

Abschlussbericht

AR-Navigationsanwendung für HoloLens 2 mit Anbindung an die Formation App: MFAR LogPro

1. Vereinbarter Leistungsgegenstand:

- a) Entwicklung einer spatial-Mapping getriebenen, graphenbasierten Ortungs-/Navigationsapp in Visual Studio/Unity (HoloLens2 AR)
- b) parallele Darstellung von lokaler AR-MiniMap sowie Navigationspfeilen und Formation-GUI in HoloLens2 App
- c) eine Verknüpfung der lokalen Mixed-Reality Karte (basierend auf Spatial Anchoring) mit der globalen Formation Karte (basierend auf Open Street Map Daten) mittels zweier Koordinaten oder eines Koordinaten und eines Winkels („Map-Sync“)
- d) Umrechnung des lokalen AR-Standorts (Position des HoloLens-Trägers auf der lokalen Karte) zur korrekt positionierten Darstellung in der globalen Karte der Formation App
- e) Übermittlung des umgerechneten globalen Standorts per Formation-API Zugriff an die Formation Server und Darstellung im Formation Client
- f) Bei Auswahl eines Tasks/Punkts in der Formation App, soll die Navigation in der Mixed Reality gestartet werden

Die geplante AR-Navigationsanwendung für die HoloLens 2-Plattform mit Anbindung an die kartenbasierte Formation Produktivitäts-App wurde erfolgreich implementiert. Die Anwendung erfüllt die gestellten Anforderungen und bietet darüber hinaus erweiterte Funktionalitäten, die in vielfältigen Szenarien Anwendung finden und gegebenenfalls im Rahmen weiterer Forschungs-Kooperationen nutzbar gemacht werden können.

Zum Testen der geplanten technischen Funktionalitäten und zur Verdeutlichung ihres praktischen Nutzens wurde ein Demo-Case entwickelt, der einen typischen Einsatzworkflow

darstellen soll. Dieser Demo-Case wurde im Office von Formation angesetzt und ist folgendermaßen zu verstehen: Ein Mitarbeiter kommt ins Büro und setzt seine HoloLens auf, woraufhin er automatisch in die Formation App eingeloggt und das Programm gestartet wird. Ein Dispatcher sieht im Backend einer Software das Einloggen des Mitarbeiters und ändert daraufhin einen ihm zugewiesenen Auftrag (Task) von „Not Started“ nach „In Progress“. Im HoloLens Display des Mitarbeiters erscheint eine Meldung, dass ein neuer Task eingegangen ist, woraufhin die Navigation zu diesem Task gestartet werden kann. Daraufhin werden die zuvor eingespeicherten Spatial Anchors im Raum gesucht, die als Wegpunkte hin zum Zielpunkt des Tasks dienen. Sobald diese gefunden sind, wird der kürzeste Pfad berechnet und die geplante Route angezeigt. Eine Besonderheit bei der Navigation innerhalb von Gebäuden ist, dass alle Hindernisse auf dem Weg zum Ziel zu berücksichtigen sind (Wände, Türen, Möbel, etc.). Die Spatial Anchors müssen deshalb immer an vor Abzweigungen und Türen platziert werden. So ist es möglich dem Mitarbeiter die korrekte Orientierung des Wegs zum Ziel anzuzeigen und nicht einfach nur die Luftlinie zum Ziel. Neben den für diese Demo notwendigen Spatial Anchors wurden noch weitere im ganzen Formation Office verteilt, für jeden Raum und jeden Zugang zu einem Raum mindestens einer, so dass auch die Navigation zu anderen Tasks als den im angehängten Video gezeigten, möglich ist. Die Spatial Anchors, deren Verbindung die kürzeste Route zum Ziel darstellt, werden als Wegpunkte markiert. Wegpunkte werden in der Mixed-Reality der HoloLens farblich markiert sobald sie erreicht werden. Bei Erreichen des Zielwegpunkts, gibt das Programm eine Aufforderung einen QR Code zu scannen, der Details zum Task in der Formation App zeigt sowie die Möglichkeit bietet, ihn als abgeschlossen zu markieren. Anschließend kann der Mitarbeiter durch den Dispatcher den nächsten Task zugewiesen bekommen.

Dieser Demo-Case kann in Verbindung mit der Formation App beliebig auf andere Anwendungen zugeschnitten werden. Denkbar wäre etwa die cm-genaue Führung von Mitarbeitern in Großlagern für Ein- und Auslagerungsprozesse inklusive Auftragsquittierung.

