

[www.iu.de](http://www.iu.de)

# IU DISCUSSION

## PAPERS

### Human Resources

Pilotenausbildung der Zukunft: Potenzial und Einsatz  
von Virtual Reality im Flight Training

**FELIX LÜTTICKE**

**MALTE MARTENSEN**

**IU Internationale Hochschule**

Main Campus: Erfurt

Juri-Gagarin-Ring 152

99084 Erfurt

Telefon: +49 421.166985.23

Fax: +49 2224.9605.115

Kontakt/Contact: kerstin.janson@iu.org

Autorenkontakt/Contact to the author(s):

Prof. Dr. Malte Martensen

ORCID-ID: 0000-0002-6538-2957

IU Internationale Hochschule - Campus Berlin

Frankfurter Allee 73A

10247 Berlin

Email: malte.martensen@iu.org

**IU Discussion Papers, Reihe: Human Resources, Vol. 3, No. 1 (DEZ 2023)**

ISSN-Nummer: 2750-0721

Website: <https://www.iu.de/forschung/publikationen/>

# PILOTENAUSBILDUNG DER ZUKUNFT: POTENZIAL UND EIN- SATZ VON VIRTUAL REALITY IM FLIGHT TRAINING

**Felix Lütticke**

**Malte Martensen**

## **ABSTRACT:**

*Commercial aviation is an important part of modern life with flight training being one of its backbones. To foster an airline's financial viability, investments in sustainable and cost-efficient technologies need to be made. Prior literature suggests that Virtual Reality applications can be used for training purposes effectively while yielding substantial economic benefits. Thus far however, research focused on training of inexperienced, novice flight students. It is the aim of this paper to analyze the didactical, economic, and environmental potential of Virtual Reality for flight trainings of experienced pilots and identify potential use cases within airlines' training operations. Five expert interviews are conducted and evaluated by means of qualitative content analysis. The results indicate that Virtual Reality applications are favorable in several training-related use cases. Apart from didactical advantages, environmental benefits such as a CO<sub>2</sub>-reduction may also be obtained. Due to regulatory as well as technical challenges however, prospects of implementing Virtual Reality in airlines are still limited at present. That is why at this early stage, Virtual Reality is recommended for theoretical training only, with simulator training of experienced pilots still being a developmental area. Economic risks consist of dependence of vendors as well as high initial investment costs.*

## **KEYWORDS:**

*Virtual Reality, VR, Training, Aviation, Pilot-Training*

## **JEL classification:**

*L93, M53, O33*

## **AUTOREN**



**Felix Lütticke** hat nebenberuflich den MBA-Studiengang an der IU Internationale Hochschule absolviert und das Studium zum Bachelor of Science in Aviation Business and Piloting der HTW-Saar abgeschlossen. Hauptberuflich ist er als Linienspilot aktiv und hat Erfahrungen bei verschiedenen Fluggesellschaften und auf unterschiedlichen Luftfahrzeugtypen sammeln können. Weitere Themen waren der kommerzielle Einsatz von Drohnen in der Luftfahrt.



**Prof. Malte Martensen**, Dr. rer. pol., hat seit 2016 die Professur für Personalmanagement und Organisation am Campus Bremen und Berlin der IU Internationale Hochschule inne. Seine Forschungsschwerpunkte bilden die Themen Digitalisierung der Arbeit, Leadership, Entrepreneurship und Organisationspsychologie. Neben seiner wissenschaftlichen Tätigkeit berät er Organisationen unterschiedlicher Branchen und Größen in strategischen Fragen des Human Resources Managements. Als zertifizierter Trainer und Coach ist er methodisch auf die Bereiche agile Führung, Design Thinking und Mediation spezialisiert.

## Einführung

Beflügelt durch große Innovationen ist das Luftfahrzeug zu einem der wichtigsten Verkehrsmittel aufgestiegen und ermöglicht Reisen, die vor wenigen Jahrzehnten noch völlig undenkbar schienen. Während die Flugbewegungen in den letzten Jahren pandemiebedingt stark zurückgingen, geht die internationale Zivilluftfahrtbehörde ICAO davon aus, dass das vorherige Niveau im ersten Quartal 2023 erreicht wird und bis zum Jahresende 2023 ein Wachstum von bis zu drei Prozent gegenüber dem Vor-COVID-19-Niveau erfolgt sein wird (ICAO, 2023). Dieser Wachstumstrend soll sich auch gemäß den Prognosen der beiden größten Flugzeughersteller Airbus und Boeing weiter fortsetzen und beträgt nach ihrer Einschätzung in den nächsten zwanzig Jahren zwischen 3,6 % und 3,7 % jährlich (Airbus, 2023; Boeing, 2023). Um das zukünftige Wachstum der Luftverkehrsindustrie zu ermöglichen, spielt die Luftverkehrssicherheit eine wesentliche Rolle. Aufgrund der Vielzahl von zusammenspielenden Mechanismen und der hohen Sicherheitsstandards, ereignen sich in der Zivilluftfahrt immer weniger Unfälle pro Jahr (Flight Safety Foundation, 2023). Eine der Grundlagen dieser ausgeprägten Sicherheitskultur ist in den hohen Trainingsstandards der Airlines für deren Pilotencorps zu sehen. Nur nach erfolgreich absolvierter Ausbildung bei einer Airline und dem wiederkehrenden, regelmäßigen Training, können Pilot:innen aktiv im Linienbetrieb eingesetzt werden. Doch die Ausbildung und das Training von Lizenzinhaber:innen, wie in diesem Paper thematisiert, ist für eine Fluggesellschaft sehr kostenintensiv, langwierig und komplex (European Flight Academy, 2021). Trotz dieser Aufwände können keine Einschnitte bei der Qualität des Trainings erfolgen, und es werden strenge Überprüfungen durch die jeweiligen Luftfahrtbehörden vorgenommen. Obwohl die Luftfahrtbranche als sehr innovativ gilt sowie technische Erneuerung vorantreibt und einsetzt, gestaltet sich das bisherige Airline-Training klassisch und hat sich in den letzten Jahren wenig revolutioniert. Es basiert auf zeitaufwendigen Schulungen im Frontalunterricht, Computer-based-Trainings [CBT], sowie der Flugausbildung auf komplexen Flugsimulatoren und Luftfahrzeugen selbst (Steinke, 2015).

Genauso wie technischer Fortschritt erst die moderne, uns heute bekannte, Luftfahrt ermöglicht, könnte eine Innovation in einem anderen hoch-technischen Umfeld zur Lösung der wachsenden Bedeutung und den Herausforderungen des Pilotentrainings beitragen: die Rede ist von Virtual Reality [VR]. Die Technologie wird bereits in vielen Branchen und Industriezweigen verwendet. VR eignet sich besonders dazu, Nutzer nahezu vollständig in eine virtuelle Welt eintauchen zu lassen und wird daher häufig in der Computerspiel- und Filmindustrie verwendet (Langer, 2020). Doch auch die Anwendung von VR in der Ausbildung von Mitarbeitenden verschiedener Branchen ist sehr vielversprechend und wird z.B. bereits in der Automobilindustrie und in der Medizin eingesetzt (Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung, 2022; UKE-Stiftung, 2023). Durch die speziellen Eigenschaften von VR könnte sich die Technologie damit insbesondere auch für Trainingsanwendungen für Berufspiloten eignen.

Die beiden oben beschriebenen Themenkomplexe Pilotenausbildung und VR sind bisher nur unzureichend in ihrem Zusammenspiel analysiert. Während es bereits einige Studien zum Einsatz und der Wirksamkeit von VR-Technik für Trainingsanwendungen in komplexen Bereichen gibt, existieren nur wenige Untersuchungen, die einen Bezug zur Pilotenausbildung aufweisen. Auffällig hierbei ist, dass die wenigen Studien mit Bezug zur Luftfahrt lediglich die Ausbildung von Abinitio-Flugschüler:innen, also Lernenden, die das erste Mal einen Flugschein erwerben, mit VR-Unterstützung thematisieren

(Hight et al., 2022; Labedan et al., 2021). Die Anwendbarkeit von VR beim Training von erfahrenen Pilot:innen im Kontext einer Fluggesellschaft, wurden dabei nicht beleuchtet. Das vorliegende Paper soll Auskunft darüber geben, ob sich der Einsatz von Virtual-Reality-Technologie in der Ausbildung und dem Training von erfahrenen Linienpilot:innen qualitativ, ökonomisch und ökologisch lohnen könnte oder ob davon abzuraten ist. Gegebenenfalls werden anschließend Handlungsempfehlungen zu einer möglichen Implementierung ausgearbeitet.

