

FWSafeXR - Endbericht

Sicherheitstraining in der Forstwirtschaft mit eXtended Reality Methoden



Impressum

Projektnehmer/in: AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Center for Technology Experience

Adresse: Giefinggasse 4, 1210 Wien

Projektleiter/in: Dr. Raimund Schatz

Tel.: +43 50550-4526

E-Mail: raimund.schatz@ait.ac.at

Projektmitarbeiter/in: Dr. Andreas Sackl

Tel.: +43 50550-4538

E-Mail: andreas.sackl@ait.ac.at

Projektnehmer/in: BFW Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,
Naturgefahren und Landschaft

Adresse: Seckendorff-Gudent Weg 8, 1131 Wien

Projektleiter/in: DI Florian Hader

Tel.: +43 7617/21444-113

E-Mail: florian.hader@bfw.gv.at

Kooperationspartner/in: Mindconsole GmbH, Arbeiter-Samariter-Bund Service GmbH,
Österreichisches Rotes Kreuz Landesverband OÖ

Finanzierungsstelle: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und
Wasserwirtschaft (BML)

Projektlaufzeit: 01.05.2022 – 31.12.2023

1. Auflage

Fotonachweis: Cover: BFW/Florian Hader

Alle Rechte vorbehalten.

Wien, 2023. Stand: 30. November 2023

Inhalt

Impressum.....	2
Inhalt.....	3
1 Projektergebnisse.....	4
1.1 AP1: Projektmanagement und Dissemination	4
1.1.1 Projektmanagement	4
1.1.2 Dissemination	4
1.2 AP2: Anforderungserhebung	8
1.2.1 Analyse existierender Trainings & Vermittlungspraxis.....	8
1.2.2 Anforderungen Ausbilder:innen und Auszubildende, Potenziale von XR.....	10
1.2.3 Sicherheitsrelevante Szenarien und Aspekte	11
1.2.4 Erfassung relevanter Problembereiche in der Ausbildung.....	13
1.3 AP3: Konzeption und prototypische Umsetzung.....	15
1.3.1 Auswahl Technologie	15
1.3.2 Konzept Trainingsablauf	16
1.3.3 Gamification Strategie	16
1.3.4 Ergebnisse Prototypenentwicklung.....	18
1.4 AP4: Evaluation, statistische Analyse und didaktische Betrachtung.....	22
1.4.1 Wissenschaftliche Evaluation	22
1.4.2 Empfehlungen: Blended Learning mit XR	39
2 Zusammenfassung und Ausblick	45
Tabellenverzeichnis.....	47
Abbildungsverzeichnis.....	48
Literaturverzeichnis	50
Abkürzungen.....	52
Annex 1: Priorisierte Virtuelle Gegenstände im XR-Training.....	53

1 Projektergebnisse

Das Projekt FWSafeXR wurde im Rahmen von vier Arbeitspaketen abgearbeitet: in AP1 (Projektmanagement und Dissemination) wurden die notwendige Projektinfrastruktur und Kommunikationsmechanismen eingerichtet. In AP2 (Anforderungen) wurden die relevanten Problembereiche erfasst und Anforderungen erhoben. In AP3 (Konzeption und Prototypenentwicklung) wurden die umzusetzenden Use-Cases ausgewählt, detailliert und als XR-Prototyp umgesetzt. In AP4 (Evaluation, Analyse und didaktische Betrachtung) wurde eine umfangreiche Evaluationsstudie durchgeführt und deren Ergebnisse zzgl. der Learnings aus diesem Projekt verschriftlicht. In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse dieser vier Arbeitspakete im Detail beschrieben.

1.1 AP1: Projektmanagement und Dissemination

Aufgabe von AP1 waren sowohl Projektmanagement als auch die Verbreitung der Projektergebnisse (Dissemination).

1.1.1 Projektmanagement

Im Rahmen von AP1 wurden die für das Projektmanagement notwendigen Prozesse und Infrastruktur eingerichtet. Konsortialmeetings fanden im Rahmen monatlicher Jour-Fixes statt (an jedem zweiten Dienstag des Monats), bei Bedarf ergänzt durch weitere Arbeitsmeetings. Als Dokumentenablage (für Deliverables, Materialien, Meeting Minutes, etc.) fungierte ein für alle Projektpartner zugängliches Extranet (<https://portal.ait.ac.at/sites/fwsafexr/>). Alle Projektpartner wurden wie geplant als Subauftragnehmer unter Vertrag genommen.

1.1.2 Dissemination

Für die erste Dissemination war durch Vorträge und Artikel in der land- und forstwirtschaftlichen Fachpresse geplant. Zielsetzung war hier die Ansprache von Multiplikatoren und weiteren Ausbildungsträgern. In weiterer Folge sollten die Aktivitäten auch für eine breitere Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden, beispielsweise durch Veröffentlichung in Tages- und Regionalmedien. Da im Projekt digitale Inhalte erstellt

werden, war für diese Phase auch die verstärkte Nutzung von digitalen Medien geplant. Die folgende Aufzählung umfasst die medialen Disseminationsaktivitäten des Projekts bis Mitte November 2023.

1.1.2.1 Vorträge und Demonstrationen auf Veranstaltungen

Als erste Verbreitungsmaßnahme wurde das Projekt im Rahmen der Veranstaltung "Speeding up Innovation" an der Pädagogischen Hochschule in Wien im Zuge eines Vortrags der FAST Traunkirchen am 28. September 2022 vorgestellt. Mehr als 50 Personen – vorwiegend aus dem Bereich Forstwirtschaft, Lehre und Wissenschaft – nahmen an der Veranstaltung teil, und es gab einen regen Austausch zum Thema XR.

Weitere Beiträge zu Veranstaltungen waren:

- Eine Vorstellung des Projektes und auch die Möglichkeit, die App auszuprobieren gab es beim Infotag des Vereins der Orter und Traunkirchner Forstwirtschaftsmeister am 20. Jänner 2023. Rund 120 Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren bei diesem Tag am Waldcampus Österreich dabei.
- Eine Vorstellung des Projektes erfolgte weiters am „Forstunternehmertag“ am 24.03.2023 am Waldcampus Österreich mit rund 80 Teilnehmerinnen und Teilnehmern. Besonders interessant war für die Zielgruppe, dass durch die VR-Technik auch zeit- und ortsunabhängiges Lernen möglich wird.
- AustroFOMA, 26.-28.09.23 (Stuhleck, Semmering), Messeauftritt: das Projekt wurde im Rahmen des Messeauftritts der FAST Traunkirchen dem interessierten Fachpublikum gezeigt und live demonstriert. Die Veranstaltung zog rund 20.000 Besucher:innen an und ist eine der größten Ausstellungen der Branche. 153 Aussteller präsentieren auf dieser Veranstaltung ihre Produkte und Serviceleistungen.
- Im Rahmen einer Pressekonferenz am 15. November 2023 in den Räumlichkeiten des Arbeitersamariterbundes wurde das Projekt und dessen Ergebnisse Fachjournalist:innen und Waldbesitzer:innen vorgestellt. Es wurde auch die Möglichkeit geboten, das XR-Training selbst auszuprobieren.
- Im Rahmen der Arbeitslehrentagung am 6. Oktober 2023 an der Universität für Bodenkultur wurde das Projekt vorgestellt, es waren rund 50 Personen im Auditorium vertreten. Außerdem gab es auch die Möglichkeit die virtuelle Anwendung zu probieren. Das Projekt wurde sehr gut angenommen und es tauchte die Frage auf, wann und unter welchen Rahmenbedingungen die

Anwendung an den verschiedenen Ausbildungsstandorten in Zukunft angewendet werden kann.

- Österreichisches Rote Kreuz LV OÖ Bezirksgeschäftsleitertagung 21. – 22. Nov 2023 (ca 30 TN): Vorstellung des Projekts mit Live Demo und anschließendem Brainstorming und Diskussion über Einsatzmöglichkeiten in den verschiedensten Tätigkeitsbereichen des Roten Kreuzes.

1.1.2.2 Artikel in Medien der Projektpartner

- Rotkreuz Inside 01/23 – „Virtuelles Ersthelfertraining“. Die ÖRK Mitarbeiterzeitung als Printmedium wurde an alle aktiven Mitarbeiter des Österreichischen Roten Kreuz Landesverband Oberösterreich in einer Auflage von 25.000 Stück im Frühjahr 2023 verschickt. In der Folge kam der gleiche Bericht in die Aussendung an alle unterstützenden Mitglieder in einer Auflage von 180.000 Stück.
- SAM 03/2023 – „Virtuelles Training für mehr Sicherheit im Wald“. Das Mitgliedermagazin SAM des Arbeitersamariterbunds (ASB) wurde als Printmedium an alle Mitglieder und Stakeholder in einer Auflage von 100.000 Stück im Frühjahr 2023 verschickt. Das Medium steht auch für alle öffentlich zugänglich auf der Homepage des ASB in digitaler Form zu Verfügung.

1.1.2.3 Rundfunk und Fernsehen

im September 2023 fanden mit den Medien ORF und PULS4 jeweils eintägige Filmdrehs zu dem Projekt am Waldcampus Traunkirchen statt, inklusive VR-Demonstration, Baumfällung und Interviews. Die resultierenden Beiträge wurden am 24. August (Puls 4, Cafe Puls) und am 29. September (ORF, Mayrs Magazin) ausgestrahlt und dem Projekt zusätzlich ein Beitrag auf science.orf.at¹ gewidmet.

1.1.2.4 Online- und Printmedien

- 6. Juli 2023: verschiedene Medien (science.apa.at, top-news.at, wiesonur.de, presse-nachrichten.de) - "Virtuelles Training für mehr Arbeitssicherheit in der Forstwirtschaft"
- 11. Juli 2023: immersivlearning.news – "Virtuelles Training für mehr Arbeitssicherheit in der Forstwirtschaft"

¹ <https://science.orf.at/stories/3221561/>

- 18. Juli 2023: IT-Welt – „Gefahrlos und praxistauglich trainieren mit MR“²
- 21. Juli 2023:
 - forstpraxis.de - "Können virtuelle „Spielereien“ die Arbeitssicherheit im Wald verbessern? Virtuelles Training für mehr Arbeitssicherheit im Forst“
 - KRONE.at - "Weniger Fehler: Virtuelles Training soll Forstunfälle verhindern"
 - science.apa.at - "Virtuelles Training soll Arbeitssicherheit in Forstwirtschaft erhöhen"
- 7. Oktober 2023: science.orf.at - "Virtual-Reality-Training macht Forstarbeit sicherer"
- 15. November 2023:
 - OTS, Börse Social, Börse Express, Bauernzeitung.at
- 16. November 2023:
 - <https://itwelt.at/news/virtuelles-training-erhoeht-die-arbeitssicherheit-in-der-forstwirtschaft/>
 - Waldverband aktuell

1.1.2.5 Ausblick

Aufgrund der großen medialen Resonanz und des positiven Feedbacks von Fachpublikum und Veranstaltungsteilnehmer, gehen wir davon aus, dass das Projekt auch weiterhin in Fachmedien und auf Veranstaltungen präsent sein wird. Zusätzlich werden die Projektpartner die Ergebnisse von FWSafeXR auch in wissenschaftlichen Communities publizieren. In diesem Zusammenhang avisierte Konferenzen sind die QOMEX (Quality of Multimedia Experience) 2024 und iLRN (Interactive Learning Research Network) 2023, auf denen die Ergebnisse der Nutzerstudie und didaktische Implikationen vorgestellt werden sollen.

² <https://itwelt.at/tag/11-2023/>

1.2 AP2: Anforderungserhebung

In diesem Arbeitspaket wurden die existierende Trainings- und Vermittlungspraxis analysiert, Anforderungen der Trainer und der Trainees erhoben und die relevanten Problembereiche erfasst.

1.2.1 Analyse existierender Trainings & Vermittlungspraxis

Forstwirtschaftliche Ausbildung

In der forstwirtschaftlichen Ausbildung werden verschiedenen Unterlagen und Medien für die Vermittlung von Wissen und Fertigkeiten im Bereich sichere Waldarbeit eingesetzt.

Die Grundlage für fachgerechte Arbeit im Wald ist in verschiedenen FHP Broschüren³ dargestellt (z.B. „Holzernte im Schleppergelände, Methodische Arbeit 4). Darauf aufbauend sind in den letzten Jahren auch Broschüren der AUVA⁴ mit dem Siegel „Leichter lesen“ entstanden, sowie eine Lern-CD und auch ein E-Learning Kurs.

Diese Medien werden als Schulungsunterlagen verwendet und finden auch für das Selbststudium Verwendung. Es kann damit Fachwissen zur richtigen Arbeitstechnik vermittelt werden. Für eine qualitätsvolle Schulung ist allerdings auch die Vermittlung in der Praxis und das Training von praktischen Fertigkeiten unerlässlich. Die Forstlichen Ausbildungsstätten setzen deshalb in der Vermittlung sehr stark auf praktischen Unterricht. Im Bereich „Arbeit mit der Motorsäge“ wird ein zweiwöchiger Zertifikatslehrgang angeboten, der Praxisanteil in diesem Kurs liegt bei rund 90%.

Unfallverhütung und Erste Hilfe

In einschlägigen Berufsausbildungskursen wird das Thema Unfallverhütung und Erste Hilfe im Wald thematisiert. Neben der richtigen Arbeitstechnik ist auch die Analyse des Umfeldes und das Verhalten bei Unfällen ein wichtiges Vermittlungsthema. Im Folgenden werden einige der zentralen Lerninhalte dargestellt.

³ <https://www.forstholzpapier.at/publikationen/holzernte>

⁴ <https://www.auva.at/cdscontent/?contentid=10007.671390>

Abseits des städtischen Gebietes ist es oft schwierig, verletzte und/oder erkrankte Personen adäquat zu versorgen. Auch für den Rettungsdienst ist es manchmal sehr aufwendig oder unmöglich, den Notfallort direkt zu erreichen.

Wenn die Situation keinen lebensbedrohlichen Notfall darstellt, kann der Betroffene die Gegend womöglich selbst zu Fuß verlassen. Bei Zweifel muss jedoch der Rettungsdienst verständigt werden (z.B. mittels Hubschrauber in unwegsamem Gelände).

Die wichtigsten Daten, wie Koordinaten, Anfahrtsbeschreibung oder markante Anhaltspunkte, sollten auf einer „Rettungs- oder Notfallkarte (Notfallplan)“ zusammengefasst und jeder Person ausgehändigt werden, welche sich in potenziell riskante Szenarien begibt (beispielsweise forstwirtschaftliche Tätigkeiten).

Bei den Erste Hilfe Maßnahmen im Umfeld von Forstarbeiten sind zusätzlich zu den standardisierten Erste Hilfe Methoden spezielle Sicherheitsaspekte und Maßnahmen erforderlich. So ist bereits vor Arbeitsbeginn die Umgebung grob zu erkunden, wie und wo gegebenenfalls Rettungskräfte zufahren bzw. landen können. Auch ein Standort mit einer sicheren Mobiltelefonverbindung ist festzulegen. Sollte es dann zu einem Notfall kommen, kann man auf diese Informationen zurückgreifen und gewinnt dadurch viel Zeit und eine höhere Versorgungsqualität. Bei den Erste Hilfe Maßnahmen kommt zu den üblichen Verfahren, die in einem Erste-Hilfe-Kurs vermittelt werden, den Basismaßnahmen mit der relativ langen Betreuungszeit der Verunglückten ein großer Stellenwert zu. Zudem sind oft schwierige Rettungsmanöver aus diversen Gefahrenzonen erforderlich. Wie z.B. Rettung aus Harvester oder Forstraktor, Wegziehen oder Wegtragen aus einer Umgebung die als potenziell gefährlich scheint (Steinschlag, Windwurf, Totäste, Wasser, ...). Diese vorwiegend praktischen Fertigkeiten müssen in einem Präsenztraining, bestmöglich in natürlicher, realer Umgebung trainiert werden.

In anderen Kursbereichen konnten bereits gute Ergebnisse mit eXtended Reality (XR) Methoden erreicht werden. Als Beispiel kann hier die Harvester und Forwarder-Ausbildung genannt werden. Hier wurden in den letzten Jahren gute Ergebnisse in der Vermittlung von Wissen und Fertigkeiten mit Virtual-Reality Brillen erzielt. Durch die Abbildung der Lernumgebung werden hier die üblicherweise linear aufgebauten Theorieeinheiten durch eine komplexe virtuelle Lernumgebung gut ergänzt.