Im Folgenden werden die verschiedenen geplanten Aspekte und Funktionen der Anwendung, aufgetretene Probleme bei der Implementierung/Integration sowie deren Lösungen näher erläutert:

a. Visual Studio/Unity für die Entwicklung:

Um nicht die gesamte Navigation vollständig selbst implementieren zu müssen, was im Rahmen der kurzen Projektdauer nicht realisierbar gewesen wäre, wurde als Grundlage die OpenSource Software HoloNav genutzt, die im Rahmen einer interdisziplinären Projektarbeit durch Tianyu Wu, Laura Schalbette und Xavier Brunner 2019 an der ETH Zürich entstanden ist. Die Entscheidung, Visual Studio und Unity für die Weiterentwicklung der Anwendung zu nutzen, hat sich als äußerst sinnvoll erwiesen. Diese Plattformen ermöglichten es, die Anforderungen effizient umzusetzen und eine benutzerfreundliche Schnittstelle zu schaffen. Der vorhandene von GitHub bezogene Quellcode (<https://github.com/Tianyu-Wu/HoloNav>) war nicht leicht zum Laufen zu bekommen, zunächst mussten hier die korrekten Voraussetzungen geschaffen werden: entsprechend mit dem Projektstand rückwirkend kompatible Versionen von Visual Studio / Unity sowie des Mixed-Reality Toolkits und des Azure Spatial Anchor SDKs mussten installiert und konfiguriert werden. Zudem musste das bisweilen komplizierte Debugging der HoloLens erlernt werden.

Zur Konfiguration musste unter anderem ein Azure-Cloud Account angelegt werden und 2 Tabellen eingerichtet werden. Die eine enthält die nötigen Daten um lokale Spatial-Anchors wiedererkennen zu können, die zweite enthält die Informationen zu den Knotenpunkten des intern verwendeten Navigationsgraphen. In der App mussten anschliessend dann die Zugriffsschlüssel für diese Tabellen hinterlegt werden, damit diese durch die App gelesen und beschrieben werden können.

Nach den ersten erfolgreichen Tests der Software auf der HoloLens2 mussten diverse Bugs behoben werden. Hierzu zählen vor allem Null-Pointer-Exceptions und unvollständige Fehlerbehandlungen. Die Inbetriebnahme und Fehlerbeseitigung des Open-Source-Quellcodes hat fast die Hälfte der Projektzeit in Anspruch genommen. Die andere Hälfte der Projektzeit wurde für die Erweiterung der Funktionalitäten in der HoloLens App und zur Konstruktion eines Demo-Cases genutzt.

b. Parallele Darstellung von AR-MiniMap und Navigations-GUI:

Die gleichzeitige visuelle Darstellung der geplanten Wegpunktroute, Navigationspfeil und einer Formation-GUI in der HoloLens 2-App stellt sicher, dass der Benutzer stets über klare Orientierungshilfen verfügt, ohne zwischen verschiedenen Ansichten wechseln zu müssen.

