Interface können die Zuschauer mit den Vortragenden interagieren, indem sie durch Aktivieren von Icons (Applaus, Daumen hoch, Daumen runter) visuelles Feedback zum Vortrag geben.



Abbildung 23: Interface mit Feedback - Buttons



Abbildung 24: Feedback der Zuschauer aus Sicht des Vortragenden

Bildschirmfreigabe

Die Vortragenden können einen Bildschirm freigeben, dessen Inhalte (Präsentationen) dann auf der Leinwand hinter der Bühne dargestellt werden. Für die Bildschirmfreigabe ist die Anwendung „Fusion Stage Screen Sharing Recorder“ erforderlich.

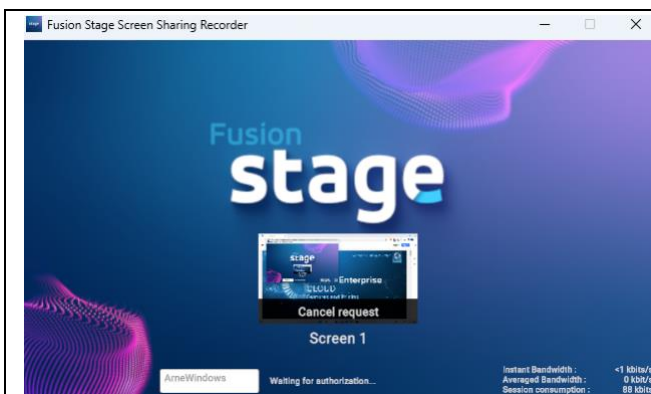


Abbildung 25: "Fusion Stage Screen Sharing Recorder"



Abbildung 26: Präsentation einer PDF-Datei auf der Bühne

Videowiedergabe

Der Vortragende hat die Möglichkeit, ein Video auszuwählen, welches dann auf den Bildschirmen hinter der Bühne abgespielt wird.



Abbildung 27: Präsentation eines Videos auf 2 Bildschirmen

2.4.7. Fusion Meeting

Fusion Meeting bietet einen umfassenden Ansatz für virtuelle Meetings mit einer breiten Palette von Funktionen für die Zusammenarbeit, die auf die Anforderungen heutiger Online-Meetings in Unternehmen zugeschnitten sind.

Features des Samples "Fusion Meeting" sind beispielsweise:

- Aktivieren/ Nutzen von „privaten Meetingräumen“ oder Aufsuchen Meetingräumen mit „Schallisolierung“
- Benutzer können in Echtzeit mit virtuelle 3D- oder 2D-Stiften skizzieren, zeichnen und Anmerkungen machen
- Screensharing für Präsentationen und gemeinsames Arbeiten der Nutzer.



Abbildung 28: Meetingraum mit verschiedenen Interaktionsmodulen und Räumen



Abbildung 29: Aktivierung/ Nutzung privater Gruppen, bei denen sich die Nutzer in verschiedene Räume aufteilen können.



Abbildung 30: Raum für „spontane“ private Gespräche, die bei geschlossener Tür nicht von außerhalb des Rahmens gehört werden können.



Abbildung 31: 3D Zeichnen im freien Raum, gezeichnete Objekte können in alle Richtungen bewegt werden.

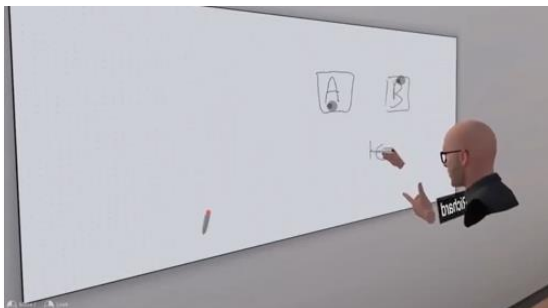


Abbildung 32: 2D Zeichnen an horizontalen und vertikalen Whiteboards.



Abbildung 33: „Screensharing“ von Bildern, Präsentationen, Videos

2.4.8. Fusion Metaverse

Im Sample „Fusion Metaverse“ können die Nutzer über Portale durch verschiedene "Spaces" navigieren und diese Erfahrungen gemeinsam mit Freunden teilen, indem sie persönliche Gruppen bilden.

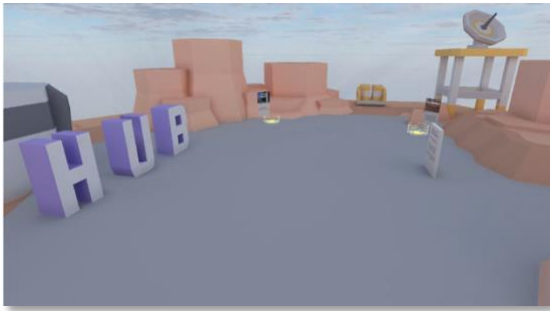


Abbildung 34: Hub mit Portalen als Zugang zu den jeweiligen Spaces



Abbildung 35: Portal – hier Zugang zum Space „Art Gallery“



Abbildung 36: Space „Art Gallery“: Kunstgalerie, in der Kunstwerke über eine Suche und externe API gesucht/ gefunden und angezeigt werden können.

