

# Entwicklung eines konfigurierbaren Flugtaxi-Simulators mit Hilfe einer kopfgetragenen Anzeige mit Video-Durchsicht – Ein Vergleich verschiedener Mixed-Reality-Ansätze

Johannes Maria Ernst\*, Tim Laudien, Helge Lenz und Bianca Isabella Schuchardt

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Flugführung,  
Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig, Germany

Dem Stau entfliehen, indem man mit dem Flugtaxi darüber hinweg ans Ziel schwebt – wer hat noch nicht davon geträumt? Die aktuelle Forschung zu „Urban Air Mobility“ nährt die Hoffnung, dass dieser Traum in nicht allzu ferner Zukunft Realität werden könnte. Bis dahin sind aber noch zahlreiche Herausforderungen zu meistern: Neben technischen und regulatorischen Fragestellungen ist die Akzeptanz der zukünftigen Passagiere ein entscheidender Faktor, der über den Erfolg von Flugtaxiservices entscheiden wird.

Um den letztgenannten Aspekt in einem Flugsimulator bewerten zu können, ist ein hohes Maß an Immersion erforderlich. Gleichzeitig muss das System aber auch flexibel genug sein, um zum Beispiel verschiedene Kabinenlayouts vergleichen zu können. Mixed- und Virtual-Reality-Technologien bieten viele neue Möglichkeiten, einen Simulator zu realisieren, der diese Anforderungen erfüllt. Die jüngsten technologischen Entwicklungen haben die Fähigkeiten von kopfgetragenen Anzeigen – *head-mounted displays* (HMD) – erheblich verbessert. Ein Beispiel dafür ist die in dieser Arbeit verwendete Mixed-Reality-Brille Varjo XR-3. Sie verfügt über zwei integrierte Videokameras, die es ermöglichen, die reale Umgebung visuell mit einer virtuellen Realität zu mischen. Zusätzlich erleichtern integriertes Handtracking und Tiefensensoren die Interaktion mit virtuellen Elementen. Diese neuen technischen Fähigkeiten ermöglichen die Umsetzung folgender Varianten eines Flugtaxi-Kabinensimulators:

- *Conventional*: physisches Kabinenmodell & Kuppelprojektionssystem
- *Fully Virtual*: virtuelles Kabinenmodell & Außensicht auf immersivem HMD dargestellt, Handtracking erforderlich
- *Mixed Reality*: physisches Kabinenmodell erweitert durch virtuelle Objekte & virtuelle Außensicht, welche auf einem HMD mit Video-Durchsicht dargestellt werden, Handtracking bei Bedarf

Während eine konventionelle Außensicht durch die Ausmaße der Projektionsfläche begrenzt ist, kann den HMD-NutzerInnen in jedweder Blickrichtung eine Umgebungssicht präsentiert werden. Wenn außerdem verschiedene Kabinenvarianten verglichen werden sollen, ermöglicht das HMD den Forschenden, vollständig virtuelle Kabinenmodelle zu zeigen, anstatt verschiedene reale Mockups zu bauen. Dies bringt jedoch zwei Herausforderungen mit sich: Erstens können NutzerInnen in einer vollständig virtuellen Umgebung ihre Hände und ihren Körper nicht mehr sehen, was die Interaktion mit der Umwelt erschwert. Das Handtracking der Varjo XR-3 kann hierbei Abhilfe schaffen, indem virtuelle Handmodelle gezeigt werden, die die Bewegungen der echten Hände nachahmen. Ein weiteres Problem ist das Fehlen einer haptischen Rückmeldung, wenn mit rein virtuellen Benutzeroberflächen interagiert wird. Um das nötige Feedback zu geben, können reale Kabinenelemente integriert und mit ihren virtuellen Gegenständen räumlich in Einklang gebracht werden. Das reale Modell kann in einem vollständig virtuellen Setup mit immersivem HMD zwar nicht gesehen werden, bietet aber dennoch haptisches Feedback.

Im Gegensatz dazu kann man in einer Mixed-Reality-Konfiguration mit Hilfe der Video-Durchsicht-Fähigkeit des HMDs das reale Kabinen-Mockup sichtbar machen. Im Vergleich zu einer vollständig virtuellen Simulation ermöglichen die Kameras eine Interaktion sowohl mit anderen Passagieren als auch mit real existierenden Bedienelementen. Ein großer Vorteil des Mixed-Reality-Ansatzes gegenüber einem konventionellen Simulator ist die Möglichkeit, eine computer-generierte Außensicht virtuell in die Fensterbereiche einzupassen. Dadurch erhält man – wie bei der vollständig virtuellen Variante – eine von der Größe der Projektionskuppel unabhängige Außensicht.

Dieser Beitrag stellt die Umsetzung solcher flexibler Konfigurationen für den DLR-Flugtaxi-Simulator im Detail vor. Außerdem präsentieren die AutorInnen die Ergebnisse einer Probandenstudie, in der die Potenziale und Grenzen der verschiedenen Setups verglichen wurden. Darauf basierend wird das geeignetste Setup für eine umfangreiche Studie zur Passagierakzeptanz unter verschiedenen Flugbedingungen ausgewählt.

\* johannes.ernst@dlr.de