

## **Framework-Based Augmented Reality Learning Scenario in Automotive Education.**

Gregor Tallig, Raphael Zender, Mario Runge

**Abstract:** Training in the automotive industry is characterized by a close integration of theory and practice. With current augmented reality technology, a learning scenario was designed to provide context-based support to the learner in the field of view by holographic insertions while assembling a real gearbox. In addition, by implementing a framework for the creation of learning scenarios, access for experts in the respective knowledge domain is facilitated. Despite the increased complexity of this medium and the technologies involved, the effort to realize new learning scenarios with this software should only slightly increase compared to conventional teaching methods.

## Frameworkbasiertes Augmented Reality-Lernszenario in der Kfz-Ausbildung

Gregor Tallig<sup>1</sup>, Raphael Zender<sup>2</sup>, Mario Runge<sup>3</sup>

**Abstract:** Die Ausbildung in der Automobil-Industrie zeichnet sich durch eine enge Verzahnung von Theorie und Praxis aus. Im Zuge der Verwendung aktueller Augmented-Reality-Technologie wird ein Lernszenario konzipiert, das eine kontextbasierte Unterstützung des Lernenden bei einer realen Getriebemontage im Sichtfeld durch holografische Einblendungen ermöglicht. Darüber hinaus wird durch die Implementierung eines Frameworks zur Erstellung von Lernszenarien der Zugang für Experten der jeweiligen Wissensdomäne geebnet. Trotz der bei diesem Medium erhöhten Komplexität der verwendeten Technologien soll so der Aufwand zur Realisierung neuer Lernszenarien im Vergleich zu herkömmlichen Lehrmethoden nur geringfügig steigen.

**Keywords:** Augmented Reality, E-Learning, Kfz-Ausbildung

### 1 Einleitung

Die Einarbeitung von Mitarbeitern stellt zumeist einen zeit- sowie ressourcenintensiven Prozess dar. In der Automobil-Industrie bestehen hier besondere Anforderungen durch den Materialverbrauch (vgl. [He15]) sowie durch das Zurücksetzen der Bauteile nach erfolgtem Training. Darüber hinaus zeichnet sich die Ausbildung durch eine enge Verzahnung von Theorie und Praxis aus. Dabei ist es nicht nur erforderlich die Komplexität der mathematischen, physikalischen und technischen Zusammenhänge verständlich zu gestalten, sondern auch auf den fortwährenden technologischen Wandel reagieren zu können (vgl. [An09], [Br05]).

Im Rahmen dieser prototypischen Fallstudie wird daher die Ausarbeitung und Gestaltung eines Augmented-Reality-Lernszenarios verwirklicht, das zusammen mit Auszubildenden im Bildungszentrum der Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH evaluiert werden soll. Insbesondere wird untersucht, welche Vorteile der Einsatz aktueller AR-Technologie beim Vermitteln praktischen Wissens wie der Getriebemontage in der Kfz-Ausbildung bietet (vgl. [Ca12], [An09]). In bisherigen, thematisch verwandten Veröffentlichungen wurden ähnliche Vorgehen erdacht, jedoch konnte aufgrund fehlender Geräte am Markt lediglich auf Eigenlösungen aufgebaut werden. Somit konnte das Lernen mit AR nur in

---

<sup>1</sup> Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH, ITC/VL, Zum Industriepark 10, 14961 Ludwigsfelde, gregor.tallig@daimler.com

<sup>2</sup> Universität Potsdam, Institut für Informatik und Computational Science, August-Bebel-Str. 89, 14482 Potsdam, raphael.zender@uni-potsdam.de

<sup>3</sup> Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH, ITC/VL, Zum Industriepark 10, 14961 Ludwigsfelde, mario.runge@daimler.com

einer Teilmenge betrachtet werden, wie beispielsweise ohne Gestensteuerung [Be12], ohne markerlose Objekterkennung [Co07] oder auch ohne Spatial Awareness [Fa09].