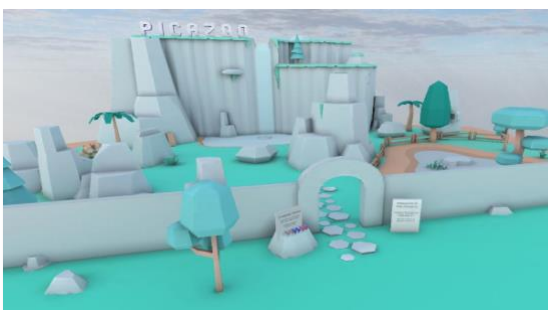


Abbildung 37: Space „Picazoo“: Spielerische Anwendung, bei der mit Hilfe einer Farbpistole unsichtbare Tiere gefunden und mit sichtbar gemacht werden müssen.



Abbildung 38: Space "Music" Szene mit DJ - Pult und steuerbarer Lichtanlage

2.4.9. Fusion Sticky Notes Cross-Platform Remote Relocation

Dieses Sample ermöglicht Nutzern die gemeinsame Arbeit mit virtuellen Haftnotizen, Stift und Whiteboard. Die Nutzer arbeiten dabei an dem gleichen virtuellen Whiteboard, unabhängig von Ihrem Standort oder Ihrem XR Device (Meta Quest, Apple Vision Pro).



Abbildung 39: Nutzer des Samples mit Apple Vision Pro und Quest 3 + Logitech MX Ink.



Abbildung 40: Gemeinsames Arbeiten mit Stickynotes an einem Whiteboard

Eine Integration des [Logitech MX Ink](#) erfolgte ebenfalls. Dieser Stift ermögliche das virtuelle Zeichnen in 2D und 3D auf sehr realistische Weise, z.B. durch die Integration von „Force Feedback“



Abbildung 41: [Logitech MX Ink](#).

2.4.10. Fusion Sticky Notes Cross-Platform Meta SSA Colocation

Bei diesem Sample können Nutzer miteinander interagieren, die sich im selben Raum befinden und Quest-Headsets verwenden. Durch die Nutzung von „Meta Shared Spatial Anchors“ können mehrere Benutzer in Echtzeit am selben Ort in Mixed Reality arbeiten. Zum Einsatz kommen Finger- und Controller-Tracking. Außerdem wurde der Logitech MX Ink integriert.



Abbildung 42: Benutzer, die sich am selben Ort befinden und beide eine Meta Quest verwenden



Abbildung 43: Echtzeit-Synchronisation von Texturzeichnungen mit mehreren Stiften bei gleichzeitiger Bearbeitung

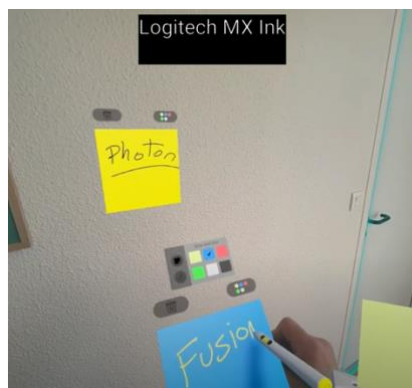


Abbildung 44: Schreiben und Zeichnen mit dem Logitech MX Ink

2.4.11. Fusion Cross-platform Mixed Reality

Dieses Sample besteht aus einer Mixed Reality Anwendung die es sowohl Apple Vision Pro- als auch Meta Quest-Benutzern ermöglicht, gemeinsam an einer Sitzung teilzunehmen.

In dem Sample können die Nutzer Blöcke stapeln. Als Grundlage dafür können echte Objekte, wie z.B. ein Tisch, genutzt werden.



Abbildung 45: Nutzer wird als Avatar im gleichen Raum (mixed reality) dargestellt.



Abbildung 46: Auf er kannten horizontalen Flächen können die Bausteine platziert/ gestapelt werden.

