

## Evaluierung einer VR-Lackierwerkstatt im agilen Projektvorgehen

Miriam Mulders<sup>1</sup>, Andrea Schmitz<sup>2</sup>, Matthias Weise<sup>3</sup> und Raphael Zender<sup>3</sup>

**Abstract:** Im Fokus des Papiers steht das interdisziplinäre Forschungsprojekt *HandLeVR*<sup>4</sup>, in dem eine Lernanwendung innerhalb der beruflichen Ausbildung zum/zur Fahrzeuglackierer/in entwickelt wird. Die Lernanwendung ist modular aufgebaut und setzt sich zusammen aus einer virtuellen Lackierwerkstatt, einem Autorenwerkzeug und einer Reflexionsanwendung. Das Papier beschreibt das Evaluierungskonzept, bestehend aus agilen und klassischen Methoden, und bietet erste Ergebnisse zur Verwertbarkeit der Lernanwendung.

**Keywords:** Evaluierung, agile Methoden, Virtual Reality, virtuelle Lernanwendung, 4C/ID-Modell

### 1 Motivation

Im Forschungsprojekt *HandLeVR*<sup>4</sup> wird eine Lernanwendung mit authentischen Übungsaufgaben für den Bereich des Fahrzeuglackierens entwickelt, um unter Verwendung von Virtual Reality (VR) handlungsorientiertes Lernen in der Berufsausbildung zu ermöglichen. Handlungsorientiertes Lernen in der Ausbildung zum/zur Fahrzeuglackierer/Fahrzeuglackierer/in ist jedoch durch diverse Faktoren eingeschränkt. Trainingsmöglichkeiten sind durch wirtschaftliche (z. B. Materialkosten), ökologische (z. B. umweltschädliche Materialien) und soziale Faktoren (z. B. begrenzte Zeit für Instruktionen) selten. VR bietet eine Lösung, genannte Einschränkungen zu überwinden, Lernszenarien zu schaffen und den Kompetenzerwerb in diesem Berufsfeld zu unterstützen. Dabei entstehen Lernaufgaben, die sich anhand diverser Parameter (z.B. Art des Werkstücks) sowie hinsichtlich der Komplexität voneinander unterscheiden.

Die VR-Lackierwerkstatt geht grundlegend von einem dreiteiligen Lernprozess aus. Zunächst definieren Ausbildende die Lernaufgabe für einen oder mehrere Auszubildende. Im nächsten Schritt wird die Lernaufgabe ausgeführt. Abschließend erfolgt eine gemeinsame Auswertung der Lernhandlung zwischen Ausbildenden und Auszubildenden. Zur Abbildung dieses Lernprozesses besteht die VR-Lackierwerkstatt aus drei

---

<sup>1</sup> Universität Duisburg Essen, Lehrstuhl für Mediendidaktik und Wissensmanagement, Universitätsstraße 2, 45141 Essen, miriam.mulders@uni-due.de

<sup>2</sup> Zentralstelle für die Weiterbildung im Handwerk e. V., Lehrgangsentwicklung und Neue Medien, Sternwartstraße 27-29, 40223 Düsseldorf, aschmitz@zwh.de

<sup>3</sup> Universität Potsdam, Institut für Informatik und Computational Science, An der Bahn 2, 14476 Potsdam, zender@uni-potsdam.de und matweise@uni-potsdam.de

<sup>4</sup> *HandLeVR* (Handlungsorientiertes Lernen in der VR-Lackierwerkstatt) ist ein dreijähriges vom BMBF gefördertes Verbundprojekt (01.01.19 bis 31.12.21; <https://handlevr.de>).

Komponenten: Autorenwerkzeug, VR-Trainingsanwendung und Reflexionsanwendung. Für eine detaillierte Beschreibung wird auf [Ze20] verwiesen.

Im folgenden Beitrag werden zunächst Zielsetzung und Forschungsfragen des Projekts beschrieben und danach Evaluierungsmethoden skizziert. Darauf folgend werden ausgewählte Erkenntnisse der ersten formativen Evaluierung dargeboten. Abschließend sollen Limitationen der Evaluierungsmethodik benannt und ein Ausblick gegeben werden.