Durch das Arbeiten an einem realen Getriebe mit physischen Werkzeugen und einer Schritt-für-Schritt-Anleitung sowie Kontrolle wird eine direkte Kombination von Theorie und Praxis angestrebt. Lehrmaterial, das sich zu vordefinierten Situationen in den Raum des Lernenden positioniert, ermöglicht eine Ablesbarkeit beziehungsweise Betrachtung ohne die nötige Verwendungen der Hände, sodass diese ohne beispielsweise das Ablegen von Werkzeugen konzentriert genutzt und somit auch von Unterbrechungen befreite Bewegungsabläufe gelernt werden können. Durch die berührungslose Interaktion mit der Lernsoftware wird eine Bedienbarkeit selbst bei Aufgaben mit Verschmutzungen gewährleistet. Ein Heraussuchen der aktuell benötigten Dokumente entfällt. Einer der größten, zu antizipierenden Nachteile ist der Aufwand zur Erstellung eines Lernszenarios im Vergleich zu herkömmlichen Lehrmaterialien wie Vorlesungsfolien, Bücher, Arbeitsblätter und ähnlichem. Durch die starke Informatik-Abhängigkeit des AR-Mediums kann der Domänenexperte meist nicht selbst Lehrinhalte neu erstellen oder kleine Anpassungen vornehmen. Anzunehmen wäre, dass die Kosten und die benötigte Zeit des hierfür nötigen Software-Entwicklungsprozesses der Verbreitung AR-gestützter Lernverfahren hindernd beziehungsweise verlangsamernd gegenüber stehen könnten.

Im weiteren Verlauf werden zunächst die Problemstellung und die Anforderungen sowie deren Erhebung dargelegt, um darauf folgenden das Konzept zu beschreiben und mit einer Diskussion möglicher Einschränkungen des aktuellen Technologiestands sowie einem Ausblick zu schließen.

## **2 Problemstellung und Anforderungen**

Die zukünftigen Anwender der Lernsoftware wurden frühzeitig in den Entstehungsprozess einbezogen, um ein Lernszenario zu finden, das sowohl für die Technologie geeignet ist, aber auch eine Unterstützung im Lehralltag darstellt. Hierzu wurde mit dem an der Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH angeschlossenen Bildungszentrum kooperiert, in dem die Ausbildung durchgeführt und das Lernszenario eingesetzt werden soll. Die Auszubildenden wurden mit der Technologie vertraut gemacht und eine Online-Umfrage zu Ideeneinreichung eingerichtet. Aufgrund geringer Resonanz wurde schließlich mit mehreren Sitzungen mit den verantwortlichen Ausbildungsmeistern die Verwendung eines Didaktikpakets zur Montage sowie Demontage eines Stirnradgetriebes der Firma SEW Eurodrive herauskristallisiert. Das Paket enthält die zu montierenden Bauteile und die dafür benötigten Werkzeuge. Alle potentiell nötigen, realen Teile werden zuvor entweder an der Wand hängend oder auch in Koffern übersichtlich sortiert. Eine Montagebeziehungsweise Demontageanleitung führt übersichtlich durch die vorzunehmenden Schritte und bietet darüber hinaus Aufgaben und Multiple-Choice-Fragen mit Musterlösungen für die Lehrkraft.

Die Montage beziehungsweise Demontage kann mit dem derzeitigen Konzept lediglich von einem Auszubildenden durchgeführt werden. Aufgrund dessen steht der verantwortliche Meister für individuelles Feedback zu einem speziellen Schritt oder zum allgemeinen Lernfortschritt sowie für das Einbringen von Hintergrundwissen zumeist nicht zur Verfügung, da dieser zeitgleich für andere Ausbildungsmaßnahmen mit weiteren Lehrlingen zuständig ist. Hierdurch erschwert sich insbesondere die Phase der Prüfungsvorbereitung, in der der Vorgang beliebig oft trainiert werden können muss.

Neben der Einbindung des Didaktikmaterials von SEW Eurodrive besteht die Anforderung ebenso andere Medien wie zum Beispiel Videos oder eingescannte Lehrbuchseiten integrieren zu können, um so ein dichteres Hintergrundwissen zu ermöglichen (vgl. Tab. 1). Um auf Anpassungen durch neue Lehrinhalte schnell reagieren zu können, wurde eine Editiermöglichkeit durch Domänenexperten wie beispielsweise den Ausbildungsmeistern gewünscht. Vielmehr soll die Erstellung neuer Szenarien somit auch beschleunigt und vereinfacht werden. Durch den Betriebsrat kamen zum gewählten Szenario weitere Anforderungen hinzu, die die Berücksichtigung eingeschränkter Mitarbeiter und die Sicherheit von Mitarbeitern im Allgemeinen betreffen, wie zum Beispiel das Unterlassen von Leistungserhebungen mittels Nutzeridentifikation.