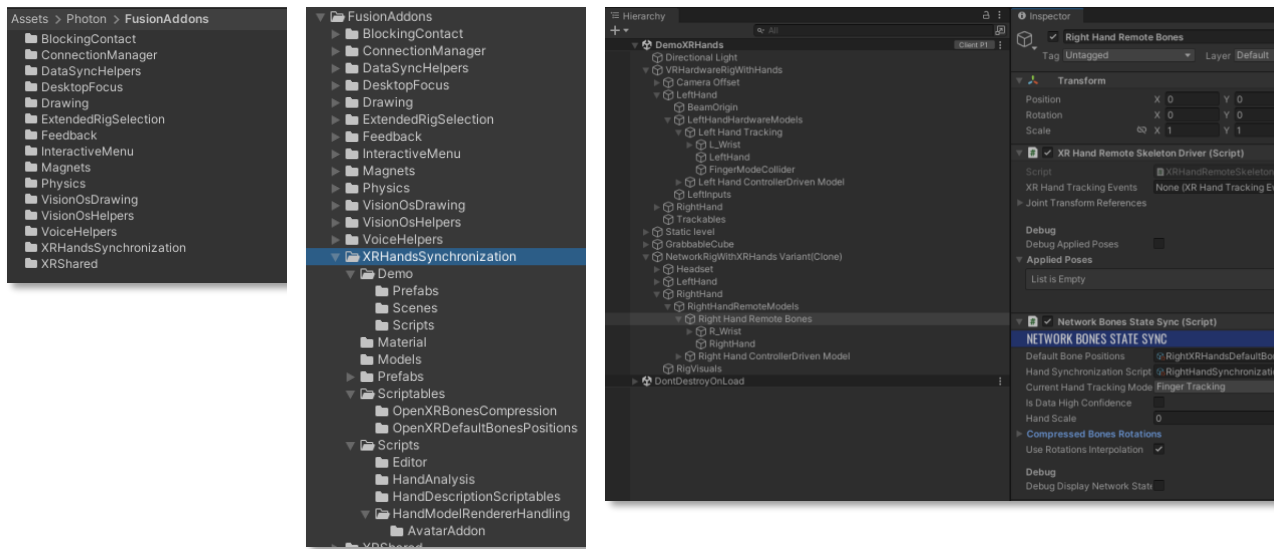
2.5. Portierung der Samples

Ein initialer zentraler Gedanke im Projekt KlimaAct! war es, möglichst viele Personen, insbesondere Schülerinnen und Schüler, aktiv in die Anwendungen einzubinden. Dementsprechend sollten die XR-Anwendung nicht ausschließlich auf VR-Geräten genutzt werden können, sondern auch auf gängigen mobilen Geräten wie Smartphones und Tablets sowie auf herkömmlichen Rechnern.

- Portierung für Mac OS und MS Windows
 - o Hierbei wurden die Anwendungen für die Nutzung unter Mac OS und MS Windows angepasst und hinsichtlich Performance optimiert. Für MAC OS musste dabei eine Differenzierung zwischen Intel und MAC-Prozessoren vorgenommen werden.
- Portierung für iOS und Android
 - o Die Portierung für die mobile Nutzung, bzw. Nutzung mit Touchdisplay erfolgte für iOS und Android. Hier waren vor allem UX-Tests und entsprechende Optimierungen für die Anpassung via Touchdisplay erforderlich.
- Portierung für die Nutzung im Browser
 - o Für die Nutzung der „VR Module“ via Browser kommt der Standard WebXR zum Einsatz.
 - o Die „WebXR Device API“ ist ein Standard, der von Konsorten wie „Immersive Web Community“, „Immersiver Web Group“ und „W3C“ definiert wurde und Zugriff auf AR, VR Devices/ Applikationen definiert. Im Rahmen von Photon „Fusion VR“ werden aktuell die aktuellen Browserversionen von Google Chrome und Quest unterstützt.
 - o Eine der größten Herausforderung bei der Portierung für WebXR bestand in der Optimierung der Performance und der Minimierung von Ladezeiten. Gerade beim Start des VR-Moduls im Browser müssen noch hohe Ladezeiten in Kauf genommen werden.

2.6. Fusion Addons

Exit Games hat bisher ca. 30 Addons für „Photon Fusion“ bzw. „Photon Fusion 2“ entwickelt. Diese Addons lädt der Entwickler in die UNITY Entwicklungsumgebung und kann einfach darauf zugreifen, bzw. diese in seinen Projekten nutzen.



Stand Oktober 2024 stehen den Entwicklern folgende „Fusion XR Addons“ zur Verfügung.

- 2D & 2D Drawings
- Avatar
- Blocking Contact
- Chat Bubble
- Connection Manager
- Data Sync Helpers
- Desktop Focus
- Dynamic Audio Group
- Extended Rig Selection
- Feedback
- Interactive Menu
- Line Drawing
- Locomotion validation
- Logitech MX Ink
- Magnets
- Meta Avatar
- Meta Core Integration
- Meta OVR hands synchronization
- Ready Player Me Avatar Integration
- Screen sharing
- Social Distancing
- Spaces
- Sticky Notes
- Texture Drawing
- Touch & Hover
- Virtual Keyboard
- visionOS Helpers
- Voice Helpers
- XR Hands synchronization
- XR Shared