## 2 Zielsetzung und Fragestellungen

Im Projekt *HandLeVR* sollen die folgenden Konstrukte näher untersucht werden:

### 1. Lernergebnisse/-prozesse

Dabei soll überprüft werden, in welchem Ausmaß die entwickelten Lernaufgaben zum Erwerb von Kompetenzen, genauer von Wissen, Fertigkeiten und Einstellungen, beitragen und ob es Unterschiede zwischen den Kompetenzarten gibt. Darüber hinaus sollen Lernprozesse (z.B. Lernmotivation, wahrgenommener Workload) untersucht werden.

### 2. Passung des 4C/ID-Modells [MK18]

Zur didaktischen Konzeption der VR-Lackierwerkstatt wird das evidenzbasierte 4C/ID-Modell herangezogen. Bislang ist wenig über dessen Relevanz für die psychomotorische Berufsausbildung und dessen Eignung als didaktisches Modell in VR bekannt. Es soll untersucht werden, inwiefern die VR-Lernanwendung die Anforderungen (z.B. Handlungsorientierung) und Komponenten (z.B. Lernaufgaben) des Modells erfüllt.

### 3. Nutzererlebnis

Es soll validiert werden, ob das Nutzererlebnis bei der Verwendung der drei Komponenten (Autorenwerkzeug, VR-Lernanwendung, Reflexionsanwendung) eine langfristig motivierende Nutzung ermöglicht. Dabei steht die Erfüllung funktionaler Anforderungen im Vordergrund, wie z.B. die Umsetzung eines ausreichend realistischen Farbauftrags in VR und die Möglichkeit Lernaufgaben im Autorenwerkzeug erstellen zu können. Für den Projekterfolg ist es wichtig, alle drei Komponenten benutzerfreundlich umzusetzen. Auch weitere Kriterien für ein optimales Nutzererlebnis sollen geprüft werden, wie das Präsenzerleben.

### 4. Vorerfahrung und Akzeptanz

Die Nutzung von VR innerhalb der beruflichen Aus- und Weiterbildung wird mit vielfältigen Potenzialen assoziiert. Bislang ist jedoch wenig über die tatsächliche Akzeptanz von VR-Technologien bekannt. Wahrgenommene Nützlichkeit sowie Benutzerfreundlichkeit sind zentrale Determinanten, welche die Nutzungsintention beeinflussen [PZ18]. Auf Basis des Technologieakzeptanzmodells nach Manis und Choi [MC18] werden hemmende und fördernde Faktoren des Technologieeinsatzes untersucht. Ebenso spielt die Vorerfahrung, insbesondere bei der Einführung einer neuen Technologie, eine zentrale Rolle. Die Erfassung der Vorerfahrung kann vor allem dazu dienen, die Anwendung auf die Bedürfnisse der Zielgruppe anzupassen.

### 3 Methodik

Abbildung 1 stellt den Projektverlauf dar. Das Projektteam setzt auf eine Kombination verschiedener Methoden der Softwareentwicklung. Erstens, Projektmeilensteine definieren zu zwei Zeitpunkten den Bedarf einer groß angelegten formativen Evaluierung (EI und EII). Ziel ist die Identifikation von Schwachpunkten und Optimierungspotentialen der Trainingsanwendung, des Autorenwerkzeuges sowie der Reflexionsanwendung. Zweitens, entstehen nach agilen Prinzipien im Projektverlauf in sechswöchigen Entwicklungszyklen fortwährend Prototypen der drei Komponenten, die in Reviews zwischen den Partnern diskutiert werden.