## Theoretische Fundierung

### **PILOTENAUSBILDUNG**

Generell ist zwischen der Ausbildung von Luftfahrzeugführer:innen und dem Auffrischungstraining von Bestandspersonal zu unterscheiden. Während die Ausbildung darauf spezialisiert ist, neueingestellte lizenzierte Pilot:innen für den Betrieb einer Airline auszubilden oder auf ein anderes Luftfahrzeugmuster zu schulen, wird im Auffrischungstraining in regelmäßigen Abständen das Wissen gefördert und überprüft. Als Oberbegriff für die Ausbildung und das Auffrischungstraining wird im Folgenden das allgemeine Wort *Training* verwendet. Das Training wird durch das Trainingsdepartment der Fluggesellschaft organisiert und verwaltet. Das ausgearbeitete Programm unterliegt der Genehmigung durch das Luftfahrt-Bundesamt in Form einer Betriebserlaubnis (Luftfahrt-Bundesamt, 2023). Viele Airlines betreiben für das Training ihres Cockpitpersonals ein eigenes Trainingszentrum in Räumlichkeiten an ihrem jeweiligen Firmensitz. Hier befinden sich oft jedoch nur Schulungsräume, die die Fluggesellschaften für die theoretische Ausbildungen nutzen. Für das Simulatortraining, einem elementaren Bestandteil sowohl der Ausbildung als auch des wiederkehrenden Auffrischungstrainings, kaufen viele Airlines Simulatorkontingente bei großen Luftfahrt-Trainingsanbietern ein, die verschiedene Arten an Flugsimulatoren betreiben. Die Anschaffungskosten eines modernen Simulators können bei knapp zwanzig Millionen US-Dollar liegen, sodass diese gerade durch kleinere Airlines nicht selbst angeschafft, sondern Trainingslots stundenweise angemietet werden (Steinke, 2015). Teilweise werden Ausbilder für die Trainings ebenfalls stundenweise gebucht.

#### **Neuausbildung / Musterberechtigung**

Um die bei den Luftverkehrsgesellschaften eingesetzten Luftfahrzeuge operieren zu dürfen, ist je eine entsprechende Musterberechtigung erforderlich. Der theoretische Teil umfasst verschiedene Inhalte, die für den Einsatz als Pilot:in notwendig und vorgeschrieben sind. Der praktische Teil befasst sich mit dem Erlernen der Steuerung des Luftfahrzeuges und besteht aus verschiedenen Simulatortrainings und in gewissen Fällen auch Landetraining auf dem Luftfahrzeug selbst sowie einer Abschlussprüfung (Skilltest). Die einzelnen Ausbildungsabschnitte werden im Folgenden kurz vorgestellt:

*Aircraft-System-Knowledge*: Zunächst wird mit Hilfe von Computer-based-Trainings (CBTs) durch jeden Trainee von zuhause aus Systemwissen über das Luftfahrzeug erlernt. Hierzu zählen Inhalte mit Relevanz zur Bedienung des Luftfahrzeuges durch die Pilot:innen, wie z.B. notwendige Informationen über Hydrauliksysteme, Elektrik oder pneumatische Komponenten. Die eingesetzten CBTs sind dabei lediglich aufbereitete Darstellungen der veröffentlichten Handbücher der Hersteller, bei denen anhand von

zweidimensionalen Grafiken durch eine Präsentation am Computerbildschirm geleitet wird (Steinke, 2015).

*Safety-and-Emergency-Training:* Zu diesem theoretischen Abschnitt zählen Schulungen im Frontalunterricht und eine ca. zweistündige Begehung und Ausbildung auf dem entsprechenden Luftfahrzeug (VO (EU), 965/2012 Part ORO.FC). Es werden die Unterbringungsorte des Notfallequipments an Bord und der korrekte Umgang mit den bordseitigen Notfallausrüstungsgegenständen, wie z.B. Schwimmwesten, Feuerlöschern oder das Notöffnen der Türen trainiert.

*Security-Training:* Diese Trainingseinheit schult die angehenden Pilot:innen im Umgang mit den Sicherheits-Verfahren der Airline. Nach Ankünften von Flügen aus bestimmten Ländern ist laut EU-Verordnung 2015/1998 Annex 1.1.3.4 ein Security-Search durch die Crews vorgeschrieben, der ebenfalls im Rahmen einer Luftfahrzeugbegehung geübt wird. Hierbei wird das Luftfahrzeug von der Besatzung auf verbotene Gegenstände untersucht.

*Walkaround-Training:* Vor jedem Flug muss das Flugzeug gemäß EU-Verordnung 2018/1139 Annex 5.6.2 von einer:m der Pilot:innen durch eine abschließende Sichtkontrolle auf seine Lufttüchtigkeit geprüft werden, oft auch Outside-Check oder Walkaround genannt. Dieser letzte Check ist für die sichere Flugdurchführung besonders relevant, da hier eventuell entstandene Schäden oder Versäumnisse entdeckt werden können. Während eines Rundganges um das Flugzeug werden vor Abflug spezielle Bereiche kontrolliert, die von Flugzeugtyp zu Flugzeugtyp variieren können. Aufgrund der großen Sicherheitsrelevanz schult die Fluggesellschaft daher ihre Piloten:innen mit einem extra Training in Form einer weiteren Flugzeugbegehung.

Die praktische Ausbildung im Simulator unterteilt sich in zwei Bereiche: der Schulung auf einem Flat-Panel-Trainer [FPT] und einem aufwendigen Full-Flight-Simulator [FFS].

*FPT:* Die Ausbildung auf dem FPT umfasst zwei Blöcke, bestehend aus einem Normal-Procedure-Teil und einem Abnormal-Procedure-Teil zum Üben von Notfällen. Das FPT-Training dient dabei dem Erlernen von sogenannten Standard-Operating-Procedures [SOP]. SOPs helfen, die Arbeit im Cockpit zu strukturieren und so standardisiertes Arbeiten zu ermöglichen. Es handelt sich bei einem FPT um einen simplen, unbeweglichen Simulator, bei dem kein Fokus auf die Simulation von Landschaft durch aufwendige Grafik, physische Darstellung von Cockpitbedienelementen oder Wahrnehmung von Bewegung via Motion-Systemen gelegt wird. Dies wird in der EU-Verordnung 2018/006/R, Annex Certification Specifications for Flight Simulation Training Devices [CS FSTD] definiert (CS FSTD (A)200.(c)). Lediglich das Erlernen von Verfahren und Abläufen, nicht jedoch die Steuerung und das händische Fliegen des Luftfahrzeuges, wird hier trainiert und somit auf die nächste Phase, den FFS vorbereitet.

*FFS:* Ein Full-Flight-Simulator entspricht einem Nachbau eines Originalcockpits des entsprechenden Luftfahrzeuges mit allen Knöpfen, Schaltern und Bedienelementen (Annex CS FSTD (A)200.(b) der EU-Verordnung 2018/006/R). Der FFS steht auf hydraulischen Stelzen, dem Motion-System, in einer großen Halle und ermöglicht so Bewegungen um alle möglichen sechs Freiheitsgrade (Reiser, 2023). Die aufwendige Projektion im sogenannten Projektions-Dome, bestehend aus einer halbrunden, großen Projektionsfläche, lässt die Piloten:innen wie im echten Flugzeug bis zu 200 Grad links/rechts schauen und 40 Grad nach oben und unten. Auch wenn es sich bei der Projektion mittels Beamer auf die Leinwände des Domes um eine zweidimensionale Darstellung handelt, wird ein möglichst realistisches räumliches

Sehen durch die große Entfernung der Beamer zur runden Projektionsfläche ermöglicht (Yang et al., 2022).

*Zero-Flight-Time-Training* [ZFTT]: Bevor durch das Luftfahrt-Bundesamt die erforderliche Musterberechtigung in die Berufspilotenlizenz der Pilot:innen eingetragen werden kann, müssen die Kandidat:innen das Absolvieren eines Landetrainings mit mindestens sechs Landungen nachweisen. Bei diesem Training wird speziell das Landen unter verschiedenen Bedingungen geübt. Das Training des fliegerischen Geschicks steht besonders im Fokus. Haben die angehenden Pilot:innen bereits mehr als 500 Stunden Flugenerfahrung oder mehr als hundert Flüge auf Luftfahrzeugen mit einem maximalen Startgewicht über zehn Tonnen absolviert, kann das Training gemäß EASA FCL.730.A(a)(2) in einem FFS erfolgen.

*Flugzeug-Training*: Der letzte Abschnitt bildet die Ausbildung auf dem Luftfahrzeug selbst. Verfügen die angehenden Pilot:innen nicht über die im vorherigen Abschnitt definierte Erfahrung, so hat die Airline ein Landetraining mit einem realen Flugzeug anstelle eines Simulators zu organisieren. Abschließend erfolgt für alle neuen Pilot:innen die Ausbildung im Linieneinsatz, dem sogenannten Line-Flying-under-Supervision [LIFUS]. Während des LIFUS-Programms werden auf Trainingsflügen im Normalbetrieb die Verfahren der Airline gefestigt.

### **Auffrischungstraining**

Um die Flugsicherheit auf höchstem Niveau zu halten, müssen alle Linienpiloten:innen regelmäßige Auffrischungsschulungen und Prüfungen absolvieren. Diese finden in verschiedenen Intervallen jährlich oder halbjährlich statt. Die theoretische Auffrischung umfasst einen Aircraft-System-Knowledge-Test, der im Rahmen des halbjährlichen Simulatorcheckfluges im Briefing vor dem FFS absolviert wird. Es werden zwanzig Multiple-Choice-Fragen zu technischen Systemen gestellt. Das Safety-and-Emergency-Training und das Security-Training werden zusammen an einem Tag im Jahr als Auffrischungstraining eingeplant. Dieses beinhaltet auch eine praktische Feuerlöschübung mit Testfeuerlöschern in einem feuerfesten Container.