| <b>Anforderung</b>                                     | <b>MoSCoW-Priorität</b> |
|--|-------------------------|
| <i>funktionale Anforderungen</i>                       |                         |
| Umsetzung SEW Eurodrive Schritt-für-Schritt Anleitung  | MUST                    |
| Objekterkennung der Werkzeuge und Bauteile             | MUST                    |
| Editiermöglichkeit des Lernszenarios                   | SHOULD                  |
| Einbindung der MC-Fragen                               | COULD                   |
| Einbindung zusätzlicher Medien (Bilder, Videos, etc.)  | COULD                   |
| <i>nicht-funktionale Anforderungen</i>                 |                         |
| Framerate von 60 FPS                                   | MUST                    |
| Keine Nutzeridentifikation                             | MUST                    |
| Editor-Benutzbarkeit für informatikfremde Personen     | SHOULD                  |
| Zugänglichkeit für eingeschränkte Mitarbeiter          | SHOULD                  |
| Anpassbarkeit an/Wiederverwendbarkeit für neue Inhalte | SHOULD                  |

Tab. 1: Funktionale und nicht-funktionale Anforderungen und ihre jeweilige Priorisierung

Nach einem Vergleich aktueller, zur Verfügung stehender Hardware wurde sich für die Verwendung der Microsoft HoloLens entschieden (vgl. Tab. 2). Die Brille ist ein Optical-See-Through-Gerät mit einer Akkulaufzeit von näherungsweise vier Stunden. Sie operiert standalone mit dem auf Windows 10 basierenden Windows Holographic Betriebssystem und verfügt über Sensoren zur Tiefenmessung, Gestenerkennung sowie Bild- und Tonaufnahme. Mit ihr ist somit ein mobiles, kabelfreies Arbeiten bei zugleich akzeptabler Akkulaufzeit und Integration virtueller Objekte in eine reale Umgebung realisierbar. Für eine realistische Positionierung der Hologramme sollte eine Framerate von 60 FPS erreicht werden. Die Entwicklungsumgebung für die Microsoft HoloLens setzt sich aus der 3D-Engine Unity und Microsoft Visual Studio für die C#-Programmierung sowie für den Kompilier- und Deployprozess zusammen.

---

| <b>Anforderung</b>             | <b>Microsoft HoloLens</b> | <b>DAQRI Smart Helmet</b> |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Stabilität                     | ++                        | --                        |
| Objekterkennung                | +                         | -                         |
| Brennweite                     | +                         | ++                        |
| Akkulaufzeit                   | ++                        | ++                        |
| Spatial Awareness <sup>4</sup> | ++                        | --                        |
| Tracking                       | ++                        | -                         |

---

*Bemerkung: ++ Anforderung erfüllt, + Anforderung schwach erfüllt, - Anforderung eher nicht erfüllt, -- Anforderung absolut nicht erfüllt*

Tab. 2: Vergleich der Microsoft HoloLens und des DAQRI Smart Helmet (Stand: 12.09.2016)

### 3 Konzeption

Im Folgenden wird auf das verwendete Lehrkonzept eingegangen. Hierauf baut die Konzeption des Lernszenarios auf, die im Anschluss vorgestellt wird. Der Abschnitt endet mit dem im Zuge dieser Arbeit entwickelten *Holografischen Lernszenario Framework*, das das Fundament der Umsetzung darstellen wird.

#### 3.1 Lehrkonzept

Um dem Lernverhalten und der Motivation der Auszubildenden gerecht zu werden und somit den Lernerfolg zu steigern, wurden zwei verschiedene Varianten zum Aneignen des Lerninhaltes vorgesehen. Diese werden im Folgenden kurz erläutert.

Im Startmenü kann sich der Anwender neben Montage und Demontage zusätzlich für eine Einführung entscheiden, um sich in die Bedienung der Software und das Lernkonzept einweisen zu lassen. Bei der Bedienung der Software wird insbesondere die Verwendung der Sprachausgabe thematisiert. Das Lernkonzept unterscheidet zwei Betriebsarten: Frei und Geführt. Beide Modi stehen jeweils bei der Montage sowie bei der Demontage zur Verfügung. Hiermit werden unterschiedliche Lernmotivationen von Menschen berücksichtigt. Extrinsisch motivierte Lernende benötigen eine vorgegebene Struktur und Rückmeldungen zum Lernfortschritt. Intrinsisch motivierte Anwender hingegen bevorzugen einen explorativen Ansatz und weisen aufgrund ihres Interesses einen „natürlichen Drang“ zur Wissensgenerierung auf. Sie werden durch Struktur und zu starke Rückmeldungen gebremst beziehungsweise demotiviert [Ke12].