1.2.2 Anforderungen Ausbilder:innen und Auszubildende, Potenziale von XR

Das Training von sicherheitsrelevanten Inhalten im Wald ist sehr aufwändig und auf Grund von wechselnden Rahmenbedingungen (Jahreszeit, Witterung, Gelände, Vegetation) starken Änderungen unterworfen. Von Seiten der Ausbilder:innen wird eine sichere Arbeitsumgebung gefordert, die es den Lernenden ermöglicht, ohne Gefahr und unter kontrollierten Rahmenbedingungen zu lernen.

In diesem Kontext ermöglichen XR-basierte Ansätze umfassende und variable Gestaltungsoptionen der Arbeitsumgebung, Lerninhalte können unter gleichen Bedingungen wiederholt werden. So können Arbeitsabläufe erlernt und wiederholt werden, ohne dabei einer Gefahr ausgesetzt zu sein. XR bzw. Virtual Reality (VR) Anwendungen finden indoor statt und sind damit unabhängig von Witterung, Gelände, Tageszeit und Verfügbarkeit von Praxisorten jederzeit durchführbar.

Als Ergänzung zu den unerlässlichen praktischen Übungen zum Trainieren der speziellen Fertigkeiten der Ersten Hilfe mit einem ausgebildeten Erste-Hilfe-Lehrbeauftragten mit viel Praxiserfahrung können aber durchwegs die sicherheitsrelevanten Prozessabläufe bei der Vorbereitung und Analyse von Gefahrensituationen in einem sicheren Umfeld der Virtual Reality wiederholt und gefestigt werden. So bieten sich auch in diesem Umfeld sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten, um den Lernerfolg mit der Darstellung unterschiedlicher Situationen für diese Techniken zu steigern.

Im Gegensatz zu etablierten Lernmethoden, bietet eine XR-basierte Lösung folgende Vorteile:

- Skalierbarkeit. Zeit & Ressourcen sind im normalen Unterricht begrenzt: mit XR kann jederzeit trainiert und beliebig oft wiederholt werden (wichtig für prozedurales Lernen)
- Zeitrahmen: mit XR kann (im Vergleich zu einer herkömmlichen Unterrichtssituation) jederzeit trainiert und beliebig oft wiederholt werden (wichtig für prozedurales Lernen).
- Ressourcen: XR ermöglicht auch das Trainieren von Situationen, die in realiter nur mit großem (Material-)Aufwand (z.B. Hubschrauber) oder gar Risiko geübt werden könnten. Damit wird eine sichere Lernumgebung zu geringen Kosten zur Verfügung gestellt.

- Interaktivität: Vorlesungen, Bücher, Videos, etc. sind "passiv" bzw. "linear", mit XR-basierter Simulation können Situationen aktiv erlebt werden, der Verlauf kann dynamisch gestaltet werden. Die Nutzung von XR-Simulation ermöglicht Training unter kontrolliertem Stress und damit auch phänomenologisches Lernen.
- XR ermöglicht sichere Lernumgebungen. Viele Situationen können nur mit Risiko in realiter trainiert werden, was bei Einsatz von XR vermieden wird. Außerdem sind neben dem Einsatz als Lehrmittel im Unterricht XR-Methoden auch besonders gut geeignet, um auch Laien und Interessierten erste Einblicke in ein Thema zu geben, z.B. auf Berufsmessen. Durch die Veröffentlichung von Inhalten im Internet können Anwendungen und Simulationen auch ohne Vorwissen zu Hause niederschwellig nutzbar gemacht werden.

Außerdem sind neben dem Einsatz als Lehrmittel im Unterricht XR-Methoden besonders gut geeignet, um auch Laien und Interessierten erste Einblicke in ein Thema zu geben.

1.2.3 Sicherheitsrelevante Szenarien und Aspekte

Die Erste-Hilfe in der Land- und Forstwirtschaft übersteigt bei bestimmten medizinischen Notfällen (spezielle Erkrankungen und Verletzungen) oder in bestimmten Zwangslagen die fachgerechte Erste-Hilfe, welche unter üblichen Umständen vermittelt werden kann und erfordert daher zusätzliche Fähigkeiten von Ersthelfern (z.B. die Anzahl der Helfer sowie die verfügbare Erste-Hilfe-Ausrüstung ist begrenzt). Notfallsituationen in der freien Natur bedeuten sowohl für den Ersthelfer als auch für die verletzte oder erkrankte Person und andere Anwesende großen psychischen Stress, z.B. durch Isolation, Schmerzen, Schwierigkeiten bei der Rettung oder eine mangelnde medizinische Versorgung. Angst und Panik bei den Betroffenen können die Sicherheit, die Rettungsmaßnahmen sowie die Erste-Hilfe empfindlich stören. Um diese Vorgänge zu festigen kann die Unterstützung durch Virtual Reality durch die Möglichkeit von mehrfachen Wiederholungen sowie Analysen im Ernstfall entscheidend sein. Durch die Möglichkeit der vielfältigen Wiederholungen kann sich das Wissen festigen und gibt eine zusätzliche Sicherheit in Notfallsituationen.

Sicherheitsrelevante Situationen und Szenarien, die mit XR-Training bewältigt werden könnten:

- Bestimmte Erste Hilfe Anwendungen bzw. Präventions/ -Sicherheitstipps im Outdoor-Bereich spielerisch und nachhaltig erlernen als erster Schritt Gesundheitsanwendungen im VR Bereich umsetzen.
- Sport in der freien Natur erfreut sich weltweit immer größerer Beliebtheit. Mögliche Inhalte wären (zb. Mountainbike, Rad, Skitour, Wandern, Klettern, Snowboard, Freeride)
- Notfallsituationen in der freien Natur bedeuten sowohl für den Ersthelfer als auch für die verletzte oder erkrankte Person und andere Anwesende großen psychischen Stress, z.B. durch Isolation, Schmerzen, Schwierigkeiten bei der Rettung oder eine mangelnde medizinische Versorgung. Angst und Panik bei den Betroffenen können die Sicherheit, die Rettungsmaßnahmen sowie die Erste-Hilfe empfindlich stören. Um die korrekte Vorgehensweise sowie konkrete Maßnahmen zu erlernen und zu festigen bzw. wichtige präventive Sicherheitsmaßnahmen zu setzen, kann im Ernstfall das vorangegangene Üben unterstützt durch AR/VR sowie damit verbunden die Möglichkeit von mehrfachen Wiederholungen und Analysen entscheidend sein. Vielfältiges Wiederholen kann das Wissen festigen und gibt eine zusätzliche Sicherheit in Notfallsituationen.

Unfallverhütung und Erste Hilfe im Wald oder unwegsamem Gelände thematisiert viele Aspekte wie bereits oben genannt.

Neben der richtigen Notrufkette ist auch die Analyse des Umfeldes und das Verhalten bei Unfällen ein wichtiges Vermittlungsthema. Abseits des städtischen Gebietes ist es oft schwierig, verletzte und/oder erkrankte Personen adäquat zu versorgen. Auch für den Rettungsdienst ist es manchmal sehr aufwendig oder unmöglich, den Notfallort direkt zu erreichen.

Wenn die Situation keinen lebensbedrohlichen Notfall darstellt, kann der Betroffene die Gegend womöglich selbst zu Fuß verlassen. Bei Zweifel muss jedoch der Rettungsdienst verständigt werden (z.B. mittels Hubschrauber oder Motorradstaffel in unwegsamem Gelände).

Die wichtigsten Daten, wie Koordinaten, Anfahrtsbeschreibung oder markante Anhaltspunkte, sollten zusammengefasst sein oder können in derartigen Situationen für eine schnelle Rettungskette ausschlaggebend sein! Denn sollte es dann zu einem Notfall

kommen, kann man auf diese Informationen zurückgreifen und gewinnt dadurch viel Zeit und eine höhere Versorgungsqualität.

Bei den Erste Hilfe Maßnahmen kommt zu den üblichen Verfahren, die in einem Erste-Hilfe-Kurs vermittelt werden, den Basismaßnahmen mit der relativ langen Betreuungszeit der Verunglückten ein großer Stellenwert zu. Zudem sind oft schwierige Rettungsmanöver aus diversen Gefahrenzonen erforderlich. Diese vorwiegend praktischen Fertigkeiten müssen in einem Präsenztraining, bestmöglich in natürlicher, realer Umgebung trainiert werden. In anderen Kursbereichen konnten bereits gute Ergebnisse mit eXtended Reality (XR) Methoden erreicht werden. Durch die Abbildung der Lernumgebung werden hier die üblicherweise linear aufgebauten Theorieeinheiten durch eine komplexe virtuelle Lernumgebung gut ergänzt.

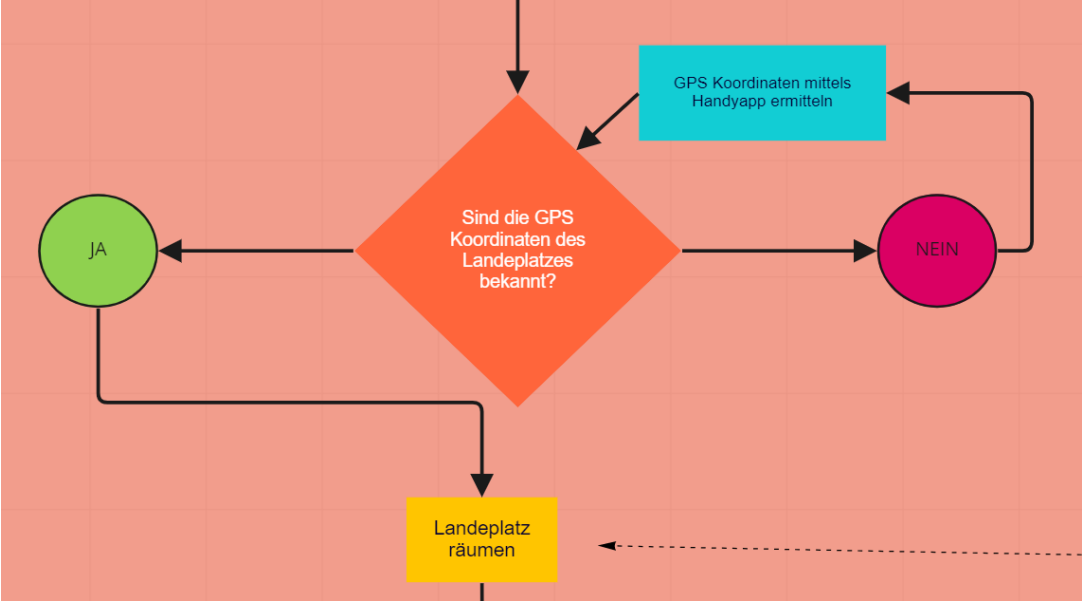
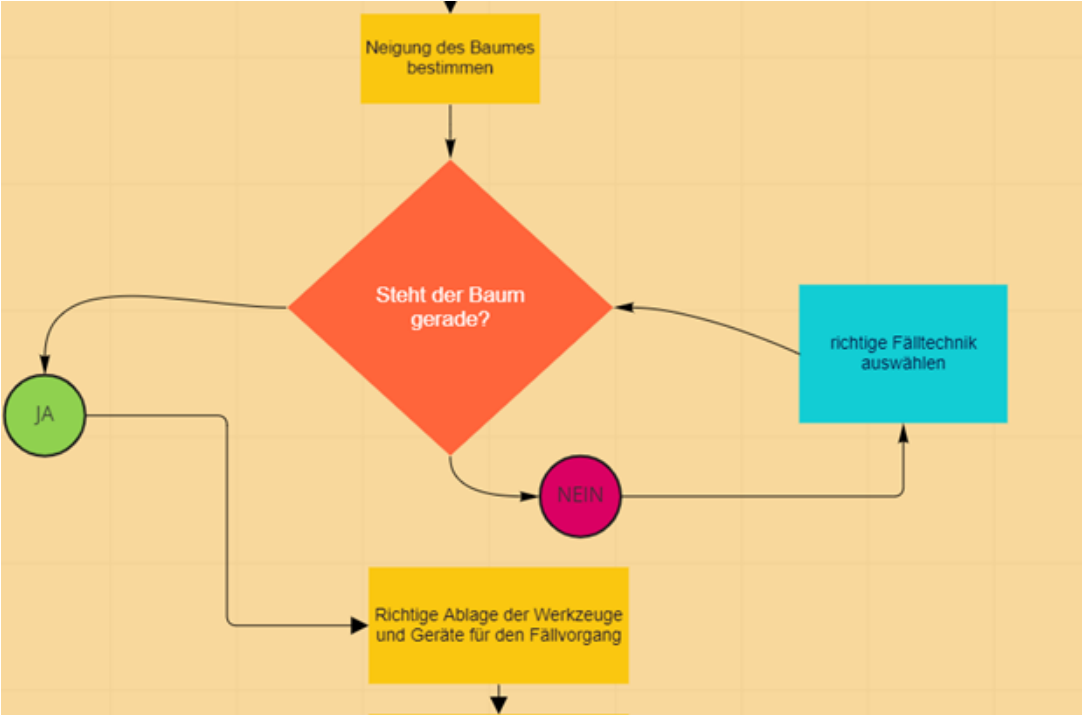
1.2.4 Erfassung relevanter Problembereiche in der Ausbildung

Bereits im Rahmen des Projekt-Kickoff Meetings wurden erste Ideen gesammelt, welche Trainingsszenarien von einer XR-Implementierung profitieren würden. Im Zuge der Diskussion wurde festgelegt, dass die beiden Problembereiche „Vorbereitung und Baumfällung“ und „Erste Hilfe leisten bzw. anfordern“ im Zuge der Anforderungsanalyse in AP2 weiterbearbeitet werden sollen. In beiden Problembereichen stehen Trainingsziele im Mittelpunkt, welche auf Beurteilung (z.B. welche Gefahrenquellen befinden sich in der Nähe des zu fällenden Baums; Beurteilung der Baumgesundheit; situative Entscheidung, welche Erste Hilfe Maßnahmen sind in der aktuellen Situation zuerst durchzuführen sind, etc.) und nicht auf motorisch-präzise Interaktionen angewiesen sind (z.B. wird die korrekte Fällung mit der Motorsäge nicht trainiert).

Im Zuge von AP2 wurden von den Projektpartnern diese beiden Problembereiche diskutiert und in AP3 mittels Entscheidungsbäumen konkretisiert. Hierfür wurde in einem iterativen Prozess mittels digitaler Whiteboards Entscheidungsbäume erstellt und anhand des Feedbacks der Projektpartner schrittweise erweitert und verbessert. Die finalen Use-Cases werden in Abschnitt 1.3.2 vorgestellt⁵.

⁵ Eine detaillierte Beschreibung der Entscheidungsbäume ist im Zwischenbericht des FWSafeXR Projekts enthalten.

Abbildung 1: Beispielausschnitt von Entscheidungsbäumen der Szenarien „Baumfällung“ (oben) und „Hubschraubereinsatz“ (unten)



1.3 AP3: Konzeption und prototypische Umsetzung

In diesem Arbeitspaket wurde das virtuelle Sicherheitstraining konzipiert und als XR-Prototyp umgesetzt. Die Hauptergebnisse sind Applikationskonzepte und Software in Form der entwickelten XR-Trainingsapplikation.

1.3.1 Auswahl Technologie

Im Rahmen der Definition der Anforderungen und Use Cases wurden auch Kriterien bzgl. der eingesetzten Technologie im Konsortium besprochen und festgelegt. Es wurde entschieden, VR Technologie einsetzen, da VR-Brillen für den Einsatzkontext die geeignete Experience liefern (100% Immersion in die Simulation, Ortsunabhängigkeit im Gegensatz zu Augmented Reality), kostengünstiger und leichter verfügbar sind.