#### **Pilotenausbildung:**

##### **Musterberechtigung / Umschulung nach Neueinstellung bei einer Airline:**

###### Theorie:

- Aircraft-System-Knowledge
- Safety-and-Emergency-Training
- Security-Training
- Walkaround-Training

###### Praxis:

- FPT
- FFS
- ZFTT
- Flugzeug-Training

##### **Auffrischungstraining (halbjährlich bzw. jährlich):**

###### Theorie:

- Aircraft-System-Knowledge-Test
- Safety-and-Emergency-Training
- Security-Training (inklusive Firefighting-Training)

###### Praxis:

- FFS
- Linecheck

Abb. 1: Übersicht Pilotenausbildung

Die praktische Auffrischung besteht zum Teil aus Einheiten in einem FFS und einem Linecheck auf dem Luftfahrzeug im Linienbetrieb. Im FFS werden zweimal im Jahr an je zwei aufeinanderfolgenden Tagen erst ein Trainingstag eingeplant, gefolgt von einem Simulatorcheckflug (Skilltest). Der Trainingstag im

Simulator dient der Aufrechterhaltung und Förderung der Fähigkeiten der Pilot:innen. Der Inhalt des Simulatorcheckfluges ist gesetzlich gemäß EASA FCL.725 (TR) vorgeschrieben und umfasst Normalverfahren und die Abhandlung von diversen Notverfahren. Abbildung 1 stellt eine Übersicht der beschriebenen Ausbildungsabschnitte dar.

## **VIRTUAL REALITY**

Um die Auswirkungen von Virtual-Reality-Technik auf den Ausbildungs-/Trainingsbetrieb einer Airline analysieren zu können, wird im Folgenden zunächst der Begriff VR für die weitere Verwendung in dieser Arbeit definiert und dessen Herkunft und Entwicklung erörtert. VR beschreibt laut dem Gabler Wirtschaftslexikon die „*computergenerierte Wirklichkeit mit Bild (3D) und in vielen Fällen auch Ton*“ (Gabler Wirtschaftslexikon, 2021). Während sich heute viele Menschen unter dem Begriff VR lediglich Ein- und Ausgabegeräte wie VR-Brillen und Datenhandschuhe vorstellen, hat Cruz-Neira bereits im Jahre 1993 eine bis heute gültige und umfassende Definition des VR-Begriffs etabliert, die alle wichtigen Eigenschaften von VR beinhaltet und hier Verwendung findet:

*„Virtual Reality refers to immersive, interactive, multi-sensory, viewer-centered, three-dimensional computer-generated environments and the combination of technologies required to build these environments“* (Cruz-Neira, 1993 zitiert nach Dörner et al., 2019, S. 13).

Elementar für das Verständnis von VR ist der in der VR-Definition verwendete Begriff Immersion. Als immersive Darstellung wird eine Simulation bezeichnet, bei der möglichst alle Sinne von Nutzenden durch verschiedene künstlich generierte Reize angesprochen werden und die Anwendenden somit völlig in eine medial-geschaffene Umwelt eintauchen und interagieren. Sie sind somit von externen Umweltreizen komplett abgeschottet und werden von der virtuellen Umwelt vollständig umschlossen (Langer, 2020). Die Entwicklung von VR, wie sie heute verstanden wird, ist auf Ivan Sutherland zurückzuführen. Sutherland begann in den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts rechnergestützt mit ersten VR-Brillen, sogenannten Head-Mounted-Displays [HMD], zur Reizerzeugung zu arbeiten. Diese Datenbrillen waren ausgestattet mit stereoskopischer, dreidimensionaler Sicht, in Form von je einem Kathodenröhren-Display pro Auge, in Verbindung mit einem Tracker, der die Position des Kopfes erfasste (Sutherland, 1968). Durch Veränderung der Kopfposition wurde so eine entsprechend der Kopfbewegung angepasste Perspektive in einer 3D-Welt dargestellt und ermöglichte erstmals eine Interaktion durch die Nutzenden (Dörner et al., 2019). Die eingesetzte Technik war damals allerdings so schwer, dass das HMD neben einer Befestigung am Kopf der Nutzenden auch mit einer separaten Befestigung unter der Decke aufgehängt werden musste (Grasnik, 2020, S. 312).

In den folgenden Jahrzehnten wurde die VR-Technik weiter verbessert und technischer Fortschritt ermöglichte die Einführung in immer mehr Bereichen. Den größten und spürbarsten Wandel erzeugte die Einführung der kostengünstigen high-end VR-Brille namens Oculus Rift im Jahre 2013 der Firma Oculus VR. Die Oculus Rift war ab 2016 für Konsumenten zu erschwinglichen Preisen verfügbar (Dörner et al., 2019). Mittlerweile existieren viele verschiedene Konsumenten-Modelle namhafter Hersteller auf dem Markt (Elmqaddem, 2019).

In Abgrenzung zu VR verfolgt die Augmented Reality [AR] einen anderen Ansatz. Bei der AR wird die reale Umwelt mit virtuellen Objekten angereichert. AR muss dabei nach Azuma (1997) drei Bedingungen er-



füllen: Kombination zwischen Realität und Virtualität, Echtzeit-Interaktion und Verknüpfung der virtuellen dreidimensionalen Elemente. Somit ist in Abgrenzung zur VR bei AR-Technik zumindest teilweise die realphysische Welt sichtbar und wird um dreidimensionale Objekte, Bilder, Text, Videos oder Sound erweitert, ergänzt oder angepasst (Langer, 2020). Dies erfolgt z.B. mit halblichtdurchlässigen AR-Brillen, die einen Blick auf die reale Umwelt zulassen, wie z.B. der Datenbrille HoloLens oder aber mit einem Smartphone, wie etwa bei dem weitverbreiteten Spiel Pokémon Go (Langer, 2020; Heng, 2016). Die Bindung an die Interaktion in Echtzeit ist genau so zu verstehen, wie bei den VR-Anwendungen und unterscheidet die Technik von einer einfachen Darstellung, wie z.B. in einem Film, bei dem die Nutzenden eine rein betrachtende Rolle ohne Interaktion einnehmen. So können virtuelle Objekte angefasst, bewegt und verändert werden (Dörner et al., 2019).

Die Verknüpfung der virtuellen dreidimensionalen Elemente bedeutet, dass z.B. ein virtuelles Objekt, um das die Realität erweitert wurde, sich genauso verhält wie ein reales Objekt in der Realität selbst. Das Objekt ist im dreidimensionalen Raum verknüpft und behält, soweit keine Interaktion mit dem Objekt durch die Nutzenden stattfindet, auch bei einem Perspektivwechsel seine Position im Raum. Ein abgelegtes, virtuelles Buch auf einem realen Tisch zum Beispiel, würde so seine Position auf dem Tisch bei einer Kopfdrehung der Nutzenden realistisch beibehalten (Dörner et al., 2019). Auch wenn sich der Fokus dieses Papers auf die Betrachtung von VR, also dem Abtauchen in eine virtuelle Welt durch die Nutzung von VR-Brillen (HMD) als Komponente, konzentriert, ist ein Grundverständnis über die Differenzierung von VR zu AR relevant. VR wird mithilfe eines VR-Systems realisiert. Unter einem VR-System wird die benötigte Software und Hardware verstanden, die dafür notwendig ist, um VR-Nutzende durch reizerzeugende Ausgabegeräte (z.B. durch ein HMD) in eine virtuelle Welt eintauchen zu lassen und um Interaktion zu ermöglichen (Dörner et al., 2019). Die Software umfasst u.a. die Inhalte, die in der virtuellen Welt durch ein VR-System dargestellt werden. Da die hierfür benötigte Hardware teilweise sehr komplex und auch sehr unterschiedlich ist, je nachdem, was damit abgebildet werden soll, ist die Aufgabenstellung entscheidend dafür, welche Komponenten verwendet werden (Dörner et al., 2019). So wird ein Flugsimulator deutlich andere Elemente aufweisen und benötigen als z.B. eine industrielle VR-Anwendung.

## **STUDIEN ZUR NUTZUNG VON VR IM TRAINING**

Bei Trainingsanwendungen ohne Luftfahrtbezug bieten VR-Anwendungen laut Elmqaddem (2019) im Training in verschiedenen Branchen Vorteile gegenüber konventionellen Lernmethoden. So beschreibt Elmqaddem die Anwendung in der Medizin, Architektur, Archäologie oder virtuellen Museen als sinnvoll, da virtuelle Orte ohne „*physical risks, and with less costs and more results*“ besucht werden können (2019, S. 237). Gemäß den Ergebnissen von Elmqaddem fühlen sich Lernende mit VR-Anwendungen „*more engaged, more motivated and ready to learn*“ (2019, S. 237). Eine Studie von Gutierrez et al. (2008) untersucht die Auswirkung von VR-Training auf die Fähigkeiten von Medizinstudierenden. VR-Anwendungen ermöglichen es ihnen, Situationen, die lebensgefährlich für Patient:innen sein können, in einer vollständig immersiven Umgebung virtuell zu üben und zu festigen. Für die Studie wurden 25 Studierende der University of New Mexico willkürlich in zwei ähnlich große Gruppen aufgeteilt. Während die eine Gruppe mit Hilfe eines Computerprogramms an einem klassischen Computerdisplay übte, nutzte die zweite Gruppe vollabschließende HMDs zum Training einer vorgegebenen medizinischen Situation (Gutierrez et al., 2008). Vor dem Experiment mussten die Studierenden einen Wissenstest absolvieren,

um den aktuellen Wissensstand festzustellen. Ein zweiter Test nach Durchführung des Trainings ergab, dass die Studierenden, die in einer voll immersiven VR-Umgebung lernten, deutlich bessere Ergebnisse erzielen konnten als jene Studierenden, die mit Hilfe eines klassischen Computerbildschirms arbeiteten (Gutierrez et al., 2008).