Bei der geführten Variante werden dem Auszubildenden in Anlehnung an eine Schritt-für-Schritt-Anleitung, die der Getriebehersteller SEW Eurodrive im Rahmen seines Didaktikmaterials zur Verfügung stellt, die Abläufe sequentiell vermittelt. Dabei wird die zum Arbeitsstand entsprechende Anleitung beispielsweise textuell eingeblendet und das

---

<sup>4</sup> Unter Spatial Awareness wird hier die Fähigkeit zur räumlichen Wahrnehmung verstanden.

Vorhandensein eines bestimmten Bauteils kontrolliert. Wurde der Arbeitsschritt korrekt ausgeführt, wird der Lernvorgang mit dem jeweils nächsten fortgesetzt.

Die freie Variante kontrolliert lediglich die Verrichtung der Montage- bzw. Demontageschritte in der vorgegebenen Reihenfolge. Das Einblenden von Anleitungen entfällt hierbei. Durch die Bereitstellung der verschiedenen Lernmodi wird der Auszubildende in die Lage versetzt, sein Wissen mit der geführten Version aufzubauen und im Anschluss in der freien Variante zu überprüfen, um sich beispielsweise auf Prüfungssituationen einstellen zu können.

### 3.2 Lernszenario

Dieser Abschnitt behandelt die geführte Lernvariante des Lernkonzeptes hinsichtlich der Grundfunktionen, die genutzt werden, um den Lehrinhalt im Zuge der Schritt-für-Schritt-Anleitung zu vermitteln. Auf die Unterschiede zur freien Version wird im Anschluss eingegangen.

Je nachdem, ob der Lernende die geführte oder freie Version des Lernszenarios gewählt hat, wird zu Beginn das korrekte Vorliegen des Getriebes im entsprechenden Zustand geprüft. Für die Montage ist dementsprechend ein vollständig demontiertes Getriebe bereitzustellen. Sobald von der Microsoft HoloLens ein solches Objekt erkannt wird, beginnt das Lernszenario. Mittels Texteinblendungen können die für den aktuellen Verbauschnitt benötigten Teile genannt werden (vgl. Konzept-Skizze in Abb. 1). Beim Finden der richtigen, realen Bauteile für den aktuellen Schritt hilft die Objekterkennung mit grünen Markierungen.

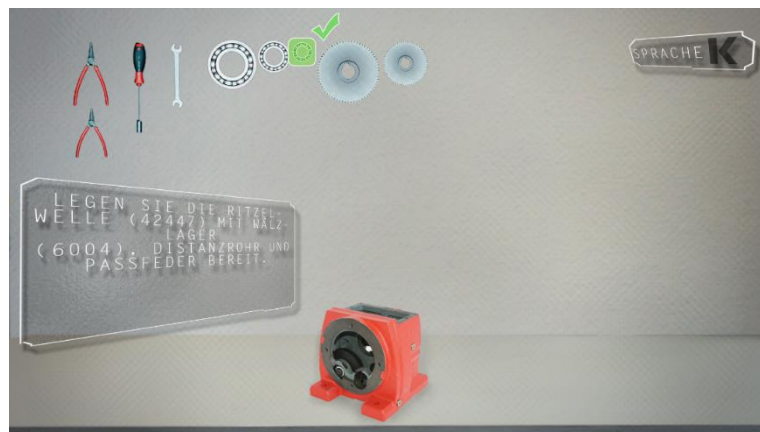


Abb. 1: Text-Einblendung und Markierung von realen Bauteilen

Jede textuelle Einblendung wird zusätzlich auditiv wiedergegeben. Diese Sprachausgabe kann über das oben rechts befindliche Bedienfeld auf einen früheren Text zurückgesetzt

werden, um beispielsweise bei Unaufmerksamkeit verpasste Passagen zu wiederholen. Falls die Sprachausgabe nicht benötigt wird, kann sie überdies deaktiviert und zu einem späteren Zeitpunkt wieder aktiviert werden. Neben der Sprachausgabe steht eine Sprachsteuerung aller sichtbaren Schaltflächen jederzeit zur Verfügung, sodass mithilfe der Aussprache der Beschriftung eines Buttons dieser gestenfrei aktiviert werden kann.

Durch eine Animation wird der Zusammenbau von mehreren Teilen verdeutlicht (vgl. Abb. 2). Dabei sind diese zur besseren Wiedererkennung beschriftet. Die dreidimensionale Ansicht beugt hierbei Missverständnisse beim späteren Zusammensetzen vor. Sobald die einzelnen Bauteile zusammengefügt und im Getriebe eingesetzt wurden, wird der einwandfreie Verbau an der richtigen Position durch grünes Aufleuchten des Bauteils hervorgehoben (vgl. Abb. 3).