Als konkrete VR-Brille wurde die Meta Quest 2™ inklusive Standard-Controller ausgewählt (vgl. Abbildung 2). Diese Auswahl wurde getroffen, da diese VR-Brille genug Rechenleistung liefert, flexibel einsetzbar ist (sowohl im Stand-alone Modus als auch an leistungsstarken PCs einsetzbar), verfügbar und gut skalierbar ist. Weiters können die mitgelieferten Controller auch ohne Modifikation im Projektszenario eingesetzt werden.

Abbildung 2: Meta Quest 2 mit Controllern



Quelle: <https://www.complex.com/pop-culture/meta-quest-2-virtual-reality-headset-review>

1.3.2 Konzept Trainingsablauf

Es wurden insgesamt drei Use-Cases definiert (inkl. 5 Entscheidungsbäume), welche sich gut für die Vermittlung mittels VR eignen und gleichzeitig einen hohen Mehrwert für die Ausbildung liefern (z.B. können Hubschraubereinsätze nicht beliebig oft in realen Kontexten geübt werden). Diese Use-Cases bildeten die Grundlage für die nachfolgende Überführung ausgewählter Trainingsinhalte in VR Prototypen-Module (siehe Abschnitt 1.3.4). Die nachfolgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über die ursprünglich konzipierten Use-Cases und Entscheidungsbäume. Diese wurden im FWSafeXR Zwischenbericht detailliert beschrieben.

Tabelle 1: Übersicht Use-Cases und enthaltene Entscheidungsbäume

Use-Case	Enthaltene Entscheidungsbäume	Inhaltliche Konzeption durch:
Use-Case: Vorbereitung und Baumfällung	„Vorbereitende Maßnahmen“, „Baumfällung“	Forstliche Ausbildungsstätte
Use Case: Hubschraubereinsatz	„Vorbereitung Hubschraubereinsatz“, „Durchführung Hubschraubereinsatz“	Arbeiter-Samariter-Bund
Use Case: Vorbereitung auf medizinischen Notfall	„Vorbereitung auf medizinischen Notfall“	Österreichisches Rotes Kreuz

1.3.3 Gamification Strategie

Basierend auf den Frameworks von Marczewski (2013) und Chou (2019) wurden in AP3 unter Berücksichtigung der organisatorischen, kontextuellen und technischen Rahmenbedingungen aktuelle Überlegungen zur Umsetzung der Trainingsumgebung auf Potentiale zur Erweiterung um spielerische Gamification-ansätzen untersucht.

Zunächst wurden dazu Ziele für Gamification festgelegt. Diese sind:

- Gamification soll dabei helfen Berührungspunkte mit der Technologie zu reduzieren
- Gamification soll eine sichere Lernumgebung schaffen, in der Fehler passieren dürfen

- Gamification soll den Wiederspielwert erhöhen

Weitere Potentiale wurden identifiziert, jedoch im Zuge der genannten Rahmenbedingungen für eine erste Iteration der Entwicklung niedriger priorisiert. Dazu zählte auch die Schaffung eines Progressions-Systems, in dem Lernfortschritte über einen längeren Zeitraum beurteilt und zwischen Anwendungen über ein persönliches Profil überwacht werden können. Weiters inkludiert dies die Nutzung von Gamification zu Werbezwecken für die Trainingsumgebung selbst, sowie die Schaffung eines physischen Belohnungssystems.

Für die Gamification Strategie besonders wichtige Rahmenbedingungen ergaben sich aus der Anforderung, dass die VR Anwendung auch unbetreut und selbstständig genutzt werden können soll.

Die daraus resultierende Gamification Strategie orientiert sich an der Metapher früher Arcade-Automaten und umfasst folgende mögliche Ansätze und Ideen für die Prototypenentwicklung:

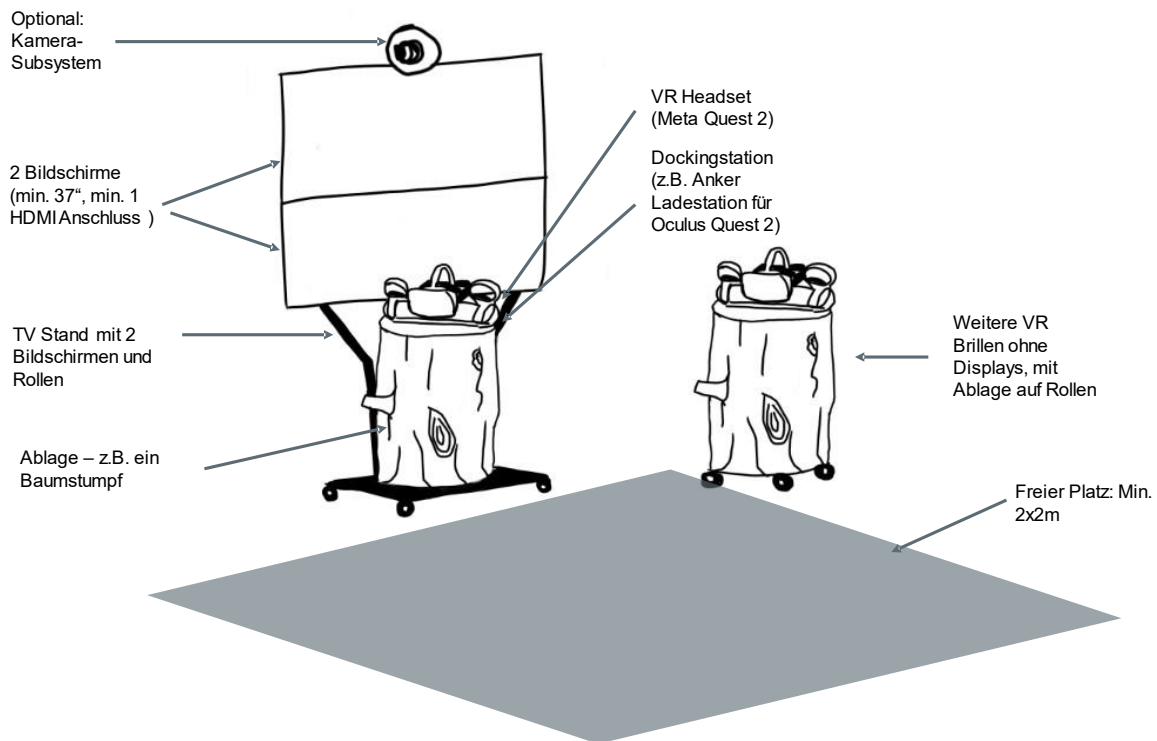
- Es soll eine sichere Lernumgebung geschaffen werden, in der Fehler passieren können, in entsprechendem Feedback resultieren, aber keine ersten Konsequenzen drohen (keine Prüfungssituation, keine Schockmomente, kein Verlust von Fortschritt)
- Umsetzung eines Challenge-Feedback-Reward Cycle mit Herausforderungen die sich bei wiederholten Trainings ändern (z.B. Umgebungsfaktoren wie Wetter, Verfügbarkeit von Gegenständen, verschiedene Vorbedingungen auf Einsatzflächen, etc.) sowie unmittelbares Feedback auf Aktionen.
- Ein Avatar soll als menschlicher Guide durch die virtuelle Trainingswelt führen
- Einfache Steuerung: Die VR Umgebung soll mit einer möglichst geringen Anzahl an Buttons und wenigen intuitiven Gesten auskommen.

Darauf aufbauend wurde auch ein Konzept für einen passenden Kiosk-aufbau für künftige Einsätze in Schulung und Demonstration entwickelt (siehe Abbildung 3). Eckpunkte dieses Konzepts sind:

- Einzweckgerät: Die VR Umgebung wird an einem geeigneten Ort verwendet.
- Bildschirm für Zuschauer:innen: Das Geschehen in der VR kann ähnlich wie bei Arcade-Automaten von anderen Personen im Raum beobachtet und kommentiert werden. Dies schafft ein gemeinsames Spielerlebnis.

- Demo-Modus: Wird die VR Umgebung nicht genutzt, sollte am Bildschirm ein Vorstellungsvideo, das Inhalte und Steuerung vorstellt und so Berührungängste reduziert und Personen zur Teilnahme einlädt.

Abbildung 3: Konzeptuelle Illustration für FWSafeXR Kioskaufbau.



1.3.4 Ergebnisse Prototypenentwicklung

Tabelle 2 zeigt die finalen Module, welche mittels VR Technologie umgesetzt werden. Grundlage für diese Module sind die in AP2 und AP3 erarbeiteten Use-Cases und Entscheidungsbäume. Diese wurde in inhaltlich zusammengehörige Module bzw. Trainingseinheiten gruppiert.

Tabelle 2: Übersicht Module, welche in der Prototypenentwicklung umgesetzt werden

Modul	Inkludierte Entscheidungs bäume	Kurzbeschreibung
Modul 1: Vorbereitung	<p>„Vorbereitete Maßnahmen“</p> <p>„Vorbereitung auf medizinischen Notfall“</p> <p>„Vorbereitung Hubschraubereinsatz“</p>	<p>In diesem Modul sollen Aspekte trainiert werden, welche vor der eigentlichen Baumfällung berücksichtigt werden müssen. Diese Aspekte betreffen sowohl arbeitsspezifische (z.B. Handyempfang überprüfen, Ausrüstung komplett) als auch notfallmedizinische Aspekte (z.B. GPS Landekoordinaten verfügbar und bekannt).</p>
Modul 2: Fällung	<p>„Baumfällung“</p>	<p>In diesem Modul werden alle relevanten Schritte trainiert, welche unmittelbar vor der eigentlichen Baumfällung berücksichtigt werden müssen (z.B. Fallrichtung und Neigung berücksichtigen, Baumgesundheit).</p>
Modul 3: Hubschrauber	<p>„Durchführung Hubschraubereinsatz“</p>	<p>In diesem Modul werden alle relevanten Schritte trainiert, um im Notfall einen Hubschrauber anfordern zu können (z.B. Informationsweitergabe, Einweisung des Hubschraubers)</p>

Basierend auf der vorangegangenen Anforderungsanalyse (AP2) wurden drei Schauplätze für die drei Trainingsmodule definiert: a) eine Garage für das Modul ‚Vorbereitung‘ (vgl. Abbildung 4), b) eine Waldumgebung für das Modul ‚Fällung‘ (inkl. Zufahrt, Absperrpunkte, weiterer Verlauf des Weges, Zugang zum Fällplatz vgl. Abbildung 5 links) und c) eine Lichtung für das Modul ‚Hubschrauber‘ (inkl. potenzieller Hindernisse wie Äste und Stromleitungen, vgl. Abbildung 5 rechts). Zusätzlich wurde in Abstimmung mit den Projektpartnern eine Liste notwendiger 3D-Elemente für die Module definiert und basierend auf dem MoSCoW Schema entsprechend priorisiert (vgl. Annex 1) erstellt und in die virtuelle Umgebung integriert (vgl. Fällwerkzeuge und Smartphone in Abbildung 6). Darüber hinaus wurden Funktionalitäten wie Benachrichtigungen zu notwendigen Arbeits- bzw. Sicherheitsschritten (z.B. Abschätzung der Neigung des Baumes) und die Alarmierung bzw. den Abruf der GPS-Koordinaten über das Smartphone implementiert (vgl. Abbildung 7). Weitere Beispiele sind die ordnungsgemäße Ruckweiche und zu erkennende und wegzuräumende Hindernisse im Fällbereich (vgl. Abbildung 8).

Abbildung 4: Garage für das Modul 1 ‚Vorbereitung‘



Abbildung 5: Fällplatz für Modul 2 (links) und Lichtung für den Hubschrauberlandeplatz in Modul 3 in der Vogelperspektive (rechts)

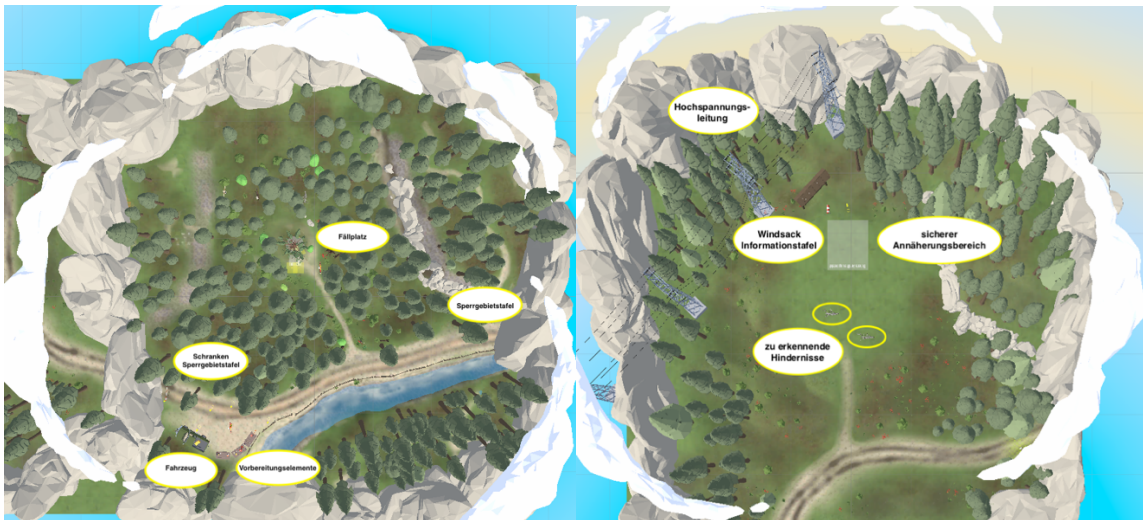


Abbildung 6: Fällwerkzeuge und Smartphone (Module 2 & 3)

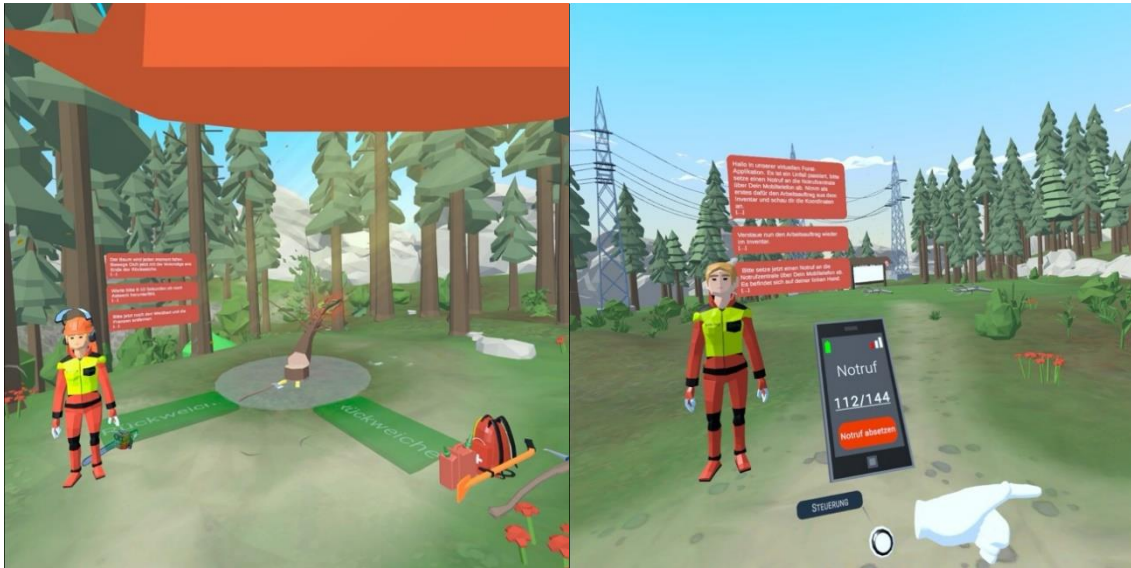


Abbildung 7: Einschätzung Baumneigung und GPS Koordinaten senden (Module 2 & 3)

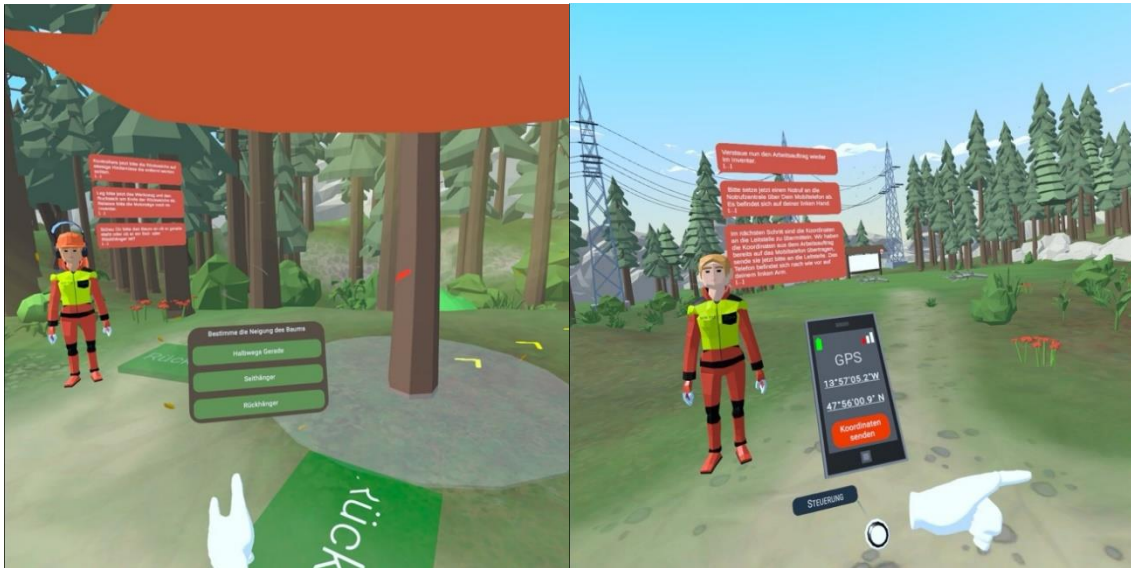


Abbildung 8: Erkennen von Hindernissen im Fällbereich und die ordnungsgemäße Rückweiche (Modul 2)



1.4 AP4: Evaluation, statistische Analyse und didaktische Betrachtung

Die Hauptergebnisse von AP4 sind die Resultate der wissenschaftlichen Evaluationsstudie und ein Blended Learning Konzept, basierend auf den Lessons Learned und Konzepten, die im Rahmen des Projekts entstanden.