PwC untersuchte in einer 2020 veröffentlichten Studie, wie VR-Training im Vergleich zu Frontalunterricht im Klassenzimmer und zu einem CBT für ein durchzuführendes Softskill-Training der eigenen Mitarbeitenden abschneidet (PwC, 2020). Die teilnehmenden Mitarbeitenden wurden in drei Gruppen aufgeteilt und absolvierten das Softskill-Training entweder im Klassenzimmer, am Computer oder immersiv mittels HMD eines VR-Systems. Die Ergebnisse zeigen, dass VR-Training verschiedene Vorteile bietet: Die Trainingsdauer für den beispielhaften Softskill-Kurs betrug im Frontalunterricht zwei Stunden, im CBT-Kurs 45 Minuten. Im VR-Kurs konnten die Inhalte in knapp 30 Minuten vermittelt werden (PwC, 2020). Laut anschließender Umfrage waren die Teilnehmenden des VR-Kurses der Studie während des immersiven Trainings am wenigsten abgelenkt und fanden nach einer Störung schnell wieder in die Schulung zurück. Besonders groß war die Ablenkung während des CBT-Trainings am eigenen PC, ausgelöst durch Ablenkungen im Webbrowser, am Mobiltelefon oder in der Umgebung. Hier hat sich gemäß der Studie besonders die völlig immersive Darstellung mit der von der realen Umwelt abschließenden VR-Brille als nützlich gezeigt (PwC, 2020, S. 39). Dies hatte auch einen Effekt auf die Verbundenheit der Teilnehmenden mit den Inhalten des Kurses. Die VR-Lernenden gaben an, sich deutlich verbundener mit den erlernten Themen zu fühlen. Die Verbundenheit ist hilfreich dabei, Inhalte lange abrufen zu können und mit Emotionen zu verbinden. So wird erlerntes Wissen effektiver anwendbar und behalten (PwC, 2020).

Die jüngste Studie zum Einsatz von VR in der Pilotenausbildung stammt von der amerikanischen Universität Embry-Riddle. Hight et al. (2022) untersuchten in einer experimentellen Studie, ob es einen Unterschied im Lernverhalten von unerfahrenen Piloten:innen, geschult mit einem VR-Flugsimulator oder einem einfachen 2D-Flugsimulator, gibt. Insgesamt siebzehn Teilnehmende wurden in zwei Gruppen aufgeteilt und erhielten ein Training, um sie auf den ersten Alleinflug vorzubereiten. Die Gruppe, die ein VR-Training erhielt, schnitt in abschließenden Tests jedoch nur geringfügig besser ab als die 2D-Simulator-Gruppe (Hight et al., 2022). Dennoch veranlasste es die Universität, VR-Piloten-Trainings als festen Bestandteil der Ausbildung von Privatpilot:innen einzuführen (Embry-Riddle Aeronautical University, 2023). Das sogenannte Preflight Immersion Lab ist als Kurs der praktischen Flugausbildung auf einem Luftfahrzeug verpflichtend vorgeschaltet. Es beinhaltet Trainingseinheiten in einem VR-Flugsimulator mit den Eingabegeräten zur Interaktion in Form der Bedienelemente eines echten Flugzeuges; Steuerhorn, Fußpedale und Motorleistungseinstellung. Andere Kurselemente dienen der Schulung der Nutzung von Checklisten mit Hilfe von Touch-Controllern, um zum Beispiel Checklistenpunkte korrekt abhaken zu können.

Labedan et al. (2021) untersuchten in einer Studie mit vier Teilnehmenden, ob sich subjektive und objektive Faktoren der mentalen und physischen Anstrengung von Flugschüler:innen während eines Fluges in einem realen Kleinflugzeug und in einem VR-Flugsimulator des gleichen Flugzeugtyps ähneln. Zur Ermittlung der subjektiven Faktoren in Form von mentaler Anstrengung, wurden die Teilnehmenden nach den Trainingseinheiten befragt. Zur Feststellung der objektiven Faktoren wurde sowohl während der realen Flugstunde als auch während des Simulator-Trainings die Herzfrequenz ermittelt und

Flugparameter ausgewertet. Während die Einhaltung der Flugparameter bei beiden Experimenten ähnlich verlief, lag die mentale Anstrengung, ermittelt mit Hilfe eines Fragebogens, während der Landephase im VR-Simulator höher als im realen Flugzeug (Labedan et al., 2021). Als Grund hierfür ermittelten die Autor:innen eine nicht vollständig korrekte Simulation des Flugverhaltens des virtuellen Luftfahrzeuges in Bodennähe ebenso wie Schwierigkeiten beim Ablesen der Fluggeschwindigkeitsanzeige im simulierten Flugzeugcockpit. Darüber hinaus hatten die Teilnehmenden Schwierigkeiten, während der immersiven Nutzung der vollabschließenden VR-Brille die Bedienelemente zu ertasten (Labedan et al., 2021). Die Variation der Herzfrequenz verlief analog in beiden Szenarien und die Herzfrequenz war während der Landung am höchsten, gefolgt von der Startphase und am niedrigsten im Reiseflug. Auffällig laut Labedan et al. war, dass die Herzfrequenz während des virtuellen Fluges tendenziell niedriger war, was auf eine geringe Verbundenheit der Teilnehmenden mit den Lerninhalten hindeutet (Labedan et al., 2021). Die Autor:innen weisen jedoch darauf hin, dass hier der Grund auch in den unterschiedlichen Gegebenheiten der beiden Szenarien liegen könnte. Denn während in der virtuellen Welt keine Umwelteinflüsse wirkten, waren die Teilnehmenden während des Trainings im realen Luftfahrzeug Querwinden und Turbulenzen ausgesetzt (Labedan et al., 2021).

## Methodik

### **METHODENWAHL**

Aufgrund der offenen Forschungsfragen und der bisher unzureichenden Forschung zum Thema VR-Technik in der Ausbildung und dem Training von erfahrenen Luftfahrzeugführenden, hat sich im Rahmen der vorliegenden Forschung die Nutzung von qualitativen Methoden in Form von halbstrukturierten Experteninterviews angeboten. Beim halbstrukturierten Interview erfolgt die Nutzung eines vorab mithilfe der Forschungsfragen entwickelten Leitfadens, um sicherzugehen, dass wichtige Elemente auch tatsächlich erhoben werden (Wernitz, 2018). Zusätzlich erlaubt das halbstrukturierte Interview ein Abweichen vom erstellten Leitfaden, um vertiefende Fragen oder Zusatzfragen stellen zu können und somit den Erkenntnisgewinn zu maximieren (Döring, 2022). Eine Unterform des halbstrukturierten Interviews ist das Experteninterview, welches ebenfalls auf einem Leitfaden basiert und die Gewinnung von Fachwissen bzw. Praxis-/Handlungswissen ermöglicht (Döring, 2022).

### **DURCHFÜHRUNG**

Ausgewählt wurden fünf Experten, die aus verschiedenen Bereichen mit Bezug zum Forschungsthema Wissen und Erfahrungen einbringen können (vgl. Tabelle 1). Dieses Vorgehen ermöglichte die Betrachtung aus unterschiedlichen Blickwinkeln, vom reinen VR-Anwender bis hin zum Trainingsverantwortlichen einer Airline, um somit eine maximale Kontrastierung für einen großen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn zu erzeugen. Anschließend wurde ein Leitfaden für die Interviews entwickelt. Im Leitfaden wurden offene Fragen gesammelt, die im Laufe des Interviews gestellt werden sollten und als Grundgerüst für das Gespräch dienten (Dresing & Pehl, 2018). Die Experteninterviews wurden in einem Zeitraum von zwei Wochen per Microsoft Teams Videocall durchgeführt. Die Dauer der Interviews betrug zwischen 20 und 35 Minuten. Nach der Durchführung der Interviews wurden die Aufnahmen für die

anschließende Analyse vorbereitet. Hierzu wurde das mittels Audiogerät aufgenommene Gespräch in Textform transkribiert (Weber & Wernitz, 2021).