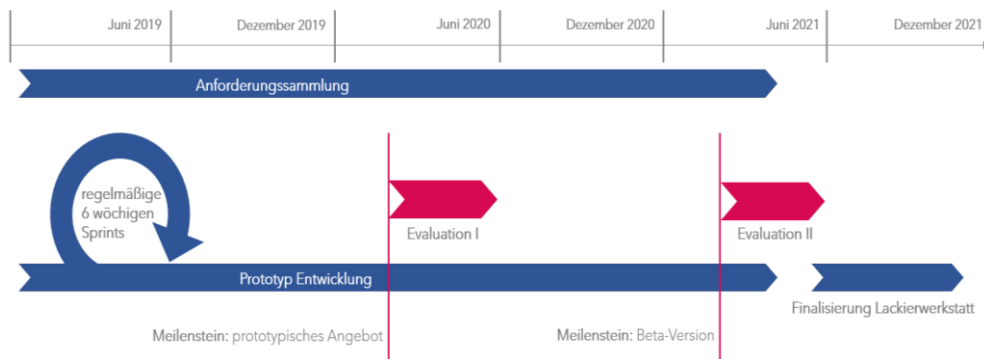


Abb. 1: Projektablauf mit Fokus auf Entwicklungen und Evaluierungen

#### 3.1 Formative Evaluierung

In beiden Evaluierungen werden Prototypen der drei Komponenten im Feld erprobt. Sowohl EI als auch EII finden in Kooperation mit der Mercedes Benz Ludwigsfelde GmbH statt, EII zusätzlich mit nationalen Berufsbildungszentren. Als Probanden stehen angehende Fahrzeuglackierer\*innen aus drei Lehrjahren sowie Ausbildungsmeister\*innen zur Verfügung. Auf Basis der Ergebnisse aus EI und EII werden technische und didaktische Anforderungen formuliert und in den darauffolgenden Sprints umgesetzt. Die VR-Trainingsanwendung wird erprobt, indem Auszubildende prototypische Lernaufgaben bearbeiten. Während bei EI noch handelsübliche Controller genutzt wurden, wird bei EII auf im 3D-Druck hergestellte Lackierpistolen zurückgegriffen. Quantitative Daten wurden mittels Fragebögen erfasst. Die Fragebögen beinhalten u.a. Items zu Demographie, Vorerfahrung, Workload und Passung des 4C/ID-Modells. Dabei wurde teils auf validierte Fragebögen (z.B. NASA-TLX [HS88]) zurückgegriffen. Lagen keine geeigneten Messmethoden vor, wurden solche übersetzt oder selbst erstellt. Die gesammelten Daten wurden mit SPSS statistisch ausgewertet.

### 3.2 Agile Methoden

Fehlende Erfahrungen mit VR-Technologien im Handwerk sowie rasante technische Weiterentwicklungen erfordern ein dynamisches Vorgehen bei der Umsetzung der VR-Lackierwerkstatt. Daher folgt das Projekt neben den beiden Evaluierungsphasen der Methodik des *Design-based Research (DBR)* [MR13], welche im Projektvorgehen vor allem in agilen Entwicklungsabläufen (basierend auf *SCRUM*) [RW15] resultiert. Diese verstehen Evaluierung als kontinuierlichen, integrierten Prozess. Von Seiten der Praxis und (Fach-)Didaktik entstehen immerzu neue Anforderungen, die sukzessive umgesetzt werden. Dadurch liegt regelmäßig ein erweiterter und lauffähiger Prototyp vor.

## 4 Bisherige Erkenntnisse

Einige ausgewählte Ergebnisse aus EI werden nachfolgend präsentiert. Ergebnisse aus EII liegen noch nicht vor. In EI wurden 14 Auszubildende (6 Frauen, 8 Männer) rekrutiert. Das durchschnittliche Alter liegt bei 19 Jahren.