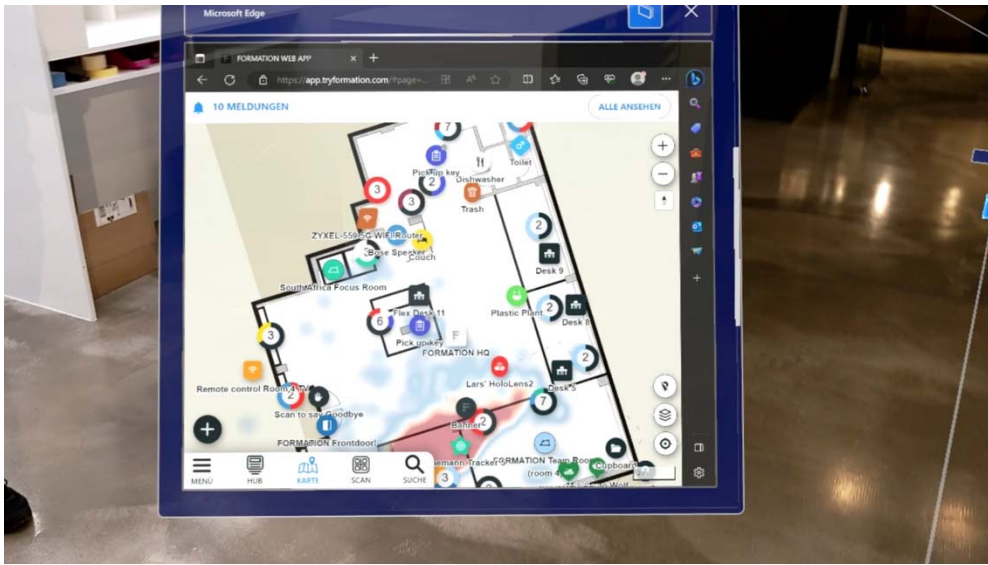


Abbildung 1 Formation App in HoloLens eingeblendet

Die geplante Minimapp konnte im Projektzeitraum nicht verwirklicht werden. Diese kann jedoch durch die Formation App substituiert werden, die ebenso die Orientierung anhand von Gebäudeplänen ermöglicht. Die grundlegenden Funktionalitäten zur Nutzung der Minimapp stehen im Quellcode zur Verfügung und können später eingebunden werden.

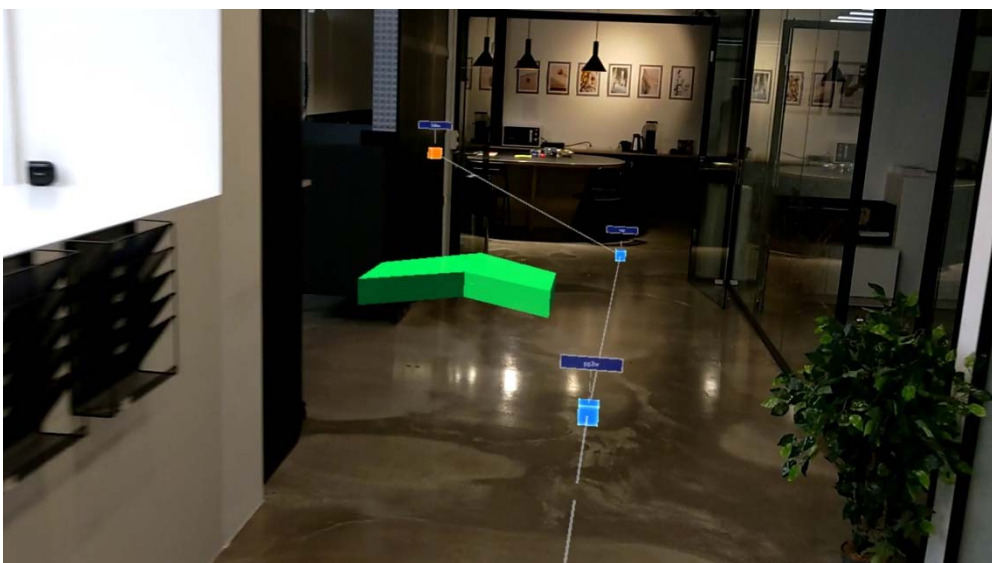


Abbildung 2 Orientierungspfeil zeigt auf nächsten anzulaufenden Wegpunkt

Der Orientierungspfeil zeigt stets auf den nächsten Navigationswegpunkt und ändert seine Richtung sobald ein Wegpunkt erreicht wird. Die Software wurde so eingestellt und getestet, dass ein Wegpunkt als erreicht gilt, sobald man ca. einen halben Meter an ihn herantritt. Sobald man die Blickrichtung auf die Formation App ändert, wird der Orientierungspfeil ausgeblendet.

c./d. „Map-Sync“: eine Verknüpfung der lokalen Mixed-Reality Karte (basierend auf Spatial Anchoring) mit der globalen Formation Karte (basierend auf Open Street Map Daten):

Die "Map-Sync"-Funktion ermöglicht die Verknüpfung von lokalen und globalen Kartendaten und bietet so eine umfassende räumliche Orientierung.

Das Koordinatensystem der HoloLens ist relativ zu den Spatial Anchors aufgebaut. Da die Erkennung dieser Punkte im Raum immer wieder „wackelt“, ist das Koordinatensystem die ganze Zeit in Bewegung, so dass ein direktes Umrechnen der internen lokalen HoloLens Koordinaten der Position des Benutzers mit einem gewissen Fehler einhergeht, der auch in der Darstellung sichtbar gewesen wäre. Die Position des Nutzers verschiebt sich allein durch das Wechseln der Blickrichtung schon leicht.