Experte	Jobbezeichnung	Beschreibung
E1	Luftfahrzeugführer	Anwender von VR-Training; mehrjährige Erfahrung als Berufspilot
E2	Head of Medical Training	Berufspädagoge und Notfallsanitäter; verantwortlich für die Einführung von VR in einer Rettungsfluggesellschaft
E3	Head of Aviation Training Development	Verantwortlicher für Weiterentwicklung des Pilotentrainings einer Airline-Gruppe; langjährige Erfahrung mit verschiedenen VR-Projekten
E4	Geschäftsführer	Langjährige Erfahrung als Geschäftsführer einer großen deutschen Flugschule und als Linienspilot; langjährige Trainingserfahrung und erste VR-Erfahrung
E5	Head of Training	Trainings-Verantwortlicher einer Airline-Gruppe mit erster Erfahrung im VR-Bereich

Tab. 2: Übersicht Experten

## AUSWERTUNG

Aufgrund der vorhandenen Datenmenge und der geringen Anzahl an verfügbaren wissenschaftlichen Studien haben sich die Autoren zur Nutzung einer zusammenfassenden Inhaltsanalyse nach Mayring entschieden, um die wichtigsten Äußerungen der Experten herauszustellen und zu kategorisieren. Das vorliegende Paper verfolgt somit den Ansatz der induktiven Kategorienbildung, bei der die Kategorien direkt aus der Arbeit mit dem Material gebildet wurden. Die entwickelten Kategorien sind bei diesem Ansatz das Ergebnis der Analyse (Mayring, 2022). Konkret wurden in den ersten Schritten die Analyseeinheiten bestimmt und alle Kodiereinheiten in knappe, auf den Inhalt beschränkte, Paraphrasen gekürzt, sowie Wiederholungen, Ausschmückungen und Verdeutlichungen gestrichen. Im weiteren Schritt wurden die entstandenen Paraphrasen auf ein Abstraktionsniveau generalisiert. Dabei wurden alle Paraphrasen, die unter dem Abstraktionsniveau liegen verallgemeinert und die darüber wurden belassen (Mayring, 2022). In der ersten Reduktion wurden entstehende inhaltsgleiche Paraphrasen, genau wie unwichtige Paraphrasen, gestrichen und vorläufige Kategorien „K“ gebildet. Bei der zweiten Reduktion wurden die vorläufigen Kategorien mit ähnlichem Inhalt zusammengetragen und endgültige Kategorien „K´“ gebildet, welche die Grundlage für die Auswertung und Diskussion im folgenden Kapitel liefert. Im letzten Schritt wurde überprüft, ob die gebildeten Kategorien weiterhin die Auswertungseinheit repräsentieren, welches durch Stichproben bestätigt werden konnte.

## Ergebnisse und Diskussion

Dieser Abschnitt dient der Darstellung und Diskussion der Ergebnisse der durchgeführten Experteninterviews und gliedert sich gemäß der per induktiven Kategorienbildung erarbeiteten Oberkategorien (K´). Diese Oberkategorien lauten VR-Erfahrung und Projekte, didaktische Aspekte, Hemmnisse, Anwendungsbereiche von VR, wirtschaftliche Aspekte, Nachhaltigkeit und Einführungsaspekte.

## **VR-ERFAHRUNG UND PROJEKTE**

Die Auswertung der Interviews zeigt, dass alle Experten zumindest erste Erfahrung mit dem Thema VR gesammelt haben. Auffällig ist, dass die Experten über deutlich unterschiedliche Erfahrung verfügen und manche schon jahrelang mit dem Thema befasst sind, andere hingegen gerade erst beginnen, sich intensiver mit VR zu beschäftigen. Aus den Äußerungen der Experten zu den Zukunftsaussichten von VR lässt sich schließen, dass alle Experten der VR-Technik in der Pilotenausbildung eine hohe Bedeutung zusprechen und diese zukünftig als festen Bestandteil des Pilotentrainings betrachten. Ein Überblick der realisierten und geplanten Projekte deckt sich mit den Ergebnissen der vorangegangenen Literaturrecherche, aus der hervorgeht, dass bisher nur wenige VR-Projekte im Kontext einer Fluggesellschaft realisiert wurden. Gleiches gilt auch für die Erkenntnis, dass bisher gar kein VR-Flugsimulator in einer der Fluggesellschaften der Experten etabliert wurde, sondern lediglich in Flugschulen zur Abinito-Schulung von Flugschüler:innen. Die Gründe hierfür werden im Folgenden analysiert.

## **DIDAKTISCHE ASPEKTE**

Besonders von Vorteil scheint die Möglichkeit zu sein, realistischere und immersivere Trainings entwickeln zu können, die bisher so nicht darstellbar waren. Darüber hinaus lässt sich festhalten, dass VR-Training im Rahmen einer Fluggesellschaft als intensiver und effektiver wahrgenommen wird. Ein Beispiel stammt aus dem Firefighting-Training, einem Bereich des Safety-and-Emergency-Trainings, welches bisher mit kleinen Wasserfeuerlöschern und einer kleinen Gasflamme in einem feuerfesten Container erfolgt. Mit Hilfe von VR-Technik lassen sich Feuer-Szenarien direkt in einem Luftfahrzeug darstellen, die laut E3 so immersiv sind, dass eine Übung zur Feuer- und Rauchbekämpfung derartig realistisch wird, dass aufgepasst werden müsse, „*dass es nicht die Teilnehmer sogar verängstigt*“ (E3, 202).

Besonders berichten viele Experten von empfundener Begeisterung und Freude am VR-Training der Trainees. Die Aussage von E2, dass Gamification und Spaß eine bedeutende Rolle spielen, kann daher als repräsentativ angesehen werden und spiegelt die gewonnenen Eindrücke aller Experten wider. Auch hier existiert eine Übereinstimmung zu den Erkenntnissen aus den vorgestellten Studien, dass sich Trainees verbundener mit den Inhalten in einer immersiven Welt fühlen, was sich auch auf die Lernqualität auswirkt. Als dritten didaktischen Vorteil sehen die Experten die Möglichkeit, durch die Analyse der VR-Trainings, entweder per Blickwinkelanalyse oder sogar Eyetracking, Debriefings zu optimieren und negatives Training, also die Aneignung negativen Verhaltens z.B. durch Auslassung, zu verhindern. Besonders bedeutend für die Gestaltung des zukünftigen Trainings kann es sein, dass sich durch die Verarbeitung dieser gewonnenen Daten ein kompetenzbasiertes Training entwickeln lässt, welches gemäß den Angaben der Experten ein wichtiger Trend ist.

Als nachteilig kristallisieren sich verschiedene Aspekte der VR-Systeme heraus. Diese können in den didaktischen und technischen Besonderheiten zusammengefasst werden. Bedeutsam scheint die Entstehung von gesundheitlichen Einschränkungen zu sein. Die Entstehung von Motion-Sickness kann auf die zu hohe Latenz zurückgeführt werden, wenn die Darstellung im HMD nicht exakt zu einer Bewegung in der Realität passt. Die Aussage von E2, dass manche Teilnehmenden hierdurch sogar vom VR-Training gänzlich ausgeschlossen werden, lässt auf eine hohe Relevanz der Thematik schließen. Weiterhin können Nackenverspannungen durch das Gewicht der VR-Brille entstehen, da selbst modernere Brillen, wie

die Oculus Rift, noch immer fast 500 Gramm wiegen und durch ihre Position am Kopf mit dem Schwerpunkt vor den Augen einen Hebelarm darstellen, der durch die Nackenmuskulatur ausgeglichen werden muss (Lawryncyk, 2018). Ein weiteres Problem, welches weniger relevant für die Abinito-Ausbildung ist, da ein:e Trainee dort meist allein im Cockpit sitzt, aber umso wichtiger für die Ausbildung in einem Airliner-Cockpit, stellt die virtuelle Zusammenarbeit dar. In einer voll-immersiven Darstellung erfolgt die Zusammenarbeit mit anderen Trainees entweder gar nicht oder mittels Avatare in einem Multiplayermodus. Allerdings lässt sich so keine präzise zwischenmenschliche Zusammenarbeit darstellen, die elementar für die Arbeit in einem komplexen Cockpitumfeld ist, da ein Großteil der menschlichen Kommunikation non-verbal erfolgt (Mehrabian & Ferris, 1967). Dies zeigt sich auch in der Aussage von E3, der sagt, dass ein „Eins-zu-Eins-Eindruck“ fehle (E3, 139). Technisch gesehen bietet VR eine gute Rundumsicht, aber aktuell reicht die Grafik nicht aus, um auch kleine Schriften z.B. an einem Höhenmesser ablesen zu können. Durch die Äußerungen von E2 und E3 zeigt sich, dass analog zu den Feststellungen der Studie von Labedan et al. (2021) eine höhere mentale Anstrengung erforderlich ist als bei einem konventionellen Training und schnellere Ermüdung eintritt, da das Ablesen von Schriften anstrengender ist. Der Einwand von E1, E2 und E4 zeigt, dass das gleichzeitige Bedienen von Steuerelementen und Betätigen von Schaltern und Knöpfen in einer immersiven, vollabgeschlossenen VR-Umwelt ein Problem ist, da man die eigenen Hände nicht sieht. Dies bildet eine Limitation bei der Verwendung von VR in einer Flugsimulation. Auch hier ist es bei einfachen Cockpits, wie bei dem VR-Abinito-Simulator oder den dargestellten Simulatoren im Preflight Immersion Lab der Embry-Riddle-University, kein Problem, da es nur wenige Steuerelemente und Schalter gibt. Bei komplexen Cockpits, wie zum Beispiel einem Airbus A320, mit mehreren hundert Knöpfen, ist dies problematisch (Vardomatski, 2023). Der Hinweis von E2 zeigt, dass technische Weiterentwicklung hier Abhilfe schaffen könnte, da eine Mixed-Reality-Lösung mit Kameras an dem HMD die Darstellung der eigenen Hände in der voll-immersiven VR-Welt ermöglicht und ein genaueres Tracking und gleichzeitiges Bedienen der Steuerelemente erlaubt. E2 fügt aber hinzu, dass auch diese Technik gerade noch nicht in der Lage ist, so präzise zu sein, dass ein komplexerer VR-Flugsimulator ermöglicht werden kann.