Abb. 2: Animation mehrerer virtueller Bauteile mit Beschriftung



Abb. 3: Grünes Hervorheben eines korrekt verbauten Teils

Lehrinhalte können in diesem Szenario jedoch nicht ausschließlich textuell und mittels Animationen von virtuellen, dreidimensionalen Objekten vermittelt werden. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit Videos oder Bilder einzubinden. Durch die Integration von im Bildformat eingefügten Lehrbüchern kann der Wiedererkennungswert erhöht werden und somit Wissensverknüpfungen von bereits gelernten Inhalten erneut genutzt werden. Mittels kurzer Quiz kann der eigene Lernfortschritt überprüft und im Lehrinhalt besondere Aufmerksamkeit auf bestimmte Sachverhalte gelegt werden (vgl. Abb. 4). Dies ist ausdrücklich nicht als Leistungserfassung oder als Grundlage einer potentiellen Bewertung Dritter konzipiert. Durch die Abwesenheit eines Account-Systems und die entsprechend fehlende Information über die Identität des Nutzers erlaubt sich auch keine Zuordnung von Lernleistung zur Person des Auszubildenden über die Lernsoftware.

Im geführten Modus erfolgt eine Auswertung des Lernvorgangs beispielsweise durch die Anzeige der benötigten Dauer der Montage beziehungsweise Demontage. Weiterhin

können die während des Szenarios richtig beantworteten Quiz-Fragen in ein Verhältnis zu den insgesamt möglichen gesetzt werden.



Abb. 4: Integration anderer Medien – hier am Beispiel Video und Quiz

Im freien Modus wird die Reihenfolge der Montage- beziehungsweise Demontageschritte nicht explizit vorgegeben, sondern muss vom Lernenden erinnert werden. Korrekt eingesetzte Teile und vollendete Schritte werden beispielsweise durch grüne Markierungen der betroffenen Stellen hervorgehoben (vgl. Abb. 5). Dementsprechend können bei der Auswertung im freien Modus zusätzlich zur Dauer die bereits beim ersten Versuch erfolgreich durchgeführten Schritte angezeigt werden (vgl. Abb. 6). Die Anwendung kehrt im Anschluss zum Startmenü zurück, sodass das Szenario wiederholt oder beispielsweise nach erfolgter Montage die Demontage vorgenommen werden kann.



Abb. 5: Rückmeldung zu einem vollständig abgeschlossenen Verbauschritt



Abb. 6: Auswertung im freien Modus mit Anzeige der erfolgreich durchgeführten Schritte



### 3.3 Holografisches Lernszenario Framework

Ein weiteres Ziel dieses Vorhabens stellt die Erstellung von Richtlinien zur Verwendung der entwickelten Software-Artefakte dar, um weiteren Lernszenarien oder geänderten Anforderungen zukünftig mit geringerem Zeitaufwand bei der Implementierung begegnen zu können. Mithilfe der Artefakte soll es ermöglicht werden, bestehende Lehrmaterialien einzufügen oder auszutauschen. Des Weiteren können Lehrinhalte sinngemäß zu Einheiten gruppiert und ihr zeitlicher Ablauf geändert werden. Hierdurch wird eine hohe Flexibilität erreicht, die Lehrkräfte allerdings nicht aufgrund fehlender Programmierkenntnisse ausschließt. Langfristig soll jedoch vielmehr die Erstellung neuer Lernszenarien vereinfacht werden, sodass ein möglichst geringfügiger Mehraufwand im Vergleich zu konventionellen Lehrmedien bei zugleich gesteigertem Lernerfolg erzielt wird.

Um der geforderten Flexibilität des Lernszenarios sowie der beschleunigten Erstellung neuer Lehrinhalte Rechnung zu tragen, wird daher ein Framework implementiert, das zum einen wiederkehrende Prozesse bei der Realisierung holografischer E-Learning-Anwendungen vereinfacht und zum anderen Editierungsmöglichkeiten ohne die Notwendigkeit von Programmierkenntnissen schafft. Das Framework ist als Unity-Package konzipiert und kann auf diese Weise in neue Projekte geladen werden. Abseits der unityseitigen Funktionalitäten des Frameworks wird ein Konvertierungsprogramm bereitgestellt, das eine Umwandlung von 3D-Modellen in Unity-Formate erleichtert und bei Bedarf eine Reduzierung ihrer Polygonzahl ermöglicht, wodurch Modelle nicht in jedem Fall durch Experten angepasst werden müssen, um flüssig auf dem Head-mounted Display angezeigt zu werden.