1.4.1 Wissenschaftliche Evaluation

Der entwickelte VR-Prototyp wurde mit Vertretern der Zielgruppe hinsichtlich des Trainings- und Ausbildungserlebnisses sowie des Lernerfolges, basierend auf wissenschaftlichen Standards evaluiert. Ziel war es, Lernen mittels VR-Applikation und Lernen mittels klassischer Learnunterlagen objektiv (z.B. wie viele Fehler wurden beim Einpacken der Ausrüstung gemacht) und subjektiv (Akzeptanz der Lösung, Freude an der Nutzung, etc.) zu vergleichen.

1.4.1.1 Ziele & Methodik

Um die zuvor beschriebenen Fragestellungen wissenschaftlich zu evaluieren, wurden unterschiedliche Erhebungsmethoden kombiniert. Hauptziel der Evaluation bestand darin,

den potenziellen Mehrwert von VR-Trainings im Vergleich zu herkömmlichen Trainingsmethoden abschätzen zu können. Daher wurde für beide Szenarien ein experimentelles Untersuchungsdesign gewählt. Die Teilnehmer:innen wurden zufällig verschiedenen Untersuchungsgruppen zugeteilt, um kausale Zusammenhänge untersuchen zu können. In der ersten Gruppe erfolgte das Training in einer immersiven VR-Umgebung, während die zweite Gruppe eine herkömmliche Trainingsmethode nutzte, um die jeweilige Aufgabe zu üben. Um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden und die Ergebnisse zuverlässiger zu gestalten, wurde die Teilnahme von Personen aus unterschiedlichen Untersuchungsgruppen systematisch variiert. Nach Abschluss der Übungsphase wurde das erworbene Wissen und Verhalten in einer realen Umgebung von den Teilnehmer:innen angewendet. Dabei wurden verschiedene Leistungs- und Verhaltensindikatoren erhoben, um eine umfassende Bewertung der Trainingseffekte zu ermöglichen (siehe Abschnitt 1.4.1.2.1). Diese methodische Herangehensweise wurde gewählt, um eine tiefgehende Analyse des Mehrwerts von VR-Training im Vergleich zu traditionellen Trainingsmethoden zu ermöglichen und fundierte Schlussfolgerungen zu ziehen. Die herkömmliche Trainingsmethode wurde anhand von zwei Kriterien gewählt:

1. Die Methode erlaubt grundsätzlich selbstständiges, orts- und zeitunabhängiges Üben.
2. Die Methode ist derzeit im jeweiligen Anwendungskontext üblich.

Entsprechend wurde für das Szenario *Vorbereitung* folgendes ausgedruckte Übungsmaterial zur Verfügung gestellt: ein Arbeitsauftrag, ein Wetterbericht, die Ausrüstungsliste für die Forstfacharbeiter und Grafiken aus der FHP Broschüre *Holzernte im Schleppergelände – Methodische Arbeit 4* (kurz ausgedrückt „Schlepper 4“), siehe Abbildung 9.

Abbildung 9: Auszug aus FHP Broschüre "Holzernte im Schleppergelände – Methodische Arbeit 4"



Für das Szenario *Hubschrauber* wurde auch gedrucktes Trainingsmaterial gewählt, hier in Form des Folders „Rettungskette Forst“⁶. Im Szenario *Hubschrauber* wurde die Testgruppe zusätzlich unterteilt, wobei eine Gruppe das reguläre VR-Training durchlief und die andere Gruppe das VR Impaired-Training erhielt, bei die Bildwiederholrate (Frames-per-Second, FPS) reduziert wurde, was die visuelle Latenz des Systems vergrößerte. Diese Unterteilung hatte das Ziel, die Auswirkungen eines beeinträchtigten VR-Trainings zu analysieren und damit erste Annahmen, beispielsweise in Bezug auf Sehschwächen oder den Effekt von Kompromissen bei VR Hard-/Software, machen zu können.

Eine weitere wesentliche Zielsetzung bestand darin, die Perspektive potenzieller Anwender:innen hinsichtlich ihrer Erfahrung mit dem VR-Training genauer zu untersuchen. Dies umfasste Aspekte wie die User Experience, die Zugänglichkeit, die praktische Anwendbarkeit von VR-Trainings sowie mögliche Herausforderungen oder Hindernisse. Das experimentelle Studiendesign wurde deshalb durch zusätzliche

⁶ <https://noe.lko.at/brosch%C3%BCren-und-infomaterial+2400++3336862?env=cmVpdGVyPTE2MA>

Selbsteinschätzungsfragen nach Abschluss jedes Trainings beziehungsweise Szenarios ergänzt.

1.4.1.2 Studiendesign und Durchführung

1.4.1.2.1 Messungen und Instrumente

Die Evaluationsstudie umfasst die Erhebung von Leistungsindikatoren sowie quantitativen Selbstberichten via Fragebögen. Leistungsindikatoren wurden im Rahmen der Verhaltensbeobachtung während der Aufgabenbearbeitung in der realen Umgebung erhoben. Zusammen mit der subjektiven Arbeitsbelastung (erfasst mittels quantitativer Fragebögen) bilden die Leistungsindikatoren die abhängigen Variablen im Rahmen des experimentellen Untersuchungsdesigns. Tabelle 3 gibt einen Überblick abhängiger Variablen für die beiden Studienszenarien.

Tabelle 3. Abhängige Variablen nach Szenario.

Szenario	Variable	Messinstrument/Operationalisierung
Vorbereitung	Bearbeitungszeit	Zeit von Beginn der Aufgabenbearbeitung bis zu deren Abschluss. Der Abschluss der Aufgabenbearbeitung ist durch die Entscheidung der teilnehmenden Person definiert, die Aufgabe abgeschlossen zu haben.
	Erreichte Punkte	Teilnehmer:innen können 29 Punkte erreichen. Für jeden fehlenden Gegenstand wird ein Punkt abgezogen.
	Arbeitsbelastung (subjektiv)	NASA Task Load Index (NASA TLX; Hart & Staveland, 1988)
Hubschrauber	Erreichte Punkte	Teilnehmer:innen können 8 Punkte erreichen. Für jeden Fehler (z.B. falsche Körperposition) wird ein Punkt abgezogen.
	Arbeitsbelastung (subjektiv)	NASA Task Load Index (NASA TLX; Hart & Staveland, 1988)

Neben der Einschätzung des potenziellen Mehrwerts der VR-Trainings ist auch die Erfahrung der Teilnehmer:innen mit der VR-Umgebung von zentralem Interesse. Um die

Erfahrung mit dem VR-Training zu erfassen, wurden mehrere wissenschaftlich validierte Messinstrumente verwendet. Diese sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4. Standardisierte Messungen zur Erfassung der VR-Experience. Für eine ausführliche Beschreibung der gemessenen Konstrukte siehe Literaturangaben.

Variable	Messinstrument/Operationalisierung
Hedonische UX	User Experience Questionnaire Short Version (UEQ-S; Schrepp et al., 2017), Subskala Hedonische Qualität
Pragmatische UX	UEQ-S (Schrepp et al., 2017), Subskala Pragmatische Qualität
VR-induzierte Symptome	Virtual Reality Neuroscience Questionnaire (VRNQ; Kourtesis et al., 2019), Subskala VR-induzierte Symptome (VRNQ-VRISE)
Experience-Qualität	VRNQ (Kourtesis et al., 2019), Subskala User Experience (VRNQ-UX)
Präsenzgefühl	Igroup Presence Questionnaire (IPQ; Schubert, 2003)

Zusätzlich wurden „Single Item Measures“ erhoben, die noch detaillierter auf ausgewählte Aspekte der VR-Erfahrung (z.B. Zugänglichkeit, Zufriedenheit, Spaß, Frustration) eingehen (siehe Tabelle 5). Alle Messinstrumente zur VR-Erfahrung (standardisierte Messungen und Single Item Measures) verwenden eine siebenstufige Skala, auf der Teilnehmer:innen jene Antwortoption auswählen, die für sie am ehesten zutrifft.

Tabelle 5. Zusätzliche Single Item Measures zur Erfassung der VR-Experience. Fragen zur Einfachheit und Erlernbarkeit der Nutzung sind angelehnt an Sagnier et al. (2020).

Variable	Item
Zugänglichkeit	Das VR-Training ist für mich leicht zugänglich.
Zufriedenheit	Ich bin mit dem VR-Training zufrieden.
Spaß	Das VR-Training hat Spaß gemacht.
Einfachheit der Nutzung	Ich finde, die virtuelle Umgebung ist einfach zu nutzen.
Erlernbarkeit der Nutzung	Es war einfach für mich, Nutzung der virtuellen Umgebung zu erlernen.
Frustration	Ich habe mich während des VR-Trainings frustriert gefühlt.

Variable	Item
Schwierigkeiten	Ich habe während des VR-Trainings Schwierigkeiten gehabt.

Über grundlegende demografische Angaben hinaus (Geschlecht, Alter, Bildungsgrad) wurden zusätzliche weitere Variablen erhoben, die als mögliche Einflussfaktoren hinsichtlich Benachteiligungspotentialen oder als konfundierende Variablen fungieren könnten (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6. Weitere Stichprobenmerkmale, die Rahmen der Evaluation erhoben wurden.

Variable	Operationalisierung
Technologieaffinität	Affinity for Technology Interaction Scale, Short Version (ATI-S; Wessel et al., 2019)
Erfahrung mit VR	Selbsteingeschätzte Erfahrung auf einer Skala von 1 bis 5
Erfahrung mit Videospiele	Selbsteingeschätzte Erfahrung auf einer Skala von 1 bis 5
Sehvermögen	Selbsteingeschätztes Sehvermögen (mit beziehungsweise ohne Sehhilfe) auf einer Skala von 1 bis 5
Erfahrung mit der Baumfällung mittels Motorsäge	Selbsteingeschätzte Erfahrung auf einer Skala von 1 bis 5
Erfahrung mit der Einweisung von Hubschraubern	Selbsteingeschätzte Erfahrung auf einer Skala von 1 bis 5
Selbsteinschätzung des Orientierungssinns	Selbsteingeschätzte Erfahrung auf einer Skala von 1 bis 5

1.4.1.2.2 Stichprobe

Teilnehmer:innen wurden in forstwirtschaftlichen Weiterbildungskursen der forstlichen Ausbildungsstätte Traunkirchen rekrutiert. Insgesamt nahmen 73 Personen an der Studie teil ($n_{VR} = 53$, $n_{Kontrolle} = 20$). Alle Personen haben beide Studienszenarien (*Vorbereitung, Hubschrauber*) durchlaufen. Die Testgruppe (VR) wurde im Szenario *Hubschrauber* nochmal unterteilt in VR Regulär ($n_{VRreg} = 22$) und VR Impaired ($N_{VRimp} = 31$). Die Reihenfolge, in der Personen aus unterschiedlichen Untersuchungsgruppen teilnahmen, wurde variiert, um Reihenfolge- oder Übungseffekte zu vermeiden.

Tabelle 7 und Tabelle 8 geben einen Überblick über demografische Merkmale der untersuchten Stichprobe.

Tabelle 7. Stichprobenmerkmale (kategorisch)

Stichprobe Gesamt (n = 73)		Anzahl	%
Geschlecht	Männlich	52	71.23
	Weiblich	20	27.40
	Divers, keine Angabe	1	1.37
Bildungsgrad	Pflichtschule	45	61.64
	Lehre	16	21.92
	Matura	8	10.96
	Universität	4	5.48

Tabelle 8. Stichprobenmerkmale (kontinuierlich)

Stichprobe Gesamt (n = 73)		VR (n = 53)	Kontrolle (n = 20)	Gesamt (n = 73)
Alter	<i>M</i>			
	<i>SD</i>	9.44	3.77	8.34
	<i>Min</i>	16	16	16
	<i>Max</i>	54	28	54
Technologieaffinität	<i>M</i>	4.02	3.83	3.97
	<i>SD</i>	0.61	0.6	0.61
Erfahrung mit Videospiele	<i>M</i>	1.96	2.25	2.04
	<i>SD</i>	1.07	1.12	1.09
Vorerfahrung mit VR	<i>M</i>	1.77	1.65	1.74
	<i>SD</i>	1.03	0.81	0.97
	<i>M</i>	3.57	3.7	3.6

Stichprobe Gesamt (n = 73)		VR (n = 53)	Kontrolle (n = 20)	Gesamt (n = 73)
Vorerfahrung Baumfällung mit Motorsäge	<i>SD</i>	1.03	1.13	1.05
Vorerfahrung Einweisung von Hubschrauber	<i>M</i>	1.85	1.65	1.79
	<i>SD</i>	1.13	0.67	1.03

1.4.1.2.3 Datenaufbereitung und -analyse

Leistungsindikatoren während der Anwendungsphase (Bearbeitungsphase, Anzahl Fehler, etc.) wurden in einem ersten Schritt auf Basis der Beobachtungsprotokolle in digitaler Form kodiert. Für die weiterführende statistische Analyse und Visualisierung der Daten wurde R 4.3.1 verwendet. Zur Bestimmung der statistischen Signifikanz wurde ein α -Niveau von .05 gewählt und Alphafehlerkorrekturen nach Holm (1979) durchgeführt.

1.4.1.3 Resultate

Der folgende Abschnitt beschreibt die Ergebnisse der Evaluation. Zunächst wird der quantitative Vergleich der Trainingsmethoden in Bezug auf die im Methodenteil vorgestellten Indikatoren beschrieben. Es folgt eine deskriptive Analyse zu Erfahrungen von Studienteilnehmer:innen mit den VR-Szenarien (hinsichtlich User Experience, VR-induzierten Symptomen, Zugänglichkeit, etc.). Abschließend werden Zusammenhänge zwischen demografischen Merkmalen und Erfahrungen mit dem VR-Training wurden exploriert, um mögliche Hindernisse und Benachteiligungspotentiale zu identifizieren.

1.4.1.3.1 Vergleich der Trainingsmethoden

Für die Analyse von Unterschieden zwischen VR- und Kontrollgruppe wurden folgende inferenzstatistische Analyseverfahren gewählt: Gruppenunterschiede hinsichtlich Bearbeitungszeit, erreichter Punkte und subjektiver Arbeitsbelastung wurden mit dem Wilcoxon Rank-Sum Test analysiert. Dieses nicht-parametrische Verfahren wurde aufgrund von Abweichungen von der Normalverteilung gewählt. Die Effektgrößen wurden nach Vargha und Delaney (Vargha & Delaney, 2000) bestimmt.