## HEMMNISSE

Die Zulassung von VR im Luftfahrt-Training wird von vielen Experten als Hürde gesehen und scheint problematisch. Durch eine frühe Einbindung der Zulassungsbehörden und enge Kooperation, sowie einem Vergleich zwischen VR-Technik und klassischem Training, scheint eine Zulassung dennoch möglich zu sein. Der Vorschlag von E5, dass besonders VR-Hersteller um die Zulassung der Trainings bemüht sein sollten, kann ebenfalls zielführend sein und minimiert das Risiko für die Airlines. Akzeptanzprobleme werden zwar oft genannt, dennoch wird in den Interviews deutlich, dass diese Probleme lösbar sind, da die Vorteile der Technik langfristig überzeugen. Da technische Probleme zu Akzeptanzschwierigkeiten führen, sollte beachtet werden, dass nur erprobte High-end-Systeme genutzt werden, die technisch ausgereift sind. E2, E4 und E5 äußern, dass VR aktuell ein Thema ist, welches laut diverser Airline-Verantwortlicher in allen Bereichen möglichst schnell eingeführt werden sollte und sehen dies kritisch. E5 spricht sogar von einem aktuellen „Hype“ um das Thema VR (E5, 277-278). Zusätzlich führt E2 an, dass der positive Gamification-Effekt bei häufiger Verwendung von VR im Training vergänglich sei. Aus der Empfehlung von E2, E3 und E4, VR nur dann zu verwenden, wenn es auch wirklich einen

Vorteil bringe und VR-Technik auch einer kritischen Betrachtung zu unterziehen, kann geschlossen werden, dass die Vor- und Nachteile eines VR-Trainings genau geprüft werden müssen. Ein Beispiel ist im Bereich des System-Knowledge-CBTs zu finden. Hier ist eine VR-Nutzung wenig sinnvoll, da das CBT ähnlich effektiv und effizient ist wie das VR-Training. Dafür kann die:der Trainee das CBT aber von überall aus am eigenen Laptop durchführen und ist hier flexibler.

## **ANWENDUNGSBEREICHE VON VR**

Bei der Nutzung in der theoretischen Ausbildung und Auffrischung können die Vorteile genutzt werden und die Nachteile fallen weniger ins Gewicht, da gerade hier die Probleme der Bedienung und der Zusammenarbeit weniger schwer wiegen. Dies zeigt sich auch an den Aussagen der Experten, die sich eine Einführung im Bereich der theoretischen Trainings vorstellen können. Dass sich derzeit VR-Training noch nicht im Bereich der Flugsimulation einer Fluggesellschaft zum Training erfahrener Piloten anbietet, wird durch die Äußerung der Experten dargelegt: Diese nennen gerade das zu ungenaue Tracking und die gleichzeitige Bedienung der Steuerelemente und Knöpfe, die grafisch mangelnde Auflösung in komplexen Cockpits und die zwischenmenschliche Zusammenarbeit als kritische Punkte und empfehlen daher zum aktuellen Zeitpunkt keine Nutzung in der Flugsimulation für erfahrene Piloten. Die umgesetzten und geplanten Projekte im Rahmen einer Airlineausbildung finden sich daher im Bereich der Theorieausbildung und umfassen das Safety-and-Emergency-Training, Security-Training, Firefighting-Training und Walkaround-Training. Der Einsatz von VR im Bereich der Flugzeugbegehung wird von E5 thematisiert und kann aufgrund der vorangegangenen Analyse ebenfalls als positiv bewertet werden. Lediglich das Unternehmen von E3 plant aktuell die Nutzung eines VR-Procedure-Trainers für die Ausbildung innerhalb einer Airline, der aber ausdrücklich nur für SOP-Training verwendet werden soll und nicht als Flugsimulator dient. Als Grund hierfür sind die didaktischen Nachteile und technischen Schwierigkeiten zu sehen, welche zuvor erläutert wurden.

Auch ein vollständiger Ersatz eines ganzen Trainings kann, gemäß den Experten, durch VR nicht erfolgen, sondern VR sollte immer als Ergänzung zum bisherigen Training verstanden werden: „VR ist in Nischen unterwegs“ (E3, 390), VR sei ein „Part-Task-Trainer“ (E4, 174-177) und VR-Training wird „nicht als Stand-alone-Training“ (E2, 117) benutzt. Dies hängt auch damit zusammen, dass ab einem gewissen Punkt auf haptisches und taktiles Training nicht verzichtet werden kann und dies durch VR (zumindest derzeit) nicht dargestellt werden kann. E4 sieht zum Beispiel die Notwendigkeit, das Gefühl für das Drücken von Knöpfen und Schaltern zu erleben, was auch der Grund sei, dass bei den bisherigen FPTs wichtige Bedienelemente, wie z.B. die Steuerung des Autopiloten, nicht auf einem Flat-Panel-Display dargestellt werden, sondern physisch verbaut werden.

## **WIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE**

Die Nutzung von VR erlaubt diverse Einsparpotenziale. De Facto wird das ökonomische Hauptpotenzial in der flexibleren Nutzbarkeit und Mobilität von VR gesehen. Kann durch ein mobiles VR-System ein Training aus einem Trainingszentrum an die Stationierungsorte einer Airline verlegt werden, lassen sich Fahrtkosten, Arbeitszeit für die Reisedauer und Hotelübernachtungen einsparen. Ein weiterer Vorteil, der sich nicht direkt monetär messen lässt, ist der reduzierte Organisationsaufwand. Die Erwähnung von E5 bezüglich der Schwierigkeiten mit der Organisation der notwendigen Flugzeugbegehungen zeigt beispielhaft das enorme Einsparpotenzial, da VR die realen Flugzeugbegehungen ersetzen kann. Diese

Begehungen stören z.T. die Abläufe, wenn sich ein Luftfahrzeug bspw. gerade in der technischen Wartung befindet und für eine Schulung bereitgestellt werden muss. Ein weiterer relevanter Aspekt ist in der Skalierbarkeit der VR-Systeme zu sehen, da Inhalte (wie z.B. ein Cockpit) nicht real nachgebaut werden müssen, sondern virtuell entwickelt werden. So kann ein VR-System verschiedene Flugzeugtypen darstellen. Es können sogar mit einem VR-System alle theoretischen VR-Trainings abgebildet werden, wie z.B. Walkaround oder Security-Training. Lediglich die Eingabegeräte müssten u.U. angepasst werden, wie beim VR-Firefighting mit dem VR-Feuerlöscher als Eingabegerät zur Interaktion.

Zusätzliche Einsparungen können entstehen, wenn VR-Training so konzipiert wird, dass Inhalte durch die Kurse selbst vermittelt werden und somit kein Trainer notwendig ist. Dies ist laut E3 möglich. Dafür sollte das Training aber durch einen „Paneloperator“ (E3, 294-298) begleitet werden. Diese haben kein fachliches Wissen, können aber bei Problemen helfen und Fragen beantworten und sind bezüglich der Lohnkosten deutlich günstiger als klassische Trainierende. Auch wenn ein großes Einsparpotenzial durch die deutlich kleinere Bauform eines VR-Simulators im Vergleich zu einem FFS aufgrund der kleineren Motion-Plattform (kein aufwendiges Cockpit und kein großer Projektions-Dome) hervorgehoben wird, ist dieses Potenzial aktuell nicht zu heben, da eine Einführung in diesem Bereich aktuell nicht empfohlen werden kann. Nachteile sind im Bereich der hohen Anfangsinvestitionen und des erhöhten Zeitaufwandes mit der Einführung von VR zu erkennen. Bei der ersten Anschaffung müssen eventuell die Entwicklungskosten der Software getragen und die Hardware angeschafft werden. Auch wenn die Hardware zunächst nicht sonderlich teuer ist, können die verbundenen zusätzlichen Ausgaben eine Airline finanziell beeinträchtigen. Auch ist das VR-Training zunächst als Add-on zu sehen, welches lediglich Kosten verursacht. Erst eine Zulassung erlaubt den finalen Ersatz eines bisherigen Trainingselements. Des Weiteren können die Abhängigkeiten zu VR-Herstellern ein wirtschaftliches Risiko darstellen und wie E4 angibt, über die weitere Einführung von VR entscheiden. Durch den Erwerb eines Simulators eines speziellen Anbieters z.B. entsteht die Verpflichtung, Softwareupdates in Form von Data-Packages der VR-Hersteller zu beziehen. Diese erhöhen aktuell drastisch die Preise was dazu führt, dass E4 die weitere Einführung der VR-Technik an die Entwicklung der Softwarepreise knüpft.