Eine Übersicht der unityseitigen Framework-Funktionen bietet Abb. 7. Zusammengehörende Lernartefakte werden zu Unity-Szenen gebündelt. Ein Triggersystem sorgt für den Programmablauf, indem Lernszenen, die in einem Graphen per Drag & Drop arrangiert (vgl. Abb. 8) und anschließend verknüpft werden können, nacheinander geladen werden, je nachdem welche Zustandsveränderung vorliegt. Dies kann beispielsweise das Betätigen einer Schaltfläche oder das Betreten einer bestimmten Region sein. Eine Schaltfläche kann stets auch per Sprache ausgelöst werden.

Die Bedienung des Frameworks in Unity wird durch verschiedene Maßnahmen für den Anwender erleichtert. Zum einen kann eine Übersetzung der zum Framework gehörenden Benutzeroberflächen erfolgen. Zum anderen werden grundlegende Funktionen, die auch anderweitig über den Unity-Editor umsetzbar wären, einheitlich in einem Menü gebündelt. In Unity werden zusätzliche Funktionen eines Objektes durch Komponenten realisiert, die vom Nutzer mithilfe des Komponentennamens hinzugefügt werden müssen. Das Framework vereinfacht diesen Prozess für Standardfunktionalitäten durch das Auswählen einer Checkbox. Ebenso werden Komponenten, die an unterordnete Knotenpunkte gebunden sind, im Elternobjekt angezeigt, sodass das Traversieren der Hierarchie entfällt. Darüber hinaus wird die Einrichtung eines holografischen Projekts automatisch vorgenommen. Der Kompilier- und Deployprozess wurden zusammengefasst, sodass keine Notwendigkeit besteht, Visual Studio zu öffnen.