Szenario: Vorbereitung einer Baumfällung

Die Ergebnisse aus dem Gruppenvergleich für das Szenario *Vorbereitung* sind in Abbildung 10 dargestellt. Es zeigen sich signifikante Unterschiede für die Variablen Punkte ($W = 117.5, p < 0.01, A = 0.11$) und subjektive Arbeitsbelastung ($W = 708, p < 0.05, A = 0.67$). Beide Variablen implizieren eine bessere Leistung der Testgruppe (VR) in der realen Umgebung. Ein Vergleich der Bearbeitungsdauer ($W = 483, p > 0.05, A = 0.48$) zeigt keine signifikanten Unterschiede, allerdings weist die Kontrollgruppe auf deskriptiver Basis im Durchschnitt etwas niedrigere Werte auf.

Abbildung 10. Vergleich der Trainingsmethoden hinsichtlich abhängiger Variablen im Szenario *Vorbereitung* ($n_{\text{Kontrolle}} = 20, n_{\text{VR}} = 53$). A) Erreichte Punkte der beiden Gruppen erhoben durch Verhaltensbeobachtung. B) Subjektive Arbeitsbelastung basierend auf NASA-TLX Selbstberichten der Teilnehmer:innen. C) Bearbeitungsdauer für die gegebene Aufgabe.

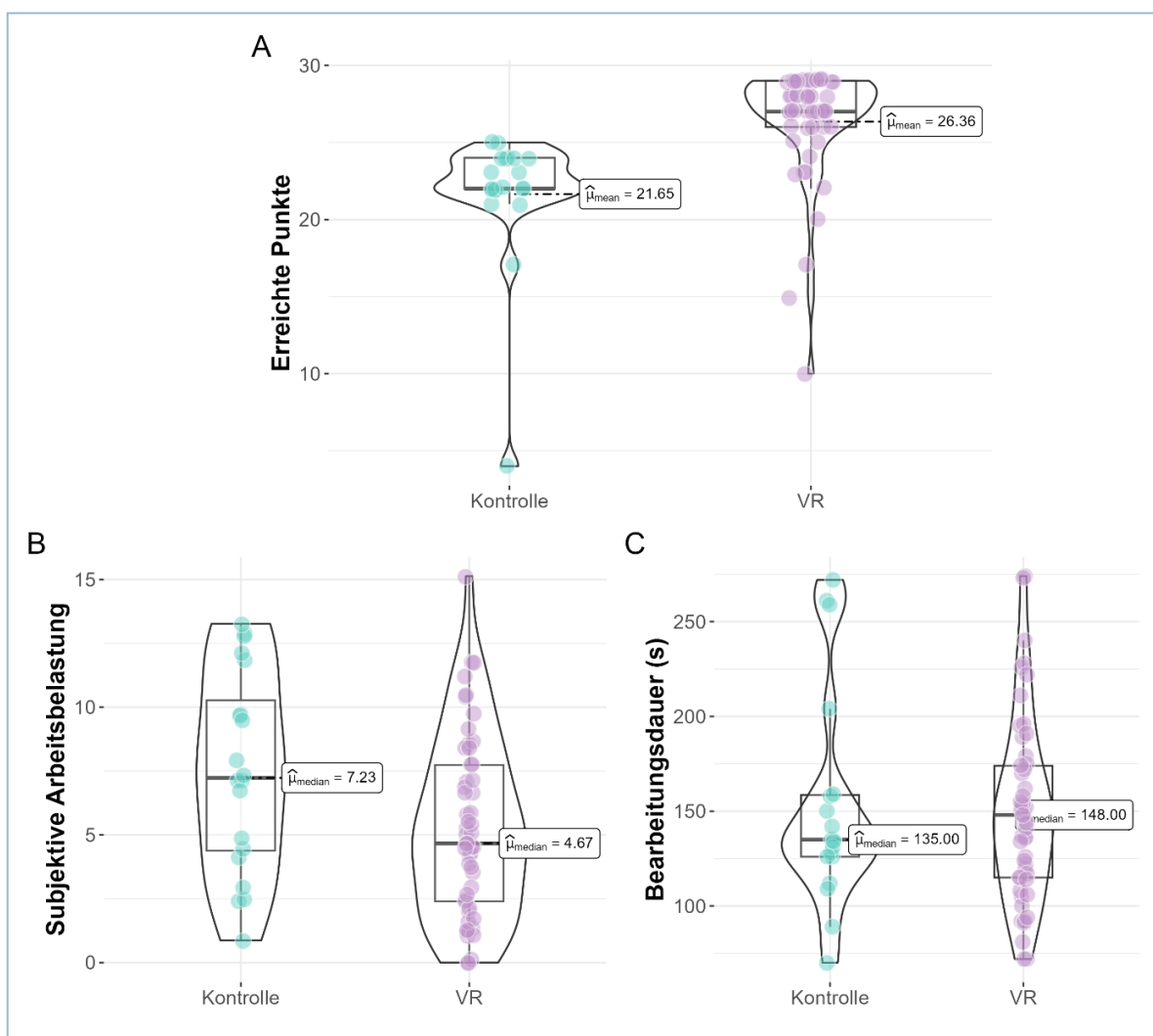
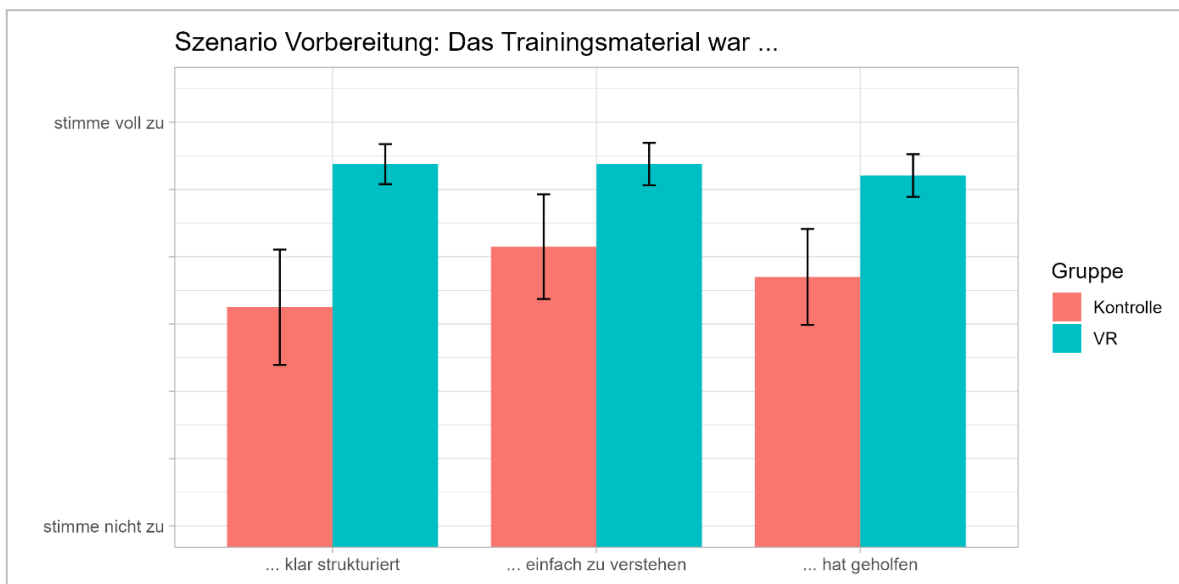


Abbildung 11 zeigt die Antwortverteilungen der Teilnehmer:innen bezüglich des Trainingsmaterials im Szenario *Vorbereitung*. Personen, die das Training mit VR durchlaufen haben (Testgruppe), stimmen den Aussagen eher zu, dass das Trainingsmaterial (1) klar strukturiert, (2) einfach zu verstehen und (3) hilfreich ist, im Vergleich zu Teilnehmer:innen, die mit gedrucktem Trainingsmaterial gearbeitet haben (Kontrollgruppe).

Abbildung 11. Einschätzung des Trainingsmaterials für das Szenario *Vorbereitung*. Das VR-Training wurde in allen drei Kriterien besser bewertet im Vergleich zu traditionellen, gedruckten Materialien.



Szenario: Einweisung eines Hubschraubers

Wie in Abschnitt 1.4.1.2.2 beschrieben, werden im Szenario *Hubschrauber* drei Gruppen an Teilnehmer:innen unterschieden: die Kontrollgruppe ($n_{\text{Kontrolle}} = 20$) ist identisch wie im Szenario *Vorbereitung*; Teilnehmer:innen in VR Regulär ($n_{\text{VRreg}} = 31$) haben das reguläre VR-Training durchlaufen; Teilnehmer:innen in VR Impaired ($n_{\text{VRimp}} = 22$) haben ein angepasstes VR-Training mit reduzierter FPS (Frames-per-Second) Rate erhalten. Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse aus dem Gruppenvergleich für das Szenario *Hubschrauber*.

Erreichte Punkte: Die Analyse zeigt signifikante Unterschiede für die Variable Punkte zwischen der Testgruppe VR Regulär und der Kontrollgruppe ($W = 99.5, p < 0.01, A =$

0.1605) und auch zwischen VR Regulär und VR Impaired ($W = 236, p < 0.05, A = 0.346$). Die Teilnehmer:innen in der Gruppe VR Regulär schnitten im Durchschnitt erheblich besser ab und wiesen zudem eine geringere Punkte-Streuung auf.

Subjektive Arbeitsbelastung: Ein Vergleich der gewichteten NASA-TLX Ergebnisse zur Beschreibung der Arbeitsbelastung zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen VR Regulär und der Kontrollgruppe ($W = 393.5, p > 0.05, A = 0.635$) und auch nicht zwischen VR Regulär und VR Impaired ($W = 387, p > 0.05, A = 0.567$). Auf Basis der deskriptiven Analyse weist die Gruppe VR Regulär jedoch die geringste Arbeitsbelastung auf. Trotz beeinträchtigtem VR-Erlebnis haben Teilnehmer:innen der Gruppe VR Impaired ebenfalls besser abgeschnitten als die Kontrollgruppe.

Abbildung 12. Vergleich der Trainingsmethoden hinsichtlich abhängiger Variablen im Szenario *Hubschrauber* ($n_{\text{Kontrolle}} = 20, n_{\text{VR}} = 53$). A) Erreichte Punkteanzahl der drei

Gruppen wurde durch Verhaltensbeobachtung erhoben. B) Subjektive Arbeitsbelastung der drei Gruppen basierend auf NASA-TLX Selbstberichten der Teilnehmer:innen.

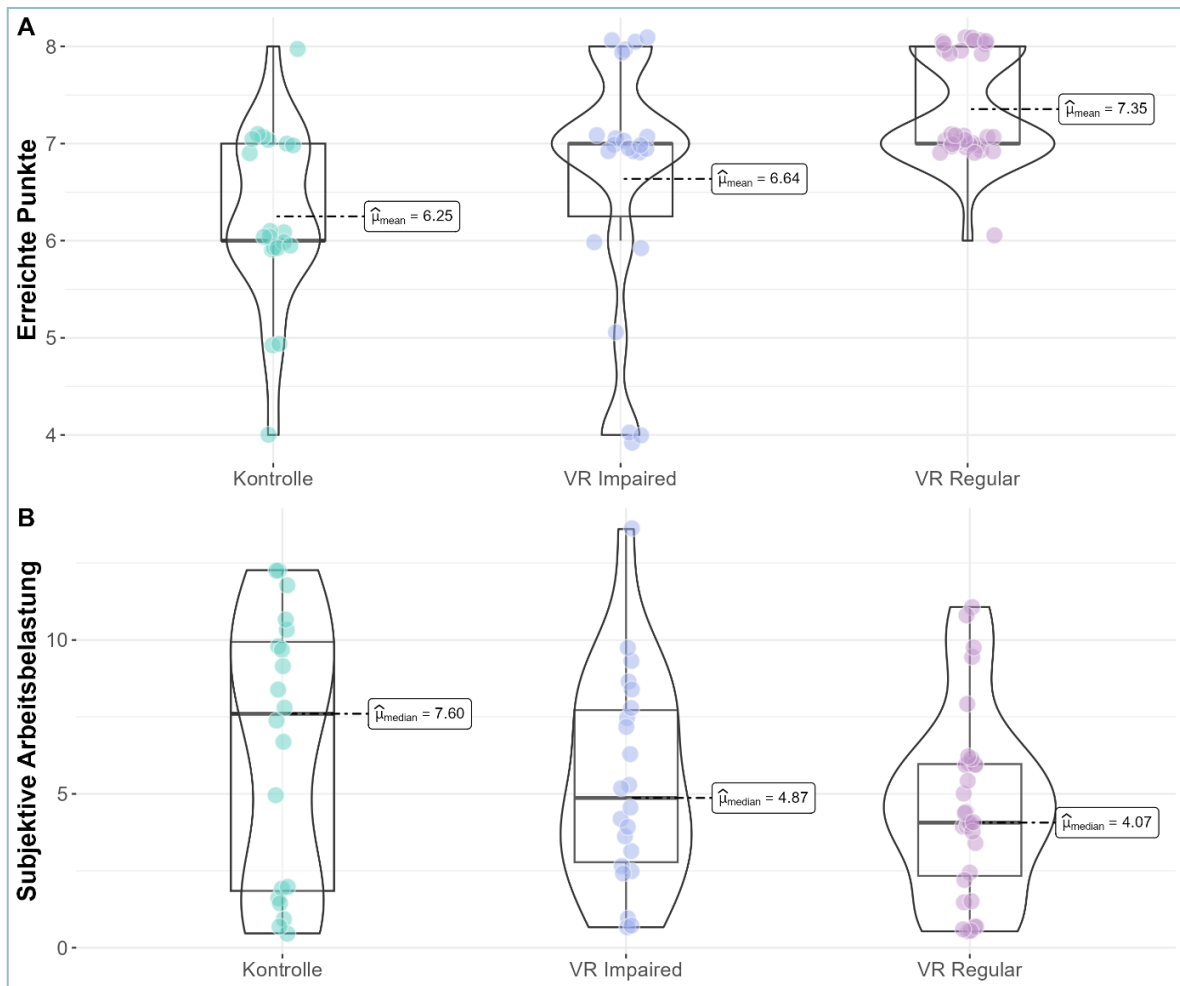
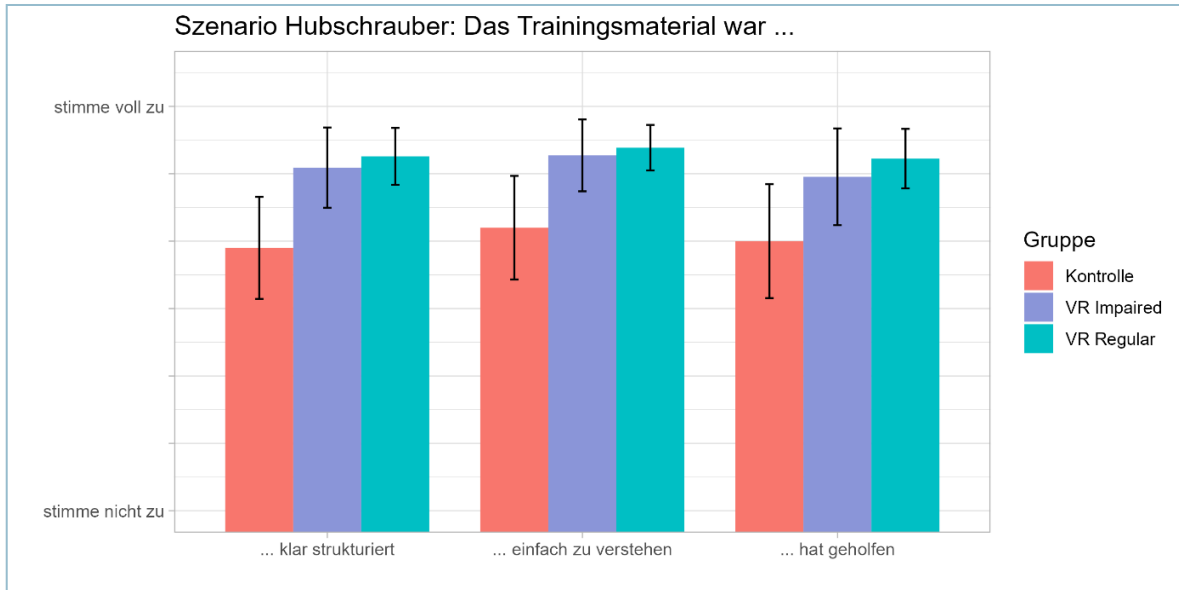


Abbildung 13 zeigt die Antwortverteilungen der Teilnehmer:innen bezüglich des Trainingsmaterials im Szenario *Hubschrauber*. Ähnlich wie im Szenario *Vorbereitung* wurde das VR-Training im Vergleich zu traditionellen, gedruckten Trainingsmaterialien unabhängig davon deutlich besser bewertet.