## **NACHHALTIGKEIT**

Durch die Experteninterviews wird deutlich, dass das Thema Nachhaltigkeit wichtig ist, aber von keinem Experten als wichtigster Grund zur Einführung von VR genannt wird. Dennoch sehen alle Befragten ökologische Vorteile durch die Nutzung von VR und benennen diese. Ökologische Nachteile werden nicht genannt. E5 äußert, dass Nachhaltigkeit bisher im eigenen Betrieb zu wenig behandelt wurde und dieses Thema zukünftig der Motivator für weitere Entscheidungen sein sollte. Hieraus lässt sich schließen, dass die erforderliche Fokussierung auf Nachhaltigkeitsbemühungen noch nicht durch alle Flugbetriebe voll erkannt wurde. Auf der anderen Seite ist dies auf politischer Ebene bereits erfolgt, wie die Gewährung von staatlichen Fördermitteln zur Steigerung der Nachhaltigkeit des Projektes von E3 darlegt. Das größte Potenzial zu mehr Nachhaltigkeit liegt in der Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes durch Wegfall von An- und Abreisen, sowie Hotelübernachtungen. Auch im Bereich Nachhaltigkeit lässt sich erkanntes Potenzial durch VR-Flugsimulatoren und damit z.B. kleineren Hallen und weniger Heizbedarf derzeit nicht realisieren, da die Einführung der VR-Flugsimulatoren aktuell nicht ratsam ist.



## **EINFÜHRUNGSASPEKTE**

Bei der Einführung von VR erscheint der Vorschlag eines Experten zielführend, ein VR-Projektteam zu gründen, um zu entscheiden, ob und in welchen Bereichen eine Einführung lohnt. Anschließend kann ermittelt werden, ob eine eigene Entwicklung oder eine Fremdvergabe sinnvoller ist. Hier zeigt sich, dass eine eigene Entwicklung vermutlich günstiger ist als ein Einkauf eines VR-Trainings von einem Hersteller. Auch können die möglichen Abhängigkeiten in diesem Fall als geringer angesehen werden. Nachteilig ist die erhöhte Mehrarbeit und der von E5 genannte Aspekt, dass eine enge Beziehung der großen VR-Hersteller zu den Regulierungsbehörden die Zulassung vereinfachen kann. Um die Nachteile der VR-Technik ausgleichen zu können, ist besonders das Kursdesign wichtig. Es sollte die Vermeidung von zu dynamischen Szenen und zu viel Kopfdrehungen erfolgen, sowie längere und häufigere Pausen eingeplant werden. Zur Reduzierung von technischen Schwierigkeiten sollten hochqualitative VR-Brillen eingesetzt werden und die Technik sollte mehrfach erprobt und abgestimmt werden. Eine Einführung und Unterstützung während des Trainings sollte durch eine:n Paneloperator:innen koordiniert werden, um mögliche Fragen und technische Probleme lösen zu können. Daher bietet sich derweilen kein mobiles VR-Training an, welches an eine:n Trainee nach Hause verschickt werden kann. Auch die Bedenken bezüglich der Arbeitssicherheit, Haftung und Versicherung beim VR-Training zuhause sind aktuell nicht gelöst.

## **Schlussbetrachtung und Fazit**

### **ZUSAMMENFASSUNG**

Ziel dieses Papers war es, das Potenzial und mögliche Einführungsgebiete von VR-Systemen in einer Airline für die Ausbildung und das Auffrischungstraining erfahrener Piloten zu erforschen. Der Forschungsschwerpunkt richtete sich dabei auf die Vor- und Nachteile der Anwendung von VR-Technik, der Wirtschaftlichkeit sowie der Nachhaltigkeit. Im Rahmen einer theoretischen Fundierung und Literaturrecherche wurde eine gemeinsame Diskussionsgrundlage hergestellt. Des Weiteren wurden Begrifflichkeiten zum Thema VR definiert und die geschichtliche Entwicklung inklusive möglicher Abgrenzungen zu verwandten Themengebieten ermittelt. Als letzter Punkt des zweiten Kapitels erfolgte eine Vorstellung relevanter Forschung zum Einsatz von VR-Technik im Training innerhalb und außerhalb der Luftfahrt. Die ersten Kapitel bildeten die Basis für die fünf Experteninterviews. Die Experten wurden bezüglich ihrer Einschätzung und Erfahrung zum Thema VR befragt. Anschließend wurden die gewonnenen Informationen mit Hilfe einer zusammenfassende Inhaltsanalyse nach Mayring aufgearbeitet und diskutiert.

### **HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN**

Eine wichtige Erkenntnis aus den Interviews ist, dass alle Experten das zukünftige Potenzial von VR erkannt haben, wenngleich deren Erfahrungen sehr unterschiedlich sind. Wie erwartet wurden bisher wenige VR-Projekte final realisiert. Signifikante didaktische Vorteile, wie ein realistischeres Training, der Gamification-Effekt und verbesserte Auswertungsmöglichkeiten wurden bestätigt. Didaktische und technische Nachteile wie mögliche gesundheitliche Einschränkungen, höherer Konzentrationsbedarf

und schnellere Ermüdung, keine klassische Cockpit-Teamarbeit sowie Steuerungs- und Grafikprobleme wurden identifiziert. Abschließend kann die Nutzung von VR in einigen Bereichen, hauptsächlich in der Theorieausbildung und der theoretischen Auffrischungsschulung, empfohlen werden. Im Bereich der VR-Flugsimulation für eine Airline ist eine Empfehlung aufgrund der erarbeiteten Limitationen derzeit nicht sinnvoll, obwohl sich die Verwendung im Bereich der Abinitio-Flugschulen bereits heute als vorteilhaft erweist. Demnach eignet sich VR-Training aktuell als Trainingssupplement und kann einzelne Trainingsbausteine ersetzen, aber keine ganzen Trainings. Zulassungs- und Akzeptanzprobleme müssen von Anfang an Berücksichtigung finden, um keine Hemmnisse darzustellen.

Wirtschaftlich bietet VR großes Potenzial. Der innovative Charakter kann als Werbemittel genutzt werden. Die erhöhte Flexibilität erlaubt eine Reduktion von Reisekosten und einen geringeren Planungsaufwand. Die erhöhte Skalierbarkeit kann ganze Trainingseinrichtungen überflüssig machen, da ein VR-Training verschiedene Flugzeugmuster darstellen kann. Auch Trainierende können teilweise durch günstigere Paneloperator:innen ersetzt werden. Zwar stellt die einfachere Bauart der VR-Flugsimulatoren aktuell noch keinen Faktor dar, da eine Einführung in diesem Bereich nicht empfohlen wird, dennoch kann sich hier zukünftig ebenfalls ein Einsparpotenzial bilden. Ökonomische Risiken müssen jedoch berücksichtigt werden, da Abhängigkeiten zu VR-Anbietern entstehen können. Auch sollten mögliche Kostensteigerungen der VR-Soft- und Hardware antizipiert werden.

Weiterhin bietet die Einführung von VR ökologische Vorteile, die hauptsächlich aus dem Potenzial an eingespartem CO<sub>2</sub> der vermiedenen Hotelübernachtungen und Dienstreisen bestehen. Nachhaltigkeit scheint derzeit ein Nebenprodukt der VR-Technik zu sein, jedoch wächst das Interesse der Einführungsverantwortlichen und kann zukünftig Entscheidungen mitbeeinflussen.

Bei der Einführung von VR sollte ein Projektteam gegründet werden, um Anwendungsbereiche zu identifizieren und zu klären, ob eine Selbstentwicklung oder ein Einkauf eines ganzen Trainings über einen VR-Anbieter von Vorteil ist. Das Kursdesign erfüllt eine Schlüsselrolle bei dem Erfolg eines VR-Trainings, da z.B. durch die Auslegung der Dynamik der Trainingssituationen und Planung von Pausen viele der identifizierten Nachteile wie Motion-Sickness, Nackenschmerzen oder schnellere Ermüdung verhindert werden können. Wichtig ist, dass VR nur da eingesetzt werden sollte, wo auch tatsächlich ein Vorteil entsteht.

Abschließend wird aufgrund der Ergebnisse dieses Papers eine Einführung von VR-Technik für eine Airline im Bereich des Safety-and-Emergency-Trainings, des Security-Trainings, des Walkaround-Trainings sowie Firefighting-Trainings empfohlen. Einen Einsatz im Bereich der Flugsimulation oder des System-Knowledge-Trainings kann einer Fluggesellschaft zum derzeitigen Zeitpunkt noch nicht empfohlen werden, da die erläuterten Nachteile Hürden darstellen und die Vorteile somit nicht überwiegen. Besonders die mit der VR-Technik einhergehende Immersion ermöglicht ein realistischeres Trainingserlebnis, da die im Bereich der Luftfahrt verbundenen Gefahren in einem risikoarmen Umfeld trainiert werden können. Das hieraus entstehende bisher ungenutzte Potenzial könnte langfristig durch den Einsatz von VR eröffnet werden.