Frameworkbasiertes AR-Lernszenario in der Kfz-Ausbildung

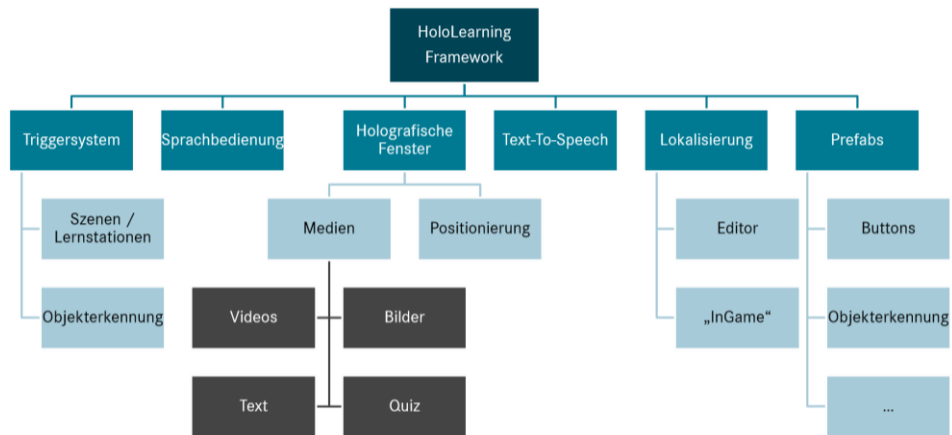


Abb. 7: Funktionsübersicht des *HoloLearningFramework*

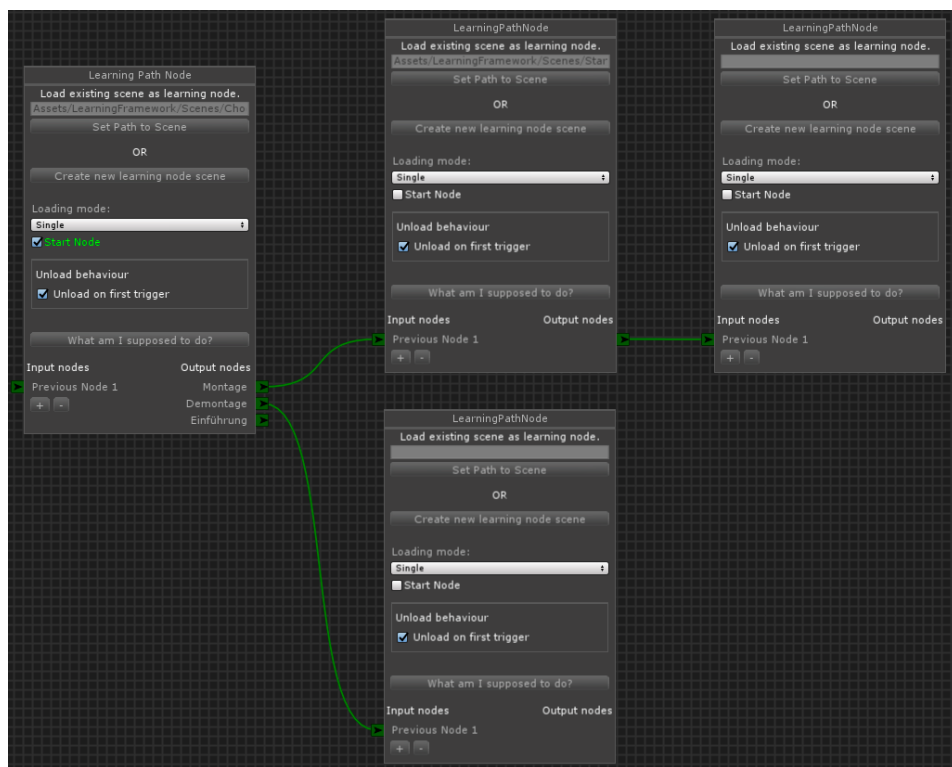


Abb. 8: Reihenfolge der Lernszenen mittels Drag & Drop bestimmen

Einen Schwerpunkt des Frameworks bilden holografisch im Raum schwebende Fenster. Sie können mit unterschiedlichen Inhalten befüllt werden (vgl. Abb. 7) und erlauben somit Zusatzinformationen anzuzeigen. Die Positionierung von User-Interface-Elementen, wie die der Fenster, kann durch eine mit vielfältigen Optionen versehene Komponente spezifiziert werden. So können voreingestellte, zum User ausgerichtete Positionen gewählt werden. Auch die Darstellung der Elemente hinter Hindernissen wie Wänden kann vermieden werden. Überdies ist es beispielsweise möglich Objekte wieder in das Sichtfeld des Nutzers zu animieren, sobald sie aus diesem austreten. Insofern einem Fenster ein Text-To-Speech-Modul hinzugefügt wird, kann der Text automatisch vorgelesen werden. Mithilfe der Lokalisierung können nicht nur zum Framework gehörende User-Interfaces des Unity-Editors übersetzt werden, sondern auch beispielsweise Fenster zur Laufzeit des Lernszenarios. Sogenannte Prefabs erlauben bereits fertiggestellte Objektkombinationen mit vorkonfigurierten Parametern in eine Szene zu setzen.

## 4 Diskussion

Das Framework vereinfacht einige grundlegende Arbeitsschritte, die für die Erstellung eines Lernszenarios erforderlich sind. Jedoch gehören zu einer holografischen Lernanwendung in den meisten Fällen die Darstellung dreidimensionaler Objekte und deren Interaktion zu den Grundfunktionen. Die Erstellung von spezifischen 3D-Modellen und deren Animation bleibt allerdings eine Kompetenz, die zwar vom Unity-Editor teilweise unterstützt wird, aber dennoch Kenntnisse voraussetzt, die von einem Domänenexperten nicht erwartet werden können. Abhilfe könnte eine Bibliothek von 3D-Objekten schaffen, die beispielsweise von einer Community gespeist wird.

Um den Umgang mit der Software zu erlernen, wird für die Ausbildungsmeister eine Schulung stattfinden, die aufgezeichnet auch bei späteren Fragen abrufbereit sein wird. Während der Nutzung steht zudem eine Hilfeseite bereit und eine durchgehende Verfügbarkeit von Tooltip-Hinweisen klärt mögliche Fragen im Speziellen. Nichtsdestotrotz bleibt fraglich beziehungsweise zu evaluieren, ob die Komplexität und die verwendeten, informatischen Konzepte in einem Grad heruntergebrochen wurden, der eine intuitive Bedienung für Laien erlaubt. Ein Beispiel für eine aus der Informatik entlehnte Vorgehensweise stellt das Triggersystem dar, das dem Observer-Pattern [GH15] nachempfunden ist und somit stets zumindest zwei Akteure, Sender und Empfänger, vorhanden sein müssen. Der Empfänger registriert hierbei sich beim Sender, um über das Eintreten bestimmter Ereignisse informiert zu werden. Überdies sind weiterführende, nicht zum Framework gehörende Unity-Funktionen nicht übersetzt und können aufgrund der Vielfältigkeit nicht in der Hilfe berücksichtigt werden. Eine Expertenevaluation zur Usability würde hier Aufschluss bieten und Entwicklungsaufwand zur weiteren Vereinfachung und Vereinheitlichung des Bedienkonzeptes rechtfertigen.