Abbildung 13. Einschätzung des Trainingsmaterials für das Szenario *Hubschrauber*. Das VR-Training, sowohl in regulärer Form (VR Regulär) als auch mit reduzierter FPS Rate (VR

Impaired), wurde in allen drei Kriterien besser bewertet im Vergleich zu traditionellen, gedruckten Materialien.



1.4.1.3.2 Erfahrungen mit dem VR-Training

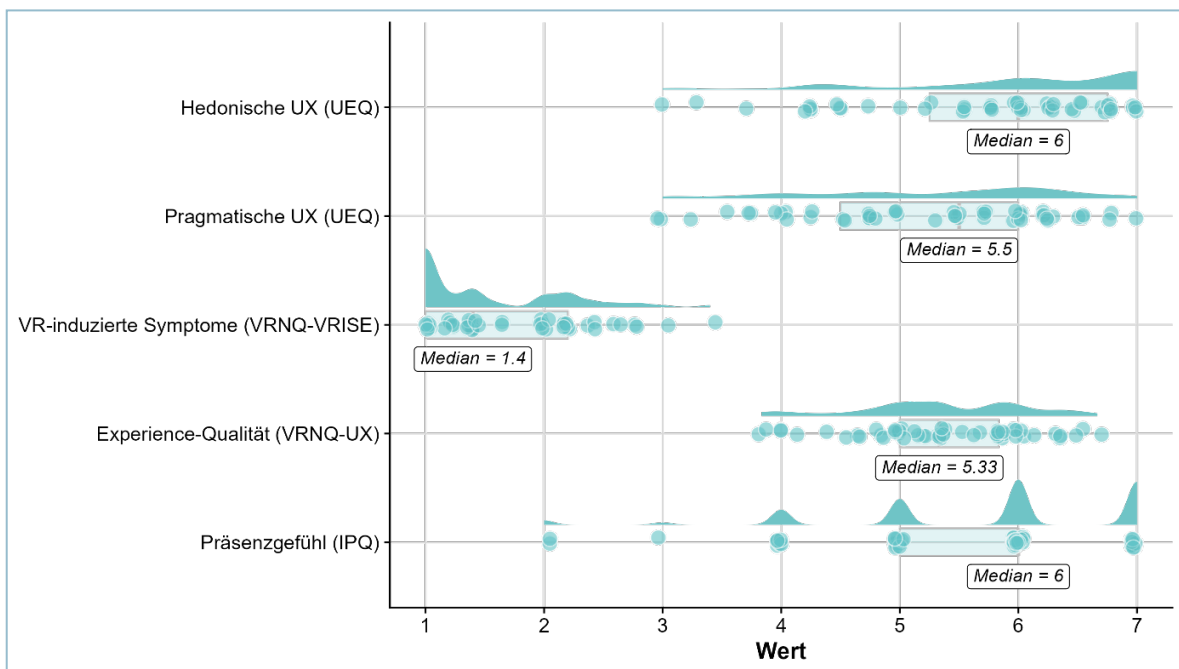
Um die Erfahrung der Teilnehmer:innen mit dem VR-Training auf quantitativer Ebene zu untersuchen, wurde ein deskriptiver Analyseansatz gewählt, wobei die Verteilungen der jeweiligen Variablen hinsichtlich wesentlicher Merkmale beschrieben werden. Zur Interpretation der Ergebnisse werden, soweit vorhanden, genormte Schwellenwerte aus der Literatur verwendet.

Szenario: Vorbereitung einer Baumfällung

Abbildung 14 zeigt die Verteilungen von fünf Variablen in Bezug auf die Erfahrung mit dem VR-Training (operationalisiert mit standardisierten Messinstrumenten): Hedonische UX, Pragmatische UX, Ausmaß VR-induzierter Symptome, Experience Qualität und Präsenzgefühl. Sowohl die hedonische als auch pragmatische Qualität des Benutzererlebnisses wurde in diesem VR-Trainingsszenario überdurchschnittlich gut bewertet. Im Vergleich mit Benchmarks (Schrepp et al., 2018) ist die hedonische UX in den besten 10% im Vergleich zu allen Referenzapplikationen. Die pragmatische UX ist besser als 75% der Referenzapplikationen. Hinsichtlich VR-induzierter Symptome und Experience-Qualität liegt das VR-Szenario jenseits der von Kourtesis et al. (2019) postulierten „Minimal-Schwellenwerte“, und impliziert eine angemessene Qualität der VR-Software (ohne nennenswerte VR-induzierte Symptome). Allerdings lassen sich auch einzelne

Personen erkennen, die über moderate VR-induzierte Symptome berichteten. Das Präsenzgefühl liegt im Durchschnitt deutlich über dem Skalenmittelpunkt (Median = 6), was darauf hindeutet, dass die Mehrzahl der Teilnehmer:innen während des Trainings das Gefühl hatte, sich tatsächlich in der virtuellen Umgebung zu befinden (Schubert, 2003). Alle Variablen sind durch Variationen gekennzeichnet und zeigen, dass individuelle Fälle von der insgesamt sehr positiven Beurteilung abweichen.

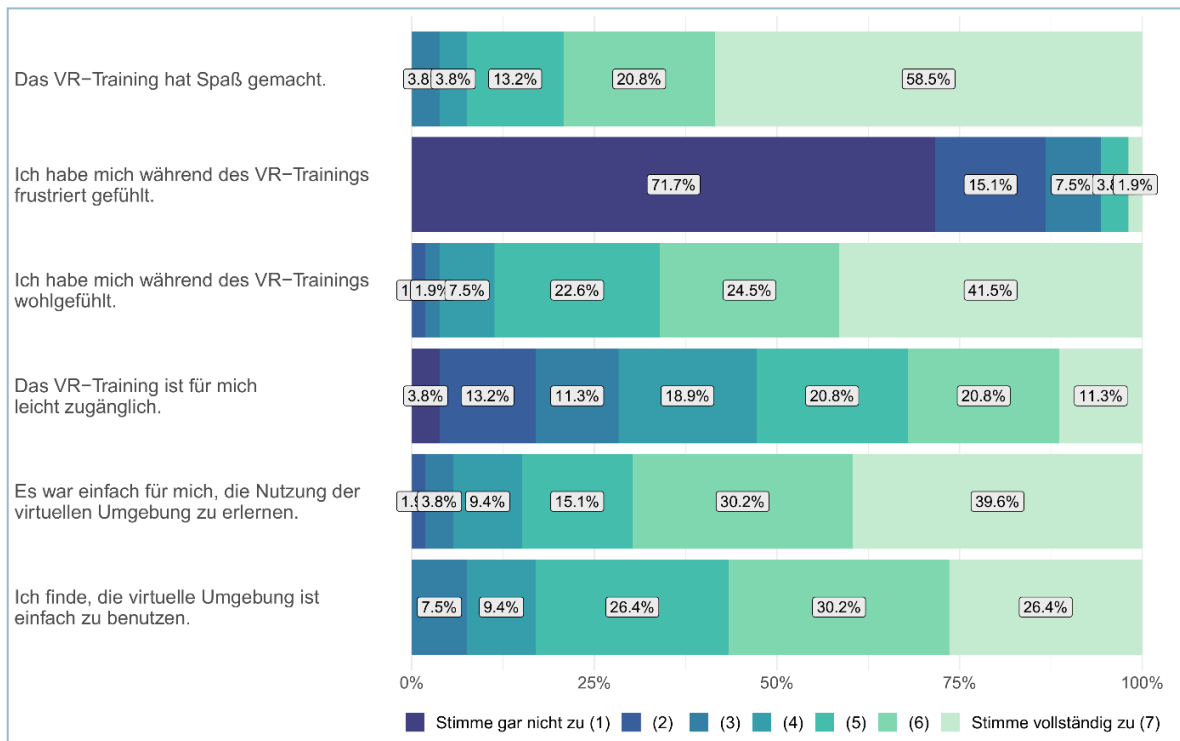
Abbildung 14. Ergebnisse standardisierter Messungen zur Erfahrung mit dem VR-Training im Szenario *Vorbereitung* (n = 53).



Neben den standardisierten Messinstrumenten wurden den Teilnehmer:innen weitere Fragen gestellt, um einen nuancierten Einblick in die Erfahrungen mit dem VR-Training zu bekommen. Abbildung 15 stellt die Antwortverteilung zur Erfahrung mit dem Szenario *Vorbereitung* dar. Anknüpfend an die standardisierten Messungen zeigt sich auch hier eine positive Bewertung des Trainings. 80% der Teilnehmer:innen stimmen der Aussage eher bis voll zu, dass ihnen das Training Spaß gemacht hat. Auch die Einfachheit und Erlernbarkeit der virtuellen Umgebung wurde positiv bewertet und nur ein vergleichsweise geringer Anteil der Teilnehmer:innen (10-15%) haben diese Erfahrungen negativ eingestuft. Die Ergebnisse zeigen allerdings auch, dass Teilnehmer:innen Schwierigkeiten beim Training hatten: 6% stimmen der Aussage eher bis voll zu, dass sie

sich frustriert gefühlt haben. 28% haben die Aussage „Das VR-Training ist für mich leicht zugänglich“ tendenziell negativ bewertet.

Abbildung 15. Antwortverteilung von Fragen zur Erfahrung mit dem VR-Training im Szenario *Vorbereitung* (n = 53).



Szenario: Einweisung eines Hubschraubers

Die Analyse der Erfahrungen im Szenario *Hubschrauber* zeigt ein noch positiveres Bild als im Szenario *Vorbereitung*. Abbildung 16 stellt die Verteilung der standardisierten Messungen dar. Sowohl die hedonische als auch pragmatische Qualität des Benutzererlebnisses liegen in den obersten 10% verglichen mit Referenzapplikationen (Schrepp et al., 2018). Die sehr gering eingestuftenen VR-induzierten Symptome (VRNQ-VRISE) und das überdurchschnittliche Ergebnis der Experience-Qualität (VRNQ-UX) implizieren einen hohen Grad an Softwarequalität ohne nennenswerte VR-induzierte Symptome (Kourtesis et al., 2019). Das Präsenzgefühl wird mit einem Median von 6.0 sehr gut bewertet und deckt sich mit dem Ergebnis im Szenario *Vorbereitung*. Auch in diesem Szenario zeigt sich wieder eine gewisse Variation, wo individuelle Bewertungen vom insgesamt positiven Gesamteindruck abweichen.

Abbildung 16. Ergebnisse standardisierter Messungen zur Erfahrung mit dem VR-Training im Szenario *Hubschrauber* (n = 53).

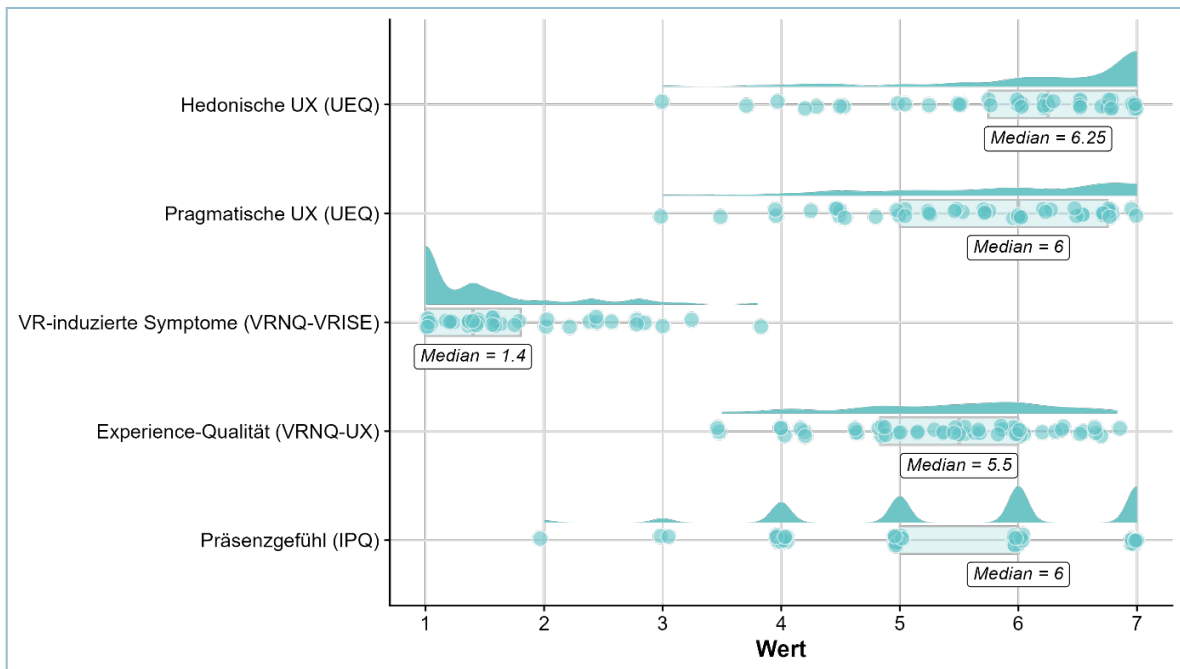
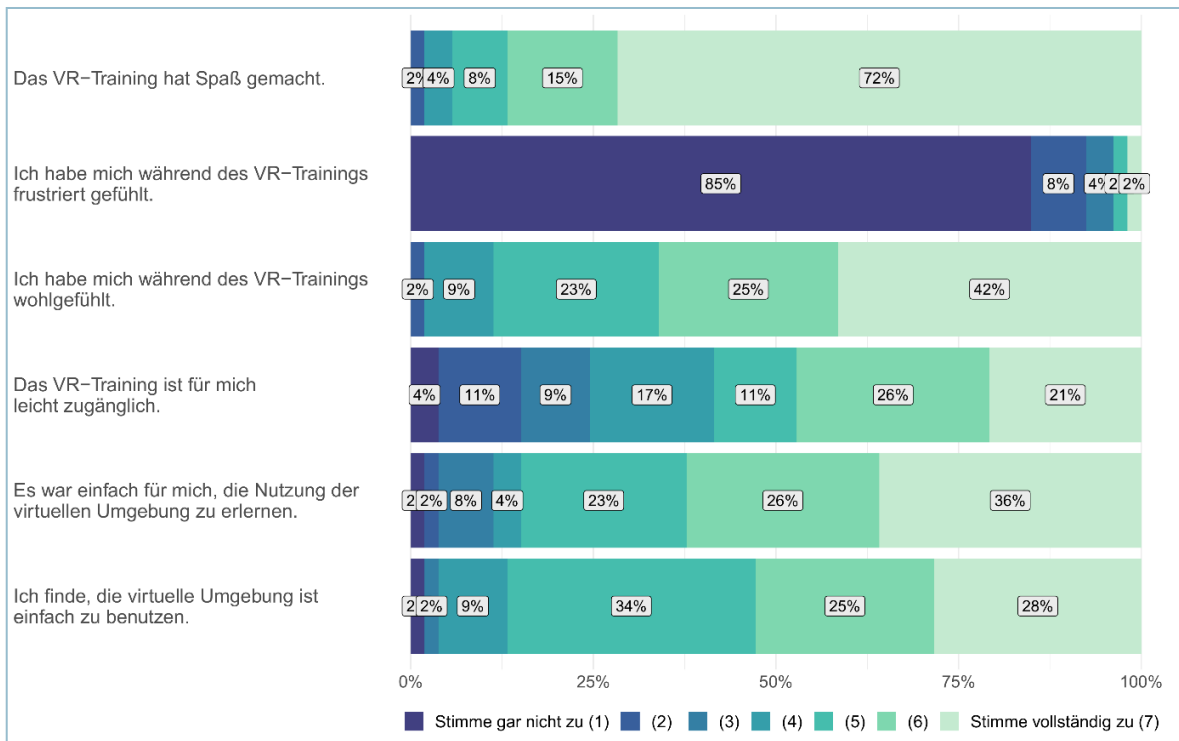


Abbildung 17 stellt die Antwortverteilung weiterer Fragen zur Erfahrung im Szenario *Hubschrauber* dar. Insgesamt zeigt sich eine noch positivere Bewertung im Vergleich zum Szenario *Vorbereitung*. 87% der Teilnehmer:innen stimmen eher bis voll zu, dass ihnen das Training Spaß gemacht hat und 85% haben sich dabei in keiner Weise frustriert gefühlt. Manche Teilnehmer:innen bewerten das VR-Training hingegen als eher nicht zugänglich (15%). Die Erlernbarkeit und Einfachheit der virtuellen Umgebung werden tendenziell positiv wahrgenommen, ähnlich wie im Szenario *Hubschrauber*.

