

Individualisiertes Gruppentraining mit Datenbrillen für die Produktion

Sarah Brauns¹ Tobias Käfer² Dirk Koriath³ Andreas Harth⁴

Abstract: In großen Unternehmen sowie im Mittelstand wird heutzutage versucht, komplexe interne Prozesse durch Unterstützung von Informationstechnologien zu vereinfachen. Ein Beispiel dafür ist das Training der Mitarbeiter, die direkt in den Produktionsprozess eingebunden sind, da die Vermittlung von Arbeitsinhalten an diese Mitarbeiter aufgrund vielfältiger Produktvarianten immer schwieriger wird. Im vorliegenden Beitrag beschreiben wir ein System für das Training von Montageumfängen mithilfe von virtuellen Techniken, genauer Datenbrillen. Der Einsatz von Datenbrillen ermöglicht es, den am Training teilnehmenden Mitarbeitern benötigte Informationen direkt in ihr Blickfeld einzublenden. Im Gegensatz zu bestehenden Arbeiten erlaubt unser System die Durchführung des Trainings mit mehreren Trainern und Trainingsteilnehmern. Trainer können mittels Tablet den Fortschritt der einzelnen Trainingsteilnehmer verfolgen und flexibel auf die Trainierenden reagieren, z.B. indem Trainer Inhalte unmittelbar anpassen. Des Weiteren sind die Trainingsinhalte so gestaltet, dass die Teilnehmer zwischen verschiedenen Schwierigkeitsgraden wählen können. Wir beschreiben die verteilte Systemarchitektur des aktuellen Demonstrators, wobei auf Komponenten mittels Web-Protokollen zugegriffen wird und Daten mittels Semantic-Web-Technologien ausgezeichnet werden. Außerdem stellen wir die Ergebnisse der Evaluierung einer frühen Version des Demonstrators in Grundzügen vor, bei der die Tauglichkeit des Trainingskonzepts sowie die Beanspruchung der Probanden getestet wurde.

1 Einleitung

Durch die zunehmende Einsicht in die Vorteile der Digitalisierung versuchen Unternehmen, neue Medien in bestehende Prozesse zu integrieren oder mithilfe moderner Technologien neue, effiziente Prozessformen zu schaffen [HK14]. In diesem Bereich stellt gerade der Trainingsprozess eine Herausforderung in produzierenden Unternehmen dar. Es ist schwierig, auf die individuellen Bedürfnisse abgestimmte Gruppentrainings von Prozessen durchzuführen, wenn Mitarbeiter mit verschiedensten Kenntnisständen in einem starren Trainingskonzept die gleichen Prozessschritte erlernen sollen. Zugleich ist gewünscht, die Trainings möglichst realitätsnah und ansprechend für die Teilnehmer zu gestalten, um den Transfer in die tägliche Arbeit zu erleichtern und die Teilnehmermotivation zu erhöhen. In traditionellen Trainingskonzepten ist die Realitätsnähe eine Herausforderung, da Mitarbeiter ständig zwischen der Arbeitsaufgabe und der Lektüre der Trainingsinhalte wechseln müssen. Im vorliegenden Beitrag untersuchen wir, ob sich mittels virtueller Techniken diese Schwachstellen – fehlende Individualisierung und Realitätsnähe – in der Mitarbeiterschulung verringern lassen.

¹ Volkswagen AG, Konzernforschung, Virtuelle Techniken, 38436 Wolfsburg, sarah.brauns@volkswagen.de

² Karlsruher Institut für Technologie, Institut AIFB, 76128 Karlsruhe, tobias.kaefer@kit.edu

³ Volkswagen AG, Konzernforschung, Virtuelle Techniken, 38436 Wolfsburg, dirk.koriath@volkswagen.de

⁴ Karlsruher Institut für Technologie, Institut AIFB, 76128 Karlsruhe, harth@kit.edu

Für in Großserie produzierende Unternehmen ist der Trainingsprozess von wesentlicher Bedeutung. Bei der Volkswagen AG erarbeitet sich jeder Produktionsmitarbeiter im Bereich Montage und Kommissionierung seine Fertigkeiten im Grundlagentraining und vertieft sie später im sogenannten Profiraumtraining, in dem alle Prozesse direkt im montagenahen Umfeld trainiert werden. Diese Form des dynamischen Trainings soll die Mitarbeiter im Umgang mit Vorgaben zu Ergonomie, Gesundheit oder Sicherheit schulen. Die Lerninhalte decken dabei auch potentielle Qualitätsmängel ab, die sich auf Folgeprozesse auswirken. Inhalte im Hinblick auf Steigerung von Produktivität und Werksleistung werden ebenfalls vermittelt.