Hinsichtlich der verwendeten Technologie muss bedacht werden, dass es sich um einen Prototypen für Entwickler handelt. Wünschenswert für eine zuverlässige Nutzung der Objekterkennung wären beispielsweise eine erhöhte Genauigkeit zur Unterscheidung ähnlicher Bauteile oder der Erkennung von filigranen beziehungsweise kontrastarmen Objekten. Ebenso fehlt bislang eine Unterstützung von Gegenständen ab einer Größenordnung eines Stuhls.

## 5 Ausblick

Die dargelegten Grundfunktionalitäten bieten über die Umsetzung einer Schritt-für-Schritt Montage- beziehungsweise Demontageanleitung eines Getriebes hinaus das Fundament für die Realisierung zukünftiger Augmented-Reality-Lernszenarien. Für diese wäre eine denkbare Erweiterung das Teilen des holografischen Raumes mit weiteren Anwendern, um ein kollaborierendes Lernen zu ermöglichen. Hierunter könnten neben anderen Lernenden auch Lehrkräfte zählen, die bei Fragen hinzu geschaltet werden können und unter anderem mit Zeichnungen in den 3D-Raum des Nutzers helfen<sup>5</sup>.

Zu vorgestellten Funktionen zählen zum gegenwärtigen Stand die Erkennung von Objekten sowie die Einblendung von Zusatzinformationen zu realen Gegenständen, die einfache Einbindung von Texten, Videos und Bildern, eine Sprachausgabe und Sprachsteuerung, aber auch eine automatisch erstellte, anonyme Rückmeldung über den persönlichen Lernfortschritt. Auf Grundlage dieser Möglichkeiten sowie unter Verwendung der gewählten, aktuellen Hardware umfasst das vorrangige Ziel des Vorhabens, das Lernen mit Augmented-Reality zu evaluieren. Hierbei erfolgt ein Vergleich mit dem bisherigen Lehrverfahren anhand einer Kontrollgruppe. Zu klärende Fragen sind hierbei, ob das Hintergrundwissen und das Verständnis durch eine erhöhte Anschaulichkeit gesteigert werden können.

## Literaturverzeichnis

- [An09] Anastassova, M.; Burkhardt, J.-M.: Automotive technicians' training as a community-of-practice: Implications for the design of an augmented reality teaching aid. *Applied Ergonomics* 40/09, S. 713-721, 2009.
- [Be12] Besbes, B.; Collette, S. N.; Tamaazousti, Mohamed; Bourgeois, Steve; Gay-Bellile, Vincent: An interactive augmented reality system: a prototype for industrial maintenance training applications. In (IEEE): *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 269-270, 2012.
- [Bh98] Bhatia, N. S.: *Supply chain dynamics in the automotive industry*, 1998.

---

<sup>5</sup> Beispiel verfügbar unter: [www.microsoft.com/de-de/hololens/apps/skype](http://www.microsoft.com/de-de/hololens/apps/skype), abgerufen am: 13.06.2017

- [Br05] Braese, N.: The dynamics of supply chains in the automotive industry, Massachusetts Institute of Technology, 2005.
- [Ca12] Carmichael, G.; Bibble, R.; Mould, D.: Understanding the power of augmented reality for learning. In (AACE): Proceedings of E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2012. S. 1761-1771, 2012.
- [Co07] Cho, K.; Lee, J.; Soh, J.; Lee, J.; Yang, H. S.: A Realistic E-Learning System based on Mixed Reality. In: 13th International Conference on Virtual Systems and Multimedia. Brisbane, 57-64, 2007.
- [Fa09] Farkhatdinov, I.; Ryu, J.-H.: Development of educational system for automotive engineering based on augmented reality. In: International Conference on Engineering Education and Research. 2009.
- [GH15] Gamma, E.; Helm, R.; Johnson, R.; Vlissides, J.: Design Patterns. Entwurfsmuster als Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software, 1. Auflage, mitp-Verlag, Frechen, 2015.
- [He15] Hermawati, S.; Lawson, G.; D'Cruz, M.; Arlt, F.; Apold, J.; Andersson, L.; Lövgren, M. G.; Malmskold, L.: Understanding the complex needs of automotive training at final assembly lines. Applied Ergonomics 46/2015, S. 144-157, 2015.
- [Ke12] Kerres, M.: Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote, 3. Auflage, Oldenbourg Verlag, München, 2012.