Abbildung 17. Antwortverteilung von Fragen zur Erfahrung mit dem VR-Training im Szenario *Hubschrauber* ($n = 53$).



1.4.1.3.3 Zusammenhänge zwischen Erfahrungen mit dem VR-Training und demografischen Merkmalen

Neben der deskriptiven Analyse der Erfahrungen im VR-Training wurden auch Zusammenhänge mit verschiedenen demografischen Merkmalen (Alter, Bildungsgrad, Technologieaffinität, Vorerfahrung mit VR oder Videospiele) exploriert, um mögliche Benachteiligungspotenziale im Rahmen von VR-Trainings zu beleuchten. Für Zusammenhänge zwischen zwei ordinal skalierten Variablen wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman (ρ) berechnet. Zusammenhänge zwischen kontinuierlichen Variablen und dem Bildungsgrad wurden mittels einfaktorieller Varianzanalyse untersucht. Alle Korrelationsanalysen wurden separat für die beiden VR Trainingsszenarien durchgeführt. Die Auswertung hat keine statistisch signifikanten positiven oder negativen Zusammenhänge zwischen den Bewertungen der VR-Erfahrung und demografischen Attributen gefunden. Dies bedeutet, dass im Rahmen dieser Studie, Faktoren wie Alter, Geschlecht, Bildungsgrad keinen messbaren Einfluss auf die VR-Erfahrung hatten.

1.4.1.3.4 Qualitative Eindrücke zu den VR-Szenarien während der Studie

Die Teilnehmer:innen der Studie äußerten durchwegs positive Erfahrungen in Bezug auf ihr VR-Training. Insbesondere wurde die Neuheit beziehungsweise Innovation der Technologie positiv hervorgehoben. Einige Teilnehmer:innen berichteten beispielsweise von der Möglichkeit, durch das VR-Training eine völlig neue und einzigartige Trainingserfahrung zu erleben. So betonte Teilnehmer:in P65: „Es ist definitiv besser als stumpfes Auswendiglernen.“ In ähnlicher Weise äußerte sich P29 enthusiastisch: „Das VR-Training ermöglicht es einem spielerisch, sich Dinge gut zu merken; es ist großartig!“ Einzelne Teilnehmer:innen erlebten jedoch auch Herausforderungen während des VR-Trainings, darunter VR-induzierte Symptome („Cyber-Sickness“) sowie Schwierigkeiten bei der Erlernung der Bedienung des VR-Systems. Die qualitativen Ergebnisse deuten jedoch insgesamt klar auf eine positive Wahrnehmung des VR-Trainings hin und bestätigen die Erkenntnisse der quantitativen Analyse.

1.4.2 Empfehlungen: Blended Learning mit XR

Dieser Abschnitt fasst die im Projekt gemachten Erfahrungen und Reflexionen hinsichtlich der Möglichkeiten, Erfolgsfaktoren und Herausforderungen zum Thema „XR in der Ausbildung“ zusammen. Weiters werden auch Empfehlungen zur erfolgreichen Umsetzung von Blended Learning mit XR gemacht.

1.4.2.1 Einsatzmöglichkeiten von Blended Learning mit XR in der Forstwirtschaft

Unter "Blended Learning" versteht man ein Lernmodell, in dem computergestütztes Lernen (z. B. über das Internet) und klassischer Unterricht kombiniert werden. Dabei können die Vorzüge der verschiedenen Lernumgebungen kombiniert werden. Im Bereich XR ist es wichtig, dass man bei Konzeption von Blended Learning Angeboten die bereits in Kapitel 1.2.2 genannten Vorteile gut nützt, jedoch nicht versucht, Kompetenzen oder Szenarien zu trainieren, die sich nicht für XR eignen. Im Rahmen des Projektes wurden zu diesem Thema dedizierte Workshops durchgeführt. In diesem Rahmen wurden einer Reihe geeigneter Inhalte im Bereich der Forstwirtschaft identifiziert:

- Trainings für den Umgang mit gefährlichen/kritischen Situationen:
 - Vorbereitung auf die Arbeit/Unfallvorbeugung
 - Abbildung von verschiedenen Handlungsalternativen bei verschiedenen typischen Situationen (Baum steht gerade, Seithänger, Rückhänger, Vorhänger)

- Vorgangsweise bei der Bearbeitung von Windwurf und Sturmholz, Abbilden der typischen Situationen und Abarbeiten der Lösungswege
- Wartung und Sicherheitseinrichtungen bei Forstmaschinen
- Sichere Bedienung von Forstmaschinen
- Waldarbeit bei Waldbrandgefahr und Waldbrandbekämpfung
- Training von Tätigkeiten im Bereich Waldpflege unter Einbeziehung von waldbaulichen Entscheidungen und Forstschutzmaßnahmen
- Trainings für das Erkennen und setzen von biodiversitätsfördernden Maßnahmen
- Vermittlung von Kenntnissen über Pflanzen- und Tierarten sowie deren Schutz
- Richtiges Verhalten im Notfall, Personenrettung und Erste Hilfe inkl. Stresshandling und Resilienz
- Walderlebnisse aus anderer Perspektive – Bsp. Flug über das Kronendach

1.4.2.2 Erfolgsfaktoren und Herausforderungen bei der Umsetzung von Blended Learning mit XR

Im Rahmen des vorliegenden Projekts und basierend auf den Erfahrungen der Projektpartner aus Vorprojekten haben wir die im folgenden besprochenen Erfolgsfaktoren und Herausforderungen identifiziert.

Ist die Entscheidung zu einem XR-Lernprojekt getroffen sollten möglichst zu **Beginn des Projekts** die zu einer XR-Lernerfahrung **passenden bzw. geeigneten Tätigkeiten** identifiziert und **ausgewählt werden**. Am besten geschieht dies basierend auf einem Hands-on Workshop mit XR-Experten und bereits existierenden XR-Lerninhalten um das Projektteam mit den verschiedenen Möglichkeiten und Herausforderungen von XR-Technologien vertraut zu machen. Auf Basis dieser Erfahrungen können deutlich bessere und informierte Entscheidungen hinsichtlich der zu adressierenden Tätigkeiten und Inhalte getroffen werden. **Generell eignen sich** Tätigkeiten und Lerninhalte in den Bereichen **Organisation und Logistik** (Arbeitsvorbereitungsmaßnahmen, Organisation des optimalen Arbeitsplatzes, **Prozessabläufe** einstudieren, ...) sowie die Förderung von sicherheitsbewusstem Denken und Verhalten bzw. das **Trainieren von Entscheidungsfindung** und daraus resultierendem Verhalten. Praktische und/oder handwerkliche Fertigkeiten sind aufgrund des nicht vorhandenen sensomotorischen Feedbacks nicht oder nur eingeschränkt geeignet. In diesem Auswahlprozess sollte zusätzlich noch berücksichtigt werden ob ein modularer Aufbau bzw. weitere ähnlich

gelagerte Module vorstellbar und sinnvoll sind um hier eine möglichst hohe Synergie für diese weiteren Entwicklungen / Module zu ermöglichen um z.B. bestimmte Funktionen oder auch Teile (z.B. Modul Vorbereitung) wieder verwenden zu können und damit die Entwicklungskosten effizienter zu machen.

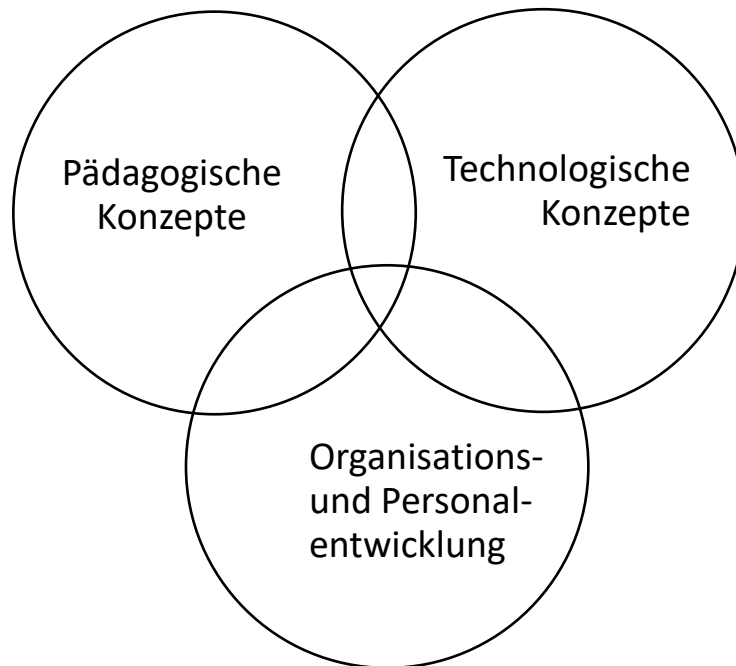
Im Rahmen der Auswahl der zu erstellenden Lerninhalte ist auch die Einbettung in die existierenden Lehrpraxis und der Konnex mit ebendieser zu berücksichtigen. Aus der Erfahrung heraus **eignen sich XR-Lerninhalte** sehr oft für **Pre-Learning, Erlernen von komplexen Fachbegriffen, Praxistraining** oder die **Exploration von Umgebungen**. Dementsprechend kann es sinnvoll sein die XR-Lerninhalte vor, während oder auch im Rahmen der Prüfungsvorbereitung zur Anwendung zu bringen. Dieses Bewusstsein und die damit einhergehende Integrationsstrategie sind wesentlich für die erfolgreiche Einbettung nach erfolgter Entwicklung und eine hohe Akzeptanz seitens des Vermittlungspersonals (Trainer:innen, Lehrende) und auch seitens der Lernenden.

Im Rahmen der direkten Verwendung durch die Lernenden ist es wesentlich, dass es ein möglichst **niederschwelliges Tutorial** gibt, in dem die Funktionalitäten und notwendigen Interaktion interaktiv erlernt werden können. Hier kann auch ein **vorgelagertes Erklär-Video**, das die Verwendung als auch die Bedienung / Interaktion der XR-Lernumgebung erklärt als gutes Tool verwendet werden um die Lernenden entsprechend vorzubereiten, was sie erwartet und wie sie die Applikation bedienen können. Für das Lehrpersonal wäre es vorteilhaft ebenfalls ein Erklär-Video zu erstellen, welches die Vor- und Nachteile, die Einbettung in die Lehre als auch die zu erwartenden positiven Effekte sowie potenzielle Herausforderungen realistisch abbildet, um hohe Akzeptanz sicher zu stellen.

1.4.2.3 Umsetzung von Blended Learning mit XR

Um neue Lernkonzepte erfolgreich in bestehende Systeme einzubinden, reicht es nicht eine interessante Lernanwendung zu entwickeln. Vielmehr sind auch die Rahmenbedingungen für den künftigen Einsatz zu überprüfen. Für einen nachhaltigen Erfolg ist zu beachten, dass neue Medien in pädagogische und technische Prozesse der Organisations- und Personalentwicklung eingebettet sind – siehe Abbildung (Hellriegel et al., 2018).

Abbildung 18: Medienentwicklungsplan (gemäß Hellriegel et al., 2018)



1.4.2.3.1 Anforderungen an pädagogisch-didaktische Konzepte

Hier ist zunächst die Frage zu beantworten, welche pädagogischen Ziele durch XR erreicht werden können. Im gegenständlichen Projekt wurde als oberstes Lernziel die Verbesserung der Arbeitssicherheit definiert. Ein sehr wichtiger Projektschritt war die Auswahl geeigneter Lernszenarien, die sich für eine Umsetzung mittels XR eignen. Aus vielen Anwendungen im Bereich der Industrie gibt es bereits Wissen, dass XR-Technologie sich besonders für das Training von Abläufen eignet, aber auch den Aspekt des räumlichen Lernens beinhaltet. Dementsprechend wurden im Projekt Szenarien entwickelt, die diese Handlungskompetenzen erfordern und trainieren, um aus Sicht der Lernenden eine anregende und attraktive Lernumgebung bieten zu können. Hingegen wurden jene Bereiche, die sich nicht für die Umsetzung mit XR eignen möglichst ausgespart. Beispielsweise ist das haptische Erleben und das Erlernen von feinmotorischen Fertigkeiten weiterhin stark im praktischen Unterricht im Wald angesiedelt.

Von Seite der Didaktik und Einbindung in das bestehende Ausbildungssystem ergeben sich durch die Eigenschaft des orts- und zeitunabhängigen Lernens viele Möglichkeiten.

Durch die verhältnismäßig niedrigen Investitionskosten und die damit weitere Verbreitung der Technologie wird es möglich werden, dass Lernende die Anwendung auch zu Hause

nutzen. Dazu sollten allerdings noch weitere Hilfestellungen für die Lernenden erarbeitet werden, die bei Problemen und Fragen zur sicheren und richtigen Anwendung konsultiert werden können, um mögliche Hindernisse zu Beginn der Verwendung auszuräumen. Andererseits ist es natürlich auch sehr wertvoll, die Lernerfahrung in einem sozialen Kontext zu machen um so auch einen Austausch und eine gute Vor- und Nachbereitung der Lernerfahrung zu gewährleisten. Aus Sicht der Lehrenden die am Projekt beteiligt waren, ist die im Projekt entwickelte Anwendung am besten in einer Lerngruppe mit rund 8 Lernenden gut einzusetzen. Je nach Vorerfahrung benötigen die Lernenden dazu auch Betreuungspersonen – Gruppenteilung im Bereich 1:2 bis 1:8. Die Hälfte könnte davon gleichzeitig die VR-Technologie nutzen, während die andere Hälfte die Aufgabe eines Beobachters übernimmt und durch verschiedene Aufgaben auch in den Lernprozess eingebunden wird. (Hilfestellung, Begleitung des Lernenden durch Beobachtung des von der Brille übertragenen live-Streams). Nach entsprechender Einführung ist natürlich auch eine Kombination von privater Anwendung und Anwendung im Bildungsinstitut möglich.

Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass es während der Verwendung von VR-Brillen bei einzelnen Anwender:innen zu Schwindelgefühlen kommen kann. Meist vergehen diese nach Abnehmen der Brille sofort - für manche Personen ist es dann eine Weitführung trotzdem nicht mehr möglich oder sie wollen die Brille nicht mehr aufsetzen. Für diesen Fall sind entsprechende Alternativen vorzusehen, damit die Lerninhalte durch andere Technologien bzw. Lernformen vermittelt werden können.

1.4.2.3.2 Anforderungen an technologische Konzepte

Für den erfolgreichen Einsatz der XR-Technologie ist natürlich die Wahl der Hardware und der damit verbundenen technischen Voraussetzungen sehr wichtig. Im Projekt wurde wie schon beschrieben die VR-Brille "Meta Quest 2" gewählt. Das Modell ist am Markt sehr verbreitet und kann ohne zusätzliche Hardware betrieben werden. Voraussetzung sind ausreichend Platz und ein ebener gleichmäßiger Boden sowie eine stabile Internetverbindung. Ebenfalls positiv zu bewerten ist, das große Angebot an weiteren XR-Anwendungen, die für dieses System zur Verfügung stehen. Die Benutzung ist ähnlich wie bei einem Mobiltelefon – aus einem App-Store können Anwendungen geladen werden etc. Durch diese Analogien finden sich unerfahrene Benutzerinnen und Benutzer in der Regel sehr schnell zurecht.