## **LIMITATIONEN UND AUSBLICK**

Die Zusammensetzung aus theoretischer Fundierung und den Ergebnissen der Experteninterviews hat gezeigt, dass VR in der Ausbildung von erfahrenen Pilot:innen bisher wenig thematisiert und eingeführt

wurde. Aufgrund des geringen Verbreitungsgrades von VR konnte keine quantitative Forschung durch Befragung eines großen Samples mit vielen verschiedenen Teilnehmenden und Anbietern erfolgen. Daher basieren die Ergebnisse dieses Papers auf Aussagen weniger zur Verfügung stehender Experten als Teil der qualitativen Empirie. Auch wenn durch die Auswahl möglichst heterogener Experten aus verschiedenen Bereichen versucht wurde, die Kontrastierung zu erhöhen, besteht die Gefahr, dass Einzelmeinungen in der Betrachtung zu viel Gehör erlangen und nicht repräsentativ sind. Darüber hinaus handelt es sich um ein hochtechnisches, innovatives Umfeld, welches einem ständigen Wandel unterliegt, wie auch die Literaturrecherche zur geschichtlichen Entwicklung von VR zeigt. Eventuell sind getroffene Annahmen und Schlüsse durch technischen Fortschritt schon nicht mehr aktuell oder gar widerlegt. Die genannten Limitationen müssen bei der Betrachtung der Arbeit und Verwendung der Empfehlungen berücksichtigt werden.

In Bezug auf weitere Forschung ist im Rahmen der Erstellung deutlich geworden, dass auch Augmented Reality in der Pilotenausbildung eine bedeutende Rolle spielen kann. Die Verwendung von AR in der Pilotenausbildung sollte also ebenfalls im Rahmen eines zukünftigen Forschungsprojektes untersucht werden. Zusätzlich bezieht sich das Paper lediglich auf die Pilot:innen einer Airline. Im Kontext der Wirtschaftlichkeit kann eine Betrachtung sinnvoll sein, inwiefern die eingesetzte VR-Technik auch Synergien für das Kabinentraining einer Fluggesellschaft heben kann. Einen sehr interessanten Punkt hat E3 hinzugefügt, der sich zukünftig eine virtuelle Lernatmosphäre in Anlehnung an das Metaversum des Meta-Konzerns vorstellt. Daher könnte zunächst eine Untersuchung von VR in Verbindung mit der innovativen Datenverarbeitung mittels künstlicher Intelligenz sinnvoll sein. Darüber hinaus sollte zusätzliche Forschung zur Aufklärung und Behebung von entstehender Motion-Sickness und Simulatorkrankheit erfolgen. Des Weiteren wurden in diesem Paper lediglich Experten aus Deutschland oder dem deutschsprachigen Ausland befragt. Zukünftige Forschung sollte sich darauf konzentrieren, ob im internationalen Vergleich ein abweichendes Meinungsbild vorherrscht.

## Literaturverzeichnis

- Airbus (2023). *Global Market Forecast: 2023-2042*. <https://www.airbus.com/en/products-services/commercial-aircraft/market/global-market-forecast>
- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6 (4), 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Boeing (2023). *Commercial market outlook 2023-2042: Long-term forecast for growth*. <https://cmo.boeing.com>
- Döring, N. (2022). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (6. Auflage). Springer.
- Dörner, R., Broll W., Grimm P., Göbel, M. & Jung, B (2019). Einführung in Virtual and Augmented Reality. In Dörner, R., Broll W., Grimm P., & Jung, B (Hrsg.), *Virtual and Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (2. Auflage) (S. 1-42). Springer.
- Dresing, T. & Pehl, T. (2018). *Interview, Transkription & Analyse: Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende* (8. Auflage).
- Elmqaddem, N. (2019). Augmented Reality and Virtual Reality in Education. Myth or Reality? *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14 (03), 234-242. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i03.9289>
- Embry-Riddle Aeronautical University (2023). *Preflight Immersion Lab*. <https://daytonabeach.erau.edu/college-aviation/flight/preflight-immersion-lab>
- European Flight Academy (2021). *Basiskosten der Schulung zum Verkehrspilot:in ATPL in Deutschland*. <https://www.european-flight-academy.com/de/kosten>
- Flight Safety Foundation (2023). *Airliner Accidents 2022*. <https://aviation-safety.net/database/2022-analysis>
- Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD (2022). *Mitarbeiterqualifizierung mit VR in der Automobilbranche*. <https://www.igd.fraunhofer.de/de/media-center/presse/mitarbeiter-qualifizierung-mit-vr-in-der-automobilbranche.html>
- Gabler Wirtschaftslexikon (2021). *Virtuelle Realität*. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/virtuelle-realitaet-54243/version-384511>
- Grasnick, A. (2020). *Grundlagen der virtuellen Realität: Von der Entwicklung der Perspektive bis zur VR-Brille*. Springer Vieweg.
- Gutierrez, F., Pierce, J., Vergara, V., Coulter, R., Saland, L., Caudell, T., Goldsmith, T., & Alverson, D. (2008). *The Effect of Degree of Immersion upon Learning Performance in Virtual Reality Simulations for Medical Education*. <https://digitalrepository.unm.edu/ume-research-papers/8/>

- Heng, S. (2016). Augmented Reality: Pokémon Go, Google Glass und Krimi-Dystopie führen zu Missverständnissen. *wisu – das Wirtschaftsstudium*, 14 (12), 1323-1326. <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/96638/>
- Hight, M., Fussell, S., Kurkchubasche, M. & Hummell, I. (2022). Effectiveness of Virtual Reality Simulations for Civilian, Ab Initio Pilot Training. *Journal of Aviation/Aerospace Education & Research*, 31 (1). <https://doi.org/10.15394/jaaer.2022.1903>
- ICAO (2023). *ICAO forecasts complete and sustainable recovery and growth of air passenger demand in 2023*. <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/ICAO-forecasts-complete-and-sustainable-recovery-and-growth-of-air-passenger-demand-in-2023.aspx>
- Labeledan, P., Darodes-De-Tailly, N., Dehais, F., & Peysakhovich, V. (2021). *Virtual reality for pilot training: study of cardiac activity*. <https://doi.org/10.5220/0010296700810088>
- Langer, E. (2020). *Medieninnovationen AR und VR: Erfolgsfaktoren für die Entwicklung von Experiences*. Springer.
- Lawrynczyk, A. (2018). *Exploring Virtual Reality Flight Training as a Viable Alternative to Traditional Simulator Flight Training* [Masterthesis, Carleton University]. [https://curve.carleton.ca/system/files/etd/8befeba3-7102-4851-a690-7a513e0f8343/etd\\_pdf/ae488304b192921ff4725138d68a9976/lawrynczyk-exploringvirtualrealityflighttrainingasaviable.pdf](https://curve.carleton.ca/system/files/etd/8befeba3-7102-4851-a690-7a513e0f8343/etd_pdf/ae488304b192921ff4725138d68a9976/lawrynczyk-exploringvirtualrealityflighttrainingasaviable.pdf)
- Luftfahrt-Bundesamt (2023). *Genehmigung deutsche Fluggesellschaften*. [https://www.lba.de/DE/Luftfahrtunternehmen/Genehmigungen/GenehmigungenLU\\_node.html](https://www.lba.de/DE/Luftfahrtunternehmen/Genehmigungen/GenehmigungenLU_node.html)
- Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (13., überarbeitete Auflage). Beltz Verlag.
- Mehrabian, A. & Ferris, S. (1967). Interference of attitudes from nonverbal communication in two channels. *Journal of Consulting Psychology*, 31(3), S. 248-252. <https://doi.org/10.1037/h0024648>
- PwC (2020). *The Effectiveness of Virtual Reality Soft Skills Training in the Enterprise: A Study*. <https://www.pwc.com/us/en/services/consulting/technology/emerging-technology/assets/pwc-understanding-the-effectiveness-of-soft-skills-training-in-the-enterprise-a-study.pdf>
- Reiser (2023). *Full-Flight Simulators (FFS)*. <https://www.reiser-st.com/simulators/full-flight-simulator-flight-training-device-level-d/>
- Steinke, S. (2015). *Flugsimulator der Zukunft: Pilotentraining für die nächste Generation*. <https://www.flugrevue.de/zivil/pilotentraining-fuer-die-naechste-generation-flugsimulator-der-zukunft/>
- Sutherland, I. (1968). A head mounted three dimensional display. In *Proceedings of the AFIPS Fall Joint Computer Conference* (S. 757-764). Thompson Books.
- UKE-Stiftung (2023). *Virtual Reality: Neue Lernmethode im Medizinstudium*. <https://www.uke-stiftung.de/virtual-reality-neue-lehrmethode-im-medizinstudium/>

- Vardomatski, S. (2023). *VR for Flight Training: Benefits and Challenges*. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2023/02/24/vr-for-flight-training-benefits-and-challenges/>
- Weber, S. & Wernitz, F. (2021). *IUBH Discussion Papers, Business and Management: Die Inhaltsanalyse nach Mayring als Auswertungsmethode für wissenschaftliche Interviews*. IU Internationale Hochschule.
- Wernitz, F. (2018). *Business and Management: Das Experteninterview als Datenerhebungsmethode in Prüfungsarbeiten*. IUBH Internationale Hochschule.
- Yang, L., Chen, P. & Xiao, M (2022). Application of Virtual Reality Technology to Assist Civil Aviation Safety. In 2022 IEEE 4th International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (S. 542-549). <https://doi-org.pxz.iubh.de/8443/10.1109/ICCA-SIT55263.2022.9987032>