Zwar ist es relativ einfach möglich zwei Punkte jeweils einen auf der globalen Formation App Karte und einen im lokalen HoloLens System miteinander zu „verheiraten“, da jedoch meist unklar ist mit welcher Orientierung das lokale relative Koordinatensystem aufgespannt ist, ist es sehr schwierig diese lokalen Koordinaten in globale Längen- und Breitengrade umzurechnen, wobei die Umrechnung auch eine Annäherung ist, die einen zusätzlichen Fehler einbringt.

Um diese Fehler zu vermeiden und die genaue Positionierung des Benutzers in der Formation App zu ermöglichen, wurde das Datenbankmodell und die Klasse der Spatial Anchors soweit angepasst, dass sie auch Längen- und Breitenkoordinaten enthalten kann. Für jeden in diesem Demo-Case angelegten Spatial Anchor wurden entsprechende Koordinaten in der Datenbank hinterlegt.

Auf diese Art und Weise sind globale und lokale Kartenpunkte miteinander verknüpft im Sinne eines „Map-Sync“.

e. Übermittlung des umgerechneten globalen Standorts per Formation-API Zugriff an die Formation Server und Darstellung im Formation Client:

Um die Position des Mitarbeiters (siehe Abbildung 1 „Lars HoloLens 2“) an die Formation App zu schicken, wurde ein HTTP Client für die Universal Windows Plattform programmiert, der zuerst die Längen- und Breitengrade des gerade erreichten Wegpunkts aus der Datenbank liest und diese per API Zugriff anschließend direkt in die Datenbank der Formation App schreibt. Auf diese Weise wird unmittelbar nach Erreichen eines Wegpunkts durch einen Mitarbeiter, dessen Position in der Formation App Karte geupdatet.

Die Fähigkeit, den Standort des HoloLens-Trägers in der globalen Karte korrekt zu positionieren, stellt sicher, dass die Navigation präzise und zuverlässig ist. Diese Funktion ist entscheidend für eine erfolgreiche Anwendung in realen Umgebungen.

Für die meisten Anwendungen ist es ausreichend die Position eines Mitarbeiters auf einen Raum oder Raumabschnitt genau orten zu können, was durch entsprechendes Anlegen von Spatial Anchors mit dieser Lösung denkbar ist. Zukünftig wäre eine fließende Umrechnung von lokalen AR-Koordinaten zu globalen Kartendaten allerdings wünschenswert.

f. Bei Auswahl eines Tasks/Punkts in der Formation App, soll die Navigation in der Mixed Reality gestartet werden:

Um Aufträge empfangen zu können wurde als Trigger das Ändern eines Task Status ausgewählt. Sobald ein Task für den gewählten HoloLens Mitarbeiter von einem „Dispatcher“ auf „In Progress“ geschaltet wird, soll die HoloLens App dies registrieren und entsprechend die Navigation zum gestarteten Task ermöglichen.

Dazu fragt die HoloLens App per HTTP Client alle 3 Sekunden die Task Stati der dem Benutzer zugeordneten Tasks ab und wartet darauf, dass einer dieser Tasks auf „In Progress“ geschaltet wird. Sobald dies passiert, unterbricht sie das Task-Polling und liest die Koordinaten des Startpunkts (aktueller Spatial Anchor) und die des Zielpunkts (aus den Task Details) und fragt ob die Navigation gestartet werden soll, woraufhin die Wegberechnung und die Wegführung beginnen kann. Um den erfolgreichen Abschluss des Tasks quittieren zu können, kann am Ende durch das Scannen des Barcodes in der HoloLens der Task direkt in der

in Mixed-Reality integrierten Formation App angezeigt und als abgeschlossen gezeichnet werden.

Die Möglichkeit, Aufgaben und Punkte in der Formation-App auszuwählen und eine Navigation in der Mixed Reality zu starten, vereinfacht die Aufgabenverwaltung erheblich. Benutzer können so effizienter und zielgerichteter arbeiten.