### 1. Lernergebnisse/-prozesse

Die Auszubildenden waren aufgefordert, anhand von Schulnoten zu bewerten, inwiefern die Lernaufgaben zum Erwerb von Wissen, Fertigkeiten und Einstellungen beitragen. Zwischen den Kompetenzarten zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Die Lernaufgaben unterstützen den Erwerb von fachlichem Wissen ( $M = 2.46$ ,  $SD = .86$ ), Fertigkeiten ( $M = 2.44$ ,  $SD = .49$ ) und Einstellungen ( $M = 2.31$ ,  $SD = .92$ ) gleichermaßen. Einzelne Fertigkeiten wurden besonders gefördert, z.B. das Einhalten des idealen Abstandes zum Werkstück ( $M = 1.77$ ,  $SD = .93$ ). Mit dem FAM [RVB01] wurde die Lernmotivation untersucht und mit solcher verglichen, die beim Einsatz nicht-immersiver Medien zustande kommt. Die Lernmotivation ist vergleichbar oder höher [Mu20]. Der Workload ( $M = 7.58$ ,  $SD = 2.17$ , Skala von 1-20) ist im Vergleich zu ähnlichen Szenarien vergleichbar oder geringer [Gr15]. Zudem lieferte das System selbst Leistungsindikatoren. Es zeigte sich, dass besonders Abstand und Winkel Bereiche sind, die Übung benötigen. Der korrekte Abstand wurde nur in 49%, der korrekte Winkel in 44% der Zeit eingehalten.

### 2. Passung des 4C/ID-Modells [MK18]

Die Auszubildenden sollten anhand von Schulnoten bewerten, inwiefern die Aufgaben Anforderungen und Komponenten des 4C/ID-Modells abdecken. Die Modellpassung scheint mindestens gut ( $M = 1.94$ ,  $SD = .99$ ) umgesetzt (siehe Tab. 1).

	Mittelwert	Standardabweichung
vollständige Handlung	2.43	.85
sinnvolle unterstützende Informationen	1.93	1.00
Hilfe zum richtigen Zeitpunkt	1.86	.95
Teilaufgaben zusätzlich üben	2.07	.83

Tab. 1: Passung des 4C/ID-Modells (Auswahl einzelner Items; Skala in Schulnoten)

Zur Überprüfung von Lernerfolgen/-prozessen sowie Modellpassung wurden in EI Schulnoten herangezogen. In EII werden Likertskalen statt ordinalskalierten Noten genutzt, welche eine Mittelwertsberechnung statistisch legitimieren.

### 3. Nutzererlebnis

Zur Messung der User Experience in VR wurde ein übersetzter Fragebogen von Tcha-Tokey et al. [Tc16] verwendet. Dieser umfasst u.a. die Dimensionen Experience Consequence (z.B. Motion Sickness), Presence (Anerkennung der Umgebung als Handlungsraum), Engagement (Wille, Handlungen zu vollziehen und Ziele zu erreichen), Immersion (sensorischen Wiedergabetreue), Technology Adoption (Bereitschaft für zukünftige Nutzung), und Usability (Nutzbarkeit der Anwendung). Zur Beurteilung der Resultate werden Mittelwerte auf einer zehnstufigen Skala genutzt. Der Wert bei Experience Consequence ( $M = 9.15$ ,  $SD = 1.47$ ) legt nahe, dass sich die Auszubildenden kaum unwohl fühlten. Die Resultate bei Presence ( $M = 8.32$ ,  $SD = 1.84$ ), Engagement ( $M = 8.17$ ,  $SD = 1.95$ ) und Immersion ( $M = 7.01$ ,  $SD = 2.84$ ) lassen vermuten, dass die Anwendung einen ausreichenden Realismusgrad erreicht. Der geringe Wert bei Technology Adoption ( $M = 7.01$ ,  $SD = 2.69$ ) lässt sich auf die Verwendung von Controllern statt Lackierpistolen in EI zurückführen. Die Usability ( $M = 8.38$ ,  $SD = 1.81$ ) erreichte einen sehr guten Wert. Der genutzte Fragebogen ist jedoch teils nicht ausreichend reliabel, um valide Erkenntnisse zu generieren. In EII wird eine gekürzte Version und mehr qualitative Items dargeboten.