Für das Setup und die Einrichtung der Brillen sollte es in der Regel möglich sein, mit ambitionierten Lehrkräften das Auslangen zu finden, da das Betriebssystem der Brillen

analog zu Smartphone Betriebssystemen strukturiert ist. Für weitere Probleme von Seiten der Hardware wäre in diesem Fall der Hersteller verantwortlich bzw. gibt es hier ein weltweites Setup zur Unterstützung.

Von Seite der Software-Entwicklung ist es auf jeden Fall notwendig, verlässlichen Support zu installieren, der schnell auf Aktualisierungen von Betriebssystemen usw. reagieren kann, um so die Software dauerhaft aktuell und betriebsbereit zu halten.

1.4.2.3.3 Anforderungen an Personal- und Organisationsentwicklung

Neue Technologien begeistern viele Menschen, sie stoßen jedoch auch auf Vorurteile und Ablehnung. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für eine erfolgreiche Implementierung ist daher die Begeisterung und Schulung der Lehrkräfte. Gibt es Bedenken seitens der Lehrkräfte die einem erfolgreichen Einsatz im Weg stehen? Welche Ängste werden geäußert?

Durch eine professionelle Einführung und Begleitung können diese Startschwierigkeiten sicherlich verringert und abgemildert werden. Wichtig für Lehrende sind auch Begleitinformationen zum richtigen und erfolgreichen Einsatz, sowie Unterrichtsmaterialien wie Vorträge, Arbeitsblätter und Unterrichtsvorbereitungsblätter. Demnach wäre es sehr hilfreich ein entsprechendes online-Angebot für die Lehrenden zu schaffen.

Schließlich sind auch rechtliche Aspekte wie Verleihvertrag, Datenschutz- oder Schadensfallbestimmungen zu beleuchten, um hier keine Unsicherheiten aufkommen zu lassen.

2 Zusammenfassung und Ausblick

In Rahmen des Projekts konnten alle geplanten Aktivitäten erfolgreich durchgeführt werden. Im Besonderen zählen hierzu: Einbeziehung der relevanten Stakeholder zwecks Auswahl der Use Cases, Ausformulierung der Use Cases, technische Anforderungserhebung inkl. Erstellung eines Gamification-Konzepts, Entwicklung eines XR-Prototypen in Form einer Unity-Applikation mit drei Trainingsmodulen, wissenschaftliche Evaluation und Disseminierung der Ergebnisse.

Das Projekt konnte erfolgreich die Stärke und Potenziale von XR-basiertem Training in der forstlichen Ausbildung aufzeigen und demonstrieren. Insbesondere die wissenschaftliche Evaluationsstudie am Ende des Projekts konnte nicht nur positives Teilnehmerfeedback hinsichtlich Experience, Akzeptanz und genereller Eignung von XR als Lerntechnologie vorweisen, sondern auch einen klar, objektiven Wirkungsnachweis hinsichtlich gesteigertem Lernerfolg und Mehrwert erbringen. In diesem Sinne konnte erfolgreich demonstriert werden, dass forstliches Arbeitssicherheitstraining auch im virtuellen Raum funktioniert, wenn ein nutzer:innen-zentrierter Ansatz verfolgt wird. Die Ergebnisse und Learnings in diesem Projekt haben aber auch gezeigt, dass es auch dedizierter organisatorischer Maßnahmen (Onboarding, Logistik, etc.) und der Erfüllung bestimmter technischer und nicht-technischer Voraussetzungen bedarf, damit die Vorteile von XR-basiertem Training auch wunschgemäß realisiert werden können.

In diesem Sinne ist das Projekt FWSafeXR als erster Schritt einer vielversprechenden Reise im Kontext des digitalen Wandels in der forstlichen Ausbildung zu sehen. Weitere Schritte sind deshalb notwendig, entlang von drei generellen Stoßrichtungen: 1) Erforschung und Integration von weiteren XR-Technologien und -ansätzen (360° Video, Mixed-Reality, etc.), 2) Weiterentwicklung des Trainingsprototypen (Entwicklung weiterer Trainingsmodule und Features), und 3) Ausrollung und Integration in die Ausbildungspraxis (praktischer Einsatz in forstlichen Ausbildungsorganisationen, Integration in Lehrpläne, Transfer in weitere Einsatzbereiche wie z.B. Ersthilfe bei Freizeitunfällen).

Für die erfolgreiche Umsetzung von Aktivitäten entlang jeder einzelner dieser Stoßrichtungen ist auch weiterhin die enge Verzahnung von Forschung, Entwicklung, Didaktik und Domänenwissen notwendig, wie sie auch in dem vorliegenden Projekt gelebt wurde. Dieses enge Zusammenspiel über Fach- und Bereichsgrenzen hinweg stellt nach

Meinung der Projektpartner den eigentlichen Schlüssel zur erfolgreichen Umsetzung von digitalen Ausbildungsinitiativen und zur Steigerung der Arbeitssicherheit sowohl im forstlichen als auch im nicht-forstlichen Bereich dar.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Use-Cases und enthaltene Entscheidungsbäume.....	16
Tabelle 2: Übersicht Module, welche in der Prototypenentwicklung umgesetzt werden ..	19
Tabelle 3. Abhängige Variablen nach Szenario.	25
Tabelle 4. Standardisierte Messungen zur Erfassung der VR-Experience. Für eine ausführliche Beschreibung der gemessenen Konstrukte siehe Literaturangaben.	26
Tabelle 5. Zusätzliche Single Item Measures zur Erfassung der VR-Experience. Fragen zur Einfachheit und Erlernbarkeit der Nutzung sind angelehnt an Sagnier et al. (2020).	26
Tabelle 6. Weitere Stichprobenmerkmale, die Rahmen der Evaluation erhoben wurden.	27
Tabelle 7. Stichprobenmerkmale (kategorisch)	28
Tabelle 8. Stichprobenmerkmale (kontinuierlich).....	28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispielausschnitt von Entscheidungsbäumen der Szenarien „Baumfällung“ (oben) und „Hubschraubereinsatz“ (unten)	14
Abbildung 2: Meta Quest 2 mit Controllern.....	15
Abbildung 3: Konzeptuelle Illustration für FWSafeXR Kioskaufbau.	18
Abbildung 4: Garage für das Modul 1 ‚Vorbereitung‘	20
Abbildung 5: Fällplatz für Modul 2 (links) und Lichtung für den Hubschrauberlandeplatz in Modul 3 in der Vogelperspektive (rechts).....	20
Abbildung 6: Fällwerkzeuge und Smartphone (Module 2 & 3).....	21
Abbildung 7: Einschätzung Baumneigung und GPS Koordinaten senden (Module 2 & 3) ..	21
Abbildung 8: Erkennen von Hindernissen im Fällbereich und die ordnungsgemäße Rückweiche (Modul 2).....	22
Abbildung 9: Auszug aus FHP Broschüre "Holzernte im Schleppergelände – Methodische Arbeit 4"	24
Abbildung 10. Vergleich der Trainingsmethoden hinsichtlich abhängiger Variablen im Szenario <i>Vorbereitung</i> ($n_{\text{Kontrolle}} = 20$, $n_{\text{VR}} = 53$). A) Erreichte Punkte der beiden Gruppen erhoben durch Verhaltensbeobachtung. B) Subjektive Arbeitsbelastung basierend auf NASA-TLX Selbstberichten der Teilnehmer:innen. C) Bearbeitungsdauer für die gegebene Aufgabe.	30
Abbildung 11. Einschätzung des Trainingsmaterials für das Szenario <i>Vorbereitung</i> . Das VR-Training wurde in allen drei Kriterien besser bewertet im Vergleich zu traditionellen, gedruckten Materialien.....	31
Abbildung 12. Vergleich der Trainingsmethoden hinsichtlich abhängiger Variablen im Szenario <i>Hubschrauber</i> ($n_{\text{Kontrolle}} = 20$, $n_{\text{VR}} = 53$). A) Erreichte Punktzahl der drei Gruppen wurde durch Verhaltensbeobachtung erhoben. B) Subjektive Arbeitsbelastung der drei Gruppen basierend auf NASA-TLX Selbstberichten der Teilnehmer:innen.....	32
Abbildung 13. Einschätzung des Trainingsmaterials für das Szenario <i>Hubschrauber</i> . Das VR-Training, sowohl in regulärer Form (VR Regulär) als auch mit reduzierter FPS Rate (VR Impaired), wurde in allen drei Kriterien besser bewertet im Vergleich zu traditionellen, gedruckten Materialien.....	33
Abbildung 14. Ergebnisse standardisierter Messungen zur Erfahrung mit dem VR-Training im Szenario <i>Vorbereitung</i> ($n = 53$).....	35
Abbildung 15. Antwortverteilung von Fragen zur Erfahrung mit dem VR-Training im Szenario <i>Vorbereitung</i> ($n = 53$).....	36
Abbildung 16. Ergebnisse standardisierter Messungen zur Erfahrung mit dem VR-Training im Szenario <i>Hubschrauber</i> ($n = 53$).	37

Abbildung 17. Antwortverteilung von Fragen zur Erfahrung mit dem VR-Training im Szenario <i>Hubschrauber</i> ($n = 53$).	38
Abbildung 18: Medienentwicklungsplan (gemäß Hellriegel et al., 2018)	42

Literaturverzeichnis

AIT Austrian Institute of Technology, BFW Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft: FWSafeXR Zwischenbericht, Wien, 29. November, 2022.

Chou, Y.-K.: Actionable gamification: Beyond points, badges, and leaderboards. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2019.

Hart, S. G. & Staveland, L. E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In: Hancock, P. A. & Meshkati, N. (Hrsg.): Advances in Psychology 1988, Bd. 52, S. 139–183. DOI: 10.1016/S0166-4115(08)62386-9.

Hellriegel, J., Čubela, D.: Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht – Eine konstruktivistische Sicht, MedienPädagogik, <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X>, S.58–80, 12, 2018.

Holm, S.: A simple sequentially rejective multiple test procedure. In: Scandinavian Journal of Statistics 1979, Bd. 6, S. 65-70.

Kourtesis, P., Collina, S., Dumas, L. A. A. & MacPherson, S. E.: Validation of the Virtual Reality Neuroscience Questionnaire: Maximum Duration of Immersive Virtual Reality Sessions Without the Presence of Pertinent Adverse Symptomatology. In: Frontiers in Human Neuroscience 2019, Bd. 13.

Marczewski, A.: Gamification - a simple introduction. Andrzej Marczewski. 2013

Room466 by WKO Steiermark (Hrsg.): Handlungsempfehlungen für den erfolgreichen Einsatz von Virtual Reality in der beruflichen Bildung. 2022.
<https://sites.google.com/stmk.wifi.at/digilernsicher/ergebnisse>

Sagnier, C., Loup-Escande, E., Lourdeaux, D., Thouvenin, I. & Valléry, G.: User Acceptance of Virtual Reality: An Extended Technology Acceptance Model. In: International Journal of Human–Computer Interaction 2020, 36(11), S. 993–1007. DOI: 10.1080/10447318.2019.1708612.

Schrepp, M., Hinderks, A. & Thomaschewski, J.: Design and evaluation of a short version of the User Experience Questionnaire (UEQ-S). In: International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence 2017, Bd. 4, S. 103. DOI: 10.9781/ijimai.2017.09.001.

Schrepp, M., Thomaschewski, J. & Hinderks, A.: UEQ User Experience Questionnaire. 2018. Abgerufen von: <https://www.ueq-online.org>

Schubert, T. W.: The sense of presence in virtual environments: A three-component scale measuring spatial presence, involvement, and realness. In: Zeitschrift für Medienpsychologie 2003, 15(2), S. 69–71.

Vargha, A. & Delaney, H. D.: A Critique and Improvement of the CL Common Language Effect Size Statistics of McGraw and Wong. In: Journal of Educational and Behavioral Statistics 2000, 25(2), S. 101–132. DOI: 10.3102/10769986025002101.

Wessel, D., Attig, C. & Franke, T.: ATI-S - An Ultra-Short Scale for Assessing Affinity for Technology Interaction in User Studies. In: Proceedings of Mensch und Computer 2019, S. 147–154. DOI: 10.1145/3340764.3340766.

Abkürzungen

Abk.	Abkürzung
AR	Augmented Reality
FHP	Forst Holz Papier
FPS	Frames per Second
PC	Personal Computer
VR	Virtual Reality
XR	eXtended Reality

Annex 1: Priorisierte Virtuelle Gegenstände im XR-Training

	Colors (MoScow):	Mo = Must have	
		S = Should have	
		Co = Could have	
		W = Won't have	
ITEM LIST	Forst	ÖRK	ASBÖ
Motorsäge	Mo = Must have		
Treibstoffkanister	Mo = Must have		
Sappel	Mo = Must have		
Axt	Mo = Must have		
Fällheber	Mo = Must have		
Rucksack mit EH-Material	Mo = Must have	Mo = Must have	
Ersatzkeile	Mo = Must have		
Utensilien zur Ketteninstandsetzung	Mo = Must have		
Maßband	Mo = Must have		
Min. 3 Keile in passender Keiltasche	Mo = Must have		
Handpackzange oder Packhaken in passender Tasche	Mo = Must have		
Wald mit der Einsatzfläche erstellen	Mo = Must have		
Waldarbeiterschutzhelm mit Gehör- und Gesichtsschutz (Nackenschutz) in Warnfarbe	Mo = Must have		
Waldarbeitsjacke mit Signalfarbe + kleines EH-Päckchen	Mo = Must have		
Schnittschutzhose	Mo = Must have		

Waldarbeitsschuhe mit Motorsägenpiktogramm	Mo = Must have		
Geeignete Arbeitshandschuhe	Mo = Must have		
Handy	Mo = Must have	Mo = Must have	Mo = Must have
Speziell aufbereiteter Baum für die Szenarien	Co = Could have		
Gefahrenquellen (Totäste, Wipfel usw...)	Mo = Must have		
NPCs	Co = Could have		
Megafon zum warnen?	W = Won't have		
Wald mit einer Lichtung (Landeplatz)			Mo = Must have
Handy mit Notrufoption 144/112		Mo = Must have	Mo = Must have
spezielle Handyapp zur Anzeige der GPS Koordinaten			S = Should have
Hinderniss im Anflugbereich (Stromleitung, Seilbahn, Forststeilbahn, hohe Baumstümpfe)			S = Should have
gefährliche Äste im Landebereich			Mo = Must have
Objekt zur Windrichtungsdarstellung (optional Gras / Blätter fallen lassen)			Mo = Must have
Hubschrauber			Mo = Must have
Pilot im Hubschrauber			Mo = Must have
Arbeitsauftrag A4 Blatt	Mo = Must have	Mo = Must have	Co = Could have
Karte mit einsatzgebiet	Mo = Must have	Mo = Must have	
Wetterbericht Anzeige?			
Sicherheitsschuhe			
Ggf. Steigeisen	W = Won't have		
Schnittschutzhose	Mo = Must have		
Jacke			

Handschuhe			
Helm			
Gehörschutz			
Gesichtsschutz			
Verbandpaket Jackentasche		Mo = Must have	
Verbandpaket groß (Auto)		Mo = Must have	
Notfallkarte			
Trinken	Co = Could have		
Essen	Co = Could have		
Ggf. Medikamente			
Ggf. Ersatzkleidung			
Option zum Notieren			
Schranken für Rettungskräfte (zum offen lassen)	Mo = Must have	Mo = Must have	
Tafel "Forstliches Sperrgebiet"	Mo = Must have		
Absperrtafeln (mehrere)	Mo = Must have		
Alu Rettungsdecke		Mo = Must have	
Handyanzeige niedriger Akkustand		Co = Could have	
Handyanzeige "nur Notruf" möglich		Co = Could have	
Handyanzeige "kein Netz"		Co = Could have	

Projektnehmer:in

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Center for Technology Experience

Giefinggasse 4

1210 Wien

www.ait.ac.at

BFW Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft

Seckendorff-Gudent Weg 8

1131 Wien

www.bfw.gv.at