2. Mitarbeiterführung in logistischen Lagern mittels AR-Brillen, Ausblick und Möglichkeiten:

Neben der erfolgreichen Umsetzung der an die Formation App angebunden AR-Navigationsanwendung ist es wichtig, die zukunftsweisenden Aspekte der Mitarbeiterführung in logistischen Lagern mittels AR-Brillen genauer zu beleuchten. Dieser Ansatz bietet eine breite Palette von Vorteilen, die sich positiv auf die Arbeitsabläufe und die Ergebnisse auswirken:

a. Verbesserte Arbeitsprozesse und Schulung:

Die Integration von AR-Brillen in logistische Lagerprozesse ermöglicht Mitarbeitern eine kontinuierliche Schulung und unterstützt sie bei der effizienten Durchführung von Aufgaben. So können insbesondere auch neue Mitarbeitende schnell in bestehende Prozesse eingebunden werden.

b. Effizienzsteigerung:

AR-Brillen bieten eine Echtzeitanzeige von Navigationshinweisen und Informationen zu Lagerbeständen, was die Geschwindigkeit und Genauigkeit der Lagerbewegungen erhöht. Vorstellbar ist etwa, dass die Einzelschritte der zu erledigenden Aufträge (Tasks) ähnlich wie bei Microsofts Dynamics 365 Guides direkt am echten Objekt durch die AR-Technologie eingeblendet werden. Die Einbindung von KI kann hier die bisherigen logistischen Prozesse weiter digitalisieren, so dass Mitarbeitende direkt wissen wo sie hin müssen und was am erreichten Zielwegpunkt zu tun ist und Arbeitsvorgänge weitgehend automatisch protokolliert und quittiert werden können.

Geringere Wartezeiten und kürzere Laufwege werden durch virtuelle Disposition möglich, wenn Aufträge situationsgerecht an Mitarbeiter verteilt werden, die sich sowieso schon in der Nähe der zu erledigenden Tasks befinden und gerade keinen Task zur Bearbeitung haben.

c. Fehlerreduktion:

Durch die visuelle und auditive Unterstützung können Mitarbeiter Fehler und Unregelmäßigkeiten frühzeitig erkennen und beheben, was zu reduzierten Ausschussquoten führt. Durch die automatisierte Protokollierung von Arbeitsvorgängen können bei auftretenden Unregelmäßigkeiten schnell die Ursachen entdeckt werden.

d. Verbesserte Sicherheit:

AR-Brillen tragen zur Sicherheit bei, indem sie Warnungen vor Gefahrenbereichen anzeigen und Anweisungen zur sicheren Arbeitsweise liefern. Bei der Navigation im Lager können Warnhinweise eingeblendet werden, etwa zu in der Nähe fahrenden Gabelstaplern oder schwerem Gerät, so kann die Anzahl an Kollisionen und Arbeitsunfällen gesenkt werden.

e. Echtzeitkommunikation:

Die Integration von Kommunikationsfunktionen ermöglicht es Mitarbeitern, problemlos mit Vorgesetzten und Kollegen in Kontakt zu treten, Nachfragen zu Arbeitsaufträgen zu stellen und so schnelle Entscheidungen zu treffen.

f. Datenerfassung und Analyse:

AR-Brillen ermöglichen die Sammlung von Echtzeitdaten, die zur Prozessoptimierung und Planung genutzt werden können, um eine datengetriebene Verbesserung der Lagerlogistik zu erreichen.

Insgesamt können wir festhalten, dass die Entwicklung und Umsetzung der AR-Navigationsanwendung für HoloLens 2 nicht nur ein technologischer Meilenstein ist, sondern auch eine zukunftsweisende Lösung für die Mitarbeiterführung in logistischen Lagern darstellt. Diese Anwendung bietet die Möglichkeit, die Effizienz, Sicherheit und Qualität in Lagerumgebungen erheblich zu steigern und eröffnet neue Horizonte für die Integration von AR-Technologie in verschiedene Branchen.

Fazit:

Im Rahmen der bisherigen Kooperation von Formation und Technischer Hochschule Wildau zum Thema „Indoor Ortung“, die zuletzt durch die Integration des Hochschuleigenen cm-genauen Indoor-Ortungs-Systems „LogiRange“ als Positionsquelle für die Formation App vorangetrieben worden ist, ist die Nutzung der HoloLens als Positionsquelle und gleichzeitig Darstellungsgerät für die Formation App der nächste konsequente Entwicklungsschritt. Hierdurch wird die Digitalisierung von Arbeitsprozessen weiter vorangetrieben und eine empfindliche Schnittstelle zwischen Arbeitsverwaltung und -ausführung getroffen. Die HoloLens mit ihren vielen möglichen (haptischen) Bedienschnittstellen ist dafür die ideale technische Plattform.