### 4. Vorerfahrung und Akzeptanz

Zur Messung der Vorerfahrung und Akzeptanz von VR-Lernanwendungen, wurde ein Fragebogen basierend auf Vorarbeiten im Projekt ARSUL<sup>5</sup> sowie einer Studie von Manis und Choi [MC19] genutzt. Zudem wurde die Nutzungsintensität abgefragt. Die in EI untersuchte Stichprobe gab größtenteils an, VR selten zu nutzen oder nur ausprobiert zu haben. Zur Ermittlung der Akzeptanz sollten Items auf den Skalen Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit, Verwendungsabsicht, Genuss und Neugier beantwortet werden. Zugrunde liegt eine fünfstufige Likertskala von "stimme überhaupt nicht zu" bis "stimme voll zu". Benutzerfreundlichkeit ( $M = 4.02$ ,  $SD = .81$ ) und Genuss ( $M = 4.24$ ,  $SD = .62$ ) wurden am höchsten, Nützlichkeit ( $M = 3.12$ ,  $SD = .59$ ), am niedrigsten bewertet.

## 5 Fazit und Ausblick

Insgesamt skizzieren die bisherigen Projektergebnisse und -erfahrungen ein vielversprechendes Bild. Die nach dem 4C/ID-Modell [MK18] konzipierten Lernszenarien unterstützen die Lernprozesse der Auszubildenden und tragen bedeutsam zum Kompetenzerwerb bei. VR als Lernmedium wird von der Zielgruppe weitestgehend akzeptiert. Durch den Einsatz verschiedener Evaluierungsmethoden lassen sich Synergien erzeugen. Agile Methoden liefern fortlaufend Anforderungen an die VR-Lackierwerkstatt,

<sup>5</sup> Augmented Reality basierte Unterstützung im Sanitär-Heizung-Klima-Handwerk; <http://projekt-arsul.de/>

sodass die Entwicklung der Prototypen stets flexibel und dynamisch gestaltet ist. Durch die groß angelegten Evaluierungsphasen ergeben sich zudem gebündelt Feedback seitens der Praxis. Beide Methoden (agil und klassisch) ergeben zusammen ein umfassendes Evaluierungskonzept für die VR-Lackierwerkstatt. Ziel ist es, eine nachhaltige, lernförderliche und praktisch relevante Lernanwendung für den Bereich des Fahrzeuglackierens zu konzipieren. Für 2021 ist eine OER-Veröffentlichung geplant.

## Literaturverzeichnis

- [Gr15] Grier, R. A.: How high is high? A meta-analysis of NASA-TLX global workload scores. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting (2015, Vol. 59, No. 1, pp. 1727-1731). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- [HS88] 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 Human Mental Workload. North-Holland, 1988; S. 139–183.
- [MC19] Manis, K. T. und Choi, D.: The virtual reality hardware acceptance model (VR-HAM): Extending and individuating the technology acceptance model. (TAM) for virtual reality hardware“; *Journal of Business Research*, 100, S. 503–513, 2019.
- [MK18] van Merriënboer, J. J.; Kirschner, P. A.: 4C/ID in the context of instructional design and the learning sciences. *International handbook of the learning sciences*, 169-179, 2018.
- [MR13] McKenney, S.; Reeves, T. C.: Systematic Review of Design-Based Research Progress. In *Educational Researcher*, S. 97–100, 2013.
- [Mu20] Mulders, M.: Investigating learners’ motivation towards a virtual reality learning environment: a pilot study in vehicle painting. In: 2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR). IEEE, 2020. S. 390-393.
- [PZ18] Pletz, C. & Zinn, B.: Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen in technischen Domänen. In 2018 *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(4), 86–105.
- [RVB01] F. Rheinberg, R. Vollmeyer, B. D. Burns, „FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen (Langversion, 2001)“, *Diagnostica*, vol. 2, pp. 57–66, 2001.
- [RW15] Röpstorff, S.; Wiechmann, R.: *Scrum in der Praxis: Erfahrungen, Problemfelder und Erfolgsfaktoren*. dpunkt. verlag, 2015.
- [Tc16] Tcha-Tokey, K. et al.: A questionnaire to measure the user experience in immersive virtual environments. In (Richir, S. Hrsg.): Proceedings of the 2016 Virtual Reality International Conference. ACM, New York, NY, USA, 2016; S. 1–5.
- [Ze20] Zender, R. et al.: HandLeVR: Action-Oriented Learning in a VR Painting Simulator. In (Birukou; Popescu Hrsg.): *Emerging Technologies for Education*. Springer International Publishing, Cham, 2020; S. 46–51.