In der Vergangenheit gab es bereits Ansätze zur Integration von virtuellen Technologien in den Trainingsprozess (siehe Abschnitt 2). Diese Anwendungen setzten virtuelle Techniken und augmentierte Inhalte ein, z.B. in Form digitaler Reparaturleitfäden eines Fahrzeugs oder Schritt-für-Schritt-Ausbauanleitung für Servicemitarbeiter. Allerdings wurden die Ansätze entweder außerhalb der Produktion oder nur in Umgebungen mit hohem Immersionsgrad eingesetzt. Im Gegensatz dazu fokussiert sich unser Beitrag auf den Einsatz virtueller Techniken für das Training im Produktionsumfeld mit augmentierten Informationen direkt im Blickfeld des Montgearbeiters mittels Datenbrillen (Head-Mounted Displays – HMDs). Dadurch werden Schulungen unter Produktionsbedingungen ermöglicht. Die Mitarbeiter müssen nicht in einer komplett virtuellen Umgebung trainieren, sondern können im gewohnten Umfeld arbeiten, haben beide Hände für die Durchführung ihrer Aufgabe zur Verfügung, und können zusätzliche, augmentierte Informationen zur Unterstützung des Prozesses abrufen, während sie ihre Montageaufgaben durchführen. Somit können die Mitarbeiter alle notwendigen Prozesse vor Ort erlernen und in der realen Umgebung mit virtuellen Techniken trainieren.

Die Möglichkeit, virtuelle Techniken flächendeckend im Training einzusetzen wird aufgrund der weiterentwickelten Hardware und Software immer greifbarer. Produkte aus dem Bereich der Virtuellen Realität werden aktuell für den Massenmarkt reif gemacht. Im Vergleich zu frühen Versionen von Datenbrillen hat sich diese Technologie stark weiterentwickelt, z.B. hinsichtlich Auflösung, Bildwiederholrate und Mobilität. Die fallenden Preise für entsprechende Geräte erlauben ebenfalls einen breiteren Einsatz. Allerdings gab es bisher bei den Versuchen, das Training in der Produktion mit virtuellen Techniken zu unterstützen, oft technische Probleme, die bei dem Einsatz von Hardware zum Anzeigen virtueller Inhalte sowie Software zum Erstellen dieser Inhalte auftraten. Beispielsweise nutzen Datenbrillen eine Optical-See-Through-Kalibrierung zur korrekten Darstellung kontextsensitiver Inhalte. Nur mit einer plausiblen Kalibrierung können die augmentierten Geometrien an der richtigen Position relativ zum Betrachter dargestellt werden. Darüberhinaus soll die Darstellung nach Möglichkeit auch an die Augenposition des Nutzers angepasst werden, um optische Verzerrungen zu vermeiden [Hu10]. Um diese Kalibrierungen zu realisieren, werden aufwändige Prozesse benötigt, welche die Trainierenden zusätzlich durchführen müssen, um auf sie zugeschnittene und an ihr Blickfeld angepasste augmentierte Informationen angezeigt zu bekommen. Zudem werden in komplexeren Szenarien Systeme von verschiedenen Herstellern benötigt, die selbst aufwändig kalibriert werden müssen und zueinander meist inkompatibel sind, was die Integration in eine bestehende Softwarelandschaft erschwert.

Die Kernpunkte dieser Forschungsarbeit sind:

- Wir präsentieren ein Szenario, in dem Mitarbeiter mittels Datenbrillen hinsichtlich eines Produktionsablaufes sowie der Vermeidung bestehender Qualitätsfehler geschult werden, um Nacharbeit zu verhindern. Die Mitarbeiter können neue Inhalte auf audio-visuelle Art erlernen, indem sie zugleich die benötigten Informationen direkt im Blickfeld haben, während sie die Montagetätigkeit durchführen.
- Wir stellen eine im Rahmen des Verbundprojekts ARVIDA¹ entwickelte Architektur vor, welche die flexible Integration und Austauschbarkeit von Komponenten gewährleisten soll. Da in dem Trainingsszenario verschiedenste Hardware- und Softwarekomponenten flexibel kombiniert werden müssen, ist die Modellierung der zu übertragenden Daten sowie die Spezifikation der Schnittstellen notwendig. Die Architektur basiert auf Semantic-Web-Technologien, in der Daten mittels RDF (Resource Description Framework) und RDF Schema modelliert, und einzelne Komponenten über Web-Schnittstellen angesprochen werden.
- Wir evaluieren, welche Auswirkungen die Arbeit mit digitalen Medien und erweiterter bzw. virtueller Realität auf die Mitarbeiter hat, insbesondere im Hinblick auf Trainingszeit und Motivation.

Im weiteren Verlauf des Textes stellen wir verwandte Arbeiten in Abschnitt 2 vor, beschreiben das Szenario in Abschnitt 3 und die Architektur des Gesamtsystems in Abschnitt 4. Die Grundzüge der Evaluierung eines Demonstrators werden in Abschnitt 5 behandelt. Wir schließen mit Zusammenfassung und Ausblick in Abschnitt 6.

2 Verwandte Arbeiten

Im Folgenden stellen wir zunächst den Konzepten aus RAMI 4.0 (Referenzarchitektur für Industrie 4.0) die in der ARA (ARVIDA Referenzarchitektur) entwickelten Techniken und Methoden gegenüber. Danach stellen wir Ansätze vor, die virtuelle Technologien in den Trainingsprozess integrierten.

In RAMI 4.0² werden Ansätze für Datenrepräsentation und Architekturen entwickelt, die Unternehmen die Kommunikation und Anbindung von Systemen in Industrie-4.0-Umgebungen und den übergreifenden Informationsaustausch ermöglichen sollen. Dazu werden verschiedene Ebenen eines Unternehmens herangezogen, sodass Hierarchien, Lebenszyklen, Wertschöpfungsprozesse und Layer der Unternehmenssoftware abgebildet und mit Richtlinien für Datenmodellierung und Kommunikationsprotokolle belegt werden können. Dies geschieht vorrangig auf der Ebene von Industrie-4.0-Komponenten, deren Kommunikationsfähigkeit durch IT-Systeme oder Verwaltungsschalen (Wrappern) erreicht wird. Die dafür zu verwendenden Technologie-Standards werden aktuell noch diskutiert.

¹ Angewandte Referenzarchitektur für virtuelle Dienste und Anwendungen, <http://www.arvida.de/>

² http://www.zvei.org/Downloads/Automation/Industrie%204.0_Komponente_Download.pdf

Dahingegen sind die Technologie-Standards in ARVIDA bereits spezifiziert. Zwar beschränkt sich dieses Referenzarchitektur-Modell vorrangig auf die Umgebung virtueller Dienste und Anwendungen (z.B. Tracking, generisches Menschmodell), konkretisiert jedoch die Vorstellung einer allgemeinen, einheitlichen Schnittstelle, mithilfe deren Komponenten beliebig ausgetauscht werden und trotzdem problemlos in ein Gesamtsystem eingebunden werden können. Die entwickelte ARVIDA Referenzarchitektur soll schlussendlich grundlegend kompatibel zu den Konzepten einer Industrie-4.0-Architektur sein, sodass sich auch weitere Unternehmensbereiche damit erschließen und vernetzen lassen. Dabei basiert ARVIDA auf Diensten, die Systemkomponenten darstellen und mithilfe von REST-Schnittstellen und Vokabularen (modelliert in RDF, RDFS und OWL, der Web Ontology Language) in Architekturkonzepte von Industrie-4.0-Umgebungen eingebunden werden können. Somit ist die Architektur in ARVIDA zwar spezifischer, aber auch detaillierter und anschaulicher beschrieben, weshalb die ARA einfacher und unkomplizierter in den Unternehmen umgesetzt werden kann. Dieses wird bereits durch die generischen Anwendungsszenarien des Projektes gezeigt.

Dahingegen zielt RAMI 4.0 aktuell auf eine zwar weniger detailgetreue, aber allgemein gültige und abstrahierte Struktur, in die sich sämtliche Unternehmen und Komponenten eingliedern lassen. Im Rahmen von RAMI 4.0 wird angestrebt, die europäische Standardisierung und Normung für Unternehmensstrukturen von Industrie-4.0-Umgebungen voran zu treiben. Im Gegensatz dazu basiert die ARA auf etablierten globalen Standards des World Wide Web Konsortiums (W3C), die offen und kostenlos zugänglich sind.

Alles in allem können die beiden Referenzarchitekturmodelle nebeneinander existieren und gegebenenfalls ergänzend verwendet werden, da RAMI 4.0 eine allgemeine Struktur und Normung für Industrie-4.0-Umgebungen anstrebt, wohingegen die ARA spezifische Schnittstellen und konkrete Vokabulare für den Bereich virtueller Techniken entwickelt hat. Somit können Unternehmen allgemeine Konzepte aus RAMI 4.0 nutzen und sich gleichzeitig für virtuelle Dienste und Anwendungen der ARA bedienen. Die ARA ist jedoch potentiell auch für generelle Industrie-4.0-Umgebungen einsetzbar.

Die verwandten Arbeiten im Bereich Training mit virtuellen Techniken gliedern wir in zwei Teile: zum einen Arbeiten, welche Datenbrillen in der Schulung von Servicemitarbeitern einsetzen; zum anderen Arbeiten, die vollimmersive Systeme für die Produktion nutzen.

Im Verbundprojekt ARTESAS wurde ein Szenario für den Kühler austausch am Fahrzeug in einer Service-Werkstatt³ entwickelt. Hier hatten die Projektpartner BMW und DFKI mittels einer halbtransparenten Datenbrille sowie einem mobilen PC augmentierte Bauteile, Hilfsmittel sowie Reparaturschritte im Sichtfeld eines Servicetechnikers eingeblendet. In einem weiteren Anwendungsbeispiel haben die Partner Bosch und Re'flect zusammen mit Range Rover eine mobile Trainings-Applikation entwickelt, mithilfe derer Komponenten wie Kabelbäume und Sensoren hinter dem Armaturenbrett sichtbar gemacht werden konnten, um unnötigen Ausbau von Bauteilen zu vermeiden und so Kosten in den

³ http://www.dfki.de/cebit2006/mti/pdf/8.2_ARTESAS_AR_BMW.pdf

Servicewerkstätten zu verringern⁴. Mithilfe eines mobilen Computers konnte der Servicetechniker so einzelne Bauteile selektieren und diese von allen Seiten betrachten, um sich einen Überblick über deren Umgebung zu verschaffen. Mithilfe dieser Lösung konnte ein Training am realen Fahrzeug stattfinden.

Auch bei der Volkswagen AG wurde ein solcher Reparatur-Fall bereits betrachtet. Da das Modell XL1 nur in geringer Auflage gebaut wurde und zur seiner Reparatur mobile Servicemitarbeiter mit spezifischem Wissen, „Flying Doctors“, eingesetzt werden, entstand die App MARTA (Mobile Augmented Reality Technical Assistance)⁵. Diese App ist ebenfalls auf einem mobilen PC nutzbar und zeigt Reparaturfälle des XL1 an, sodass ein mit dieser Technologie ausgestatteter Mitarbeiter vor Ort das Fahrzeug mit Inhalten der erweiterten Realität überlagern kann und so angezeigt bekommt, welche Schritte er für den jeweiligen Reparaturfall durchzuführen hat und welche Werkzeuge dazu benötigt werden. Dabei erfolgt die Initialisierung des Trackings mithilfe der Fahrzeugsilhouette.

Für das direkte Montagetraining gibt es ebenfalls erste Versuche, diesen Prozess mit virtuellen Techniken zu unterstützen. Das Interaktionskonzept von Circulis und Brigmanis [CB11] ist ein Ansatz, mit dem Teilnehmer die Möglichkeit bekommen sollen, individualisiert mit einer Umgebung aus 3D-Objekten zu interagieren. Mittels Datenschandschuh und Kopftracking-Sensor kann die Position des Teilnehmers bestimmt werden. Für die Kommunikation zwischen Ein- und Ausgabegerät haben die Autoren versucht, ein Modell darzustellen, das Hintergrundprozesse beschreibt und den Datenaustausch zwischen den Systemen skizziert. Daten wurden für die Applikation aufbereitet und nach vorgegebenen Prinzipien und Regeln analysiert, wodurch aufgrund von Einstellungen und Ergebnissen definierte Operationen in der virtuellen Welt ausgelöst werden.

Zur Unterstützung der Produktionsplanung wurden durch Schenk u.a. [SSK05] voll interaktive, immersive 3D-Visualisierungen von Montagelinien und Fabriken entwickelt, die die Arbeit des Fabrikplaners und des Montagearbeiters unterstützen sollen. Letzterer hat die Möglichkeit, in einer virtuellen Umgebung die Prozesse zu trainieren und sich somit vorab für seine Aufgabe zu qualifizieren. In der Simulation ist es möglich, intuitiv mit der Umgebung zu interagieren und diese zu beeinflussen. Auch ein digitales Fabrikmodell steht zum Training zur Verfügung, in dem Trainingsteilnehmer die Aufgaben jedes Arbeiters übernehmen können. Dieses Simulationskonzept ist vollständig virtuell gestaltet.

Auch Haase und Termath [HT15] haben ein On-the-Job-Trainingskonzept entwickelt, mit dessen Hilfe ein Servicemitarbeiter Aufgaben im Rahmen einer 3D-Applikation mit didaktischem Konzept bearbeiten kann. Die Trainingsinhalte sind hier mit realen Arbeitsprozessen verknüpft, sodass der Prozess möglichst real durchgeführt werden kann. Der Trainingsteilnehmer darf unabhängig handeln und hat am Ende des Prozesses die Gelegenheit, in einem integrierten Selbstkontroll-Test sein Ergebnis zu evaluieren. Das Training findet dabei in einer vollimmersiven, virtuellen Umgebung statt, die gleichzeitig die Motivation