Die erfolgreiche Umsetzung dieses Projekts markiert einen weiteren Schritt in Richtung innovativer Lösungen für die Mitarbeiterführung in logistischen Lagern mittels AR-Brillen. Die Anwendung erfüllt die gestellten Anforderungen hinsichtlich der AR-Navigation und der Integration lokaler und globaler Karten. Die potenziellen Vorteile in Bezug auf Effizienzsteigerung, Fehlerreduktion, Schulung, Sicherheit und Kommunikation sind vielversprechend und machen diese Technologie zu einer spannenden Option für die Logistikindustrie und darüber hinaus. Die erfolgreiche Umsetzung dieses Projekts legt den Grundstein für weitere Entwicklungen und Anwendungen im Bereich der Augmented Reality und Mitarbeiterführung.

Aufgrund des Entwicklungsstopps der HoloLens ist für die nächste Kooperation wohl auf eine andere Plattform zu setzen. Neben Metas Quest und Apples Vision Pro bieten auch zunehmend kleinere Entwickler leichtere und damit komfortablere Modelle an, die mit immer mehr Sensorik ausgestattet werden und dadurch noch flüssiger und intuitiver bedienbar sind.

Lieferung:

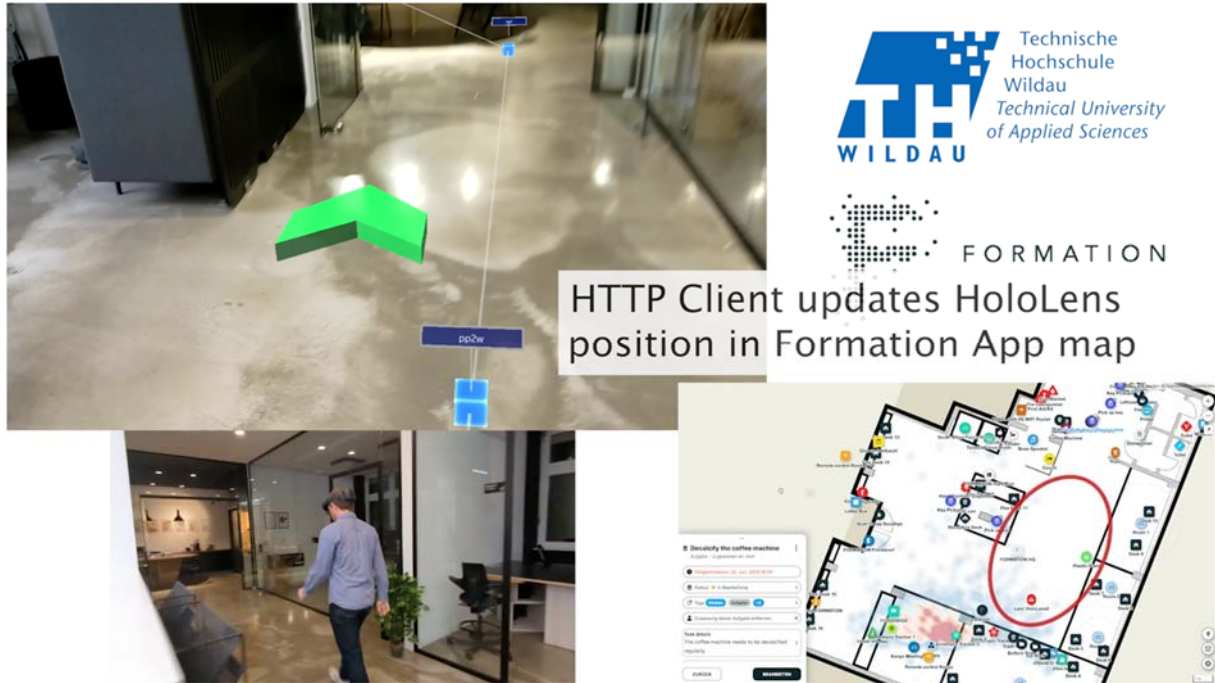


Abbildung 3 Demo-Case Video Formation Office

Der Quellcode wurde Formation vollständig zur Verfügung gestellt.

Das Video des Demos ist hier zu finden:

<https://nextcloud.th-wildau.de/nextcloud/index.php/s/kCmgtrAc7k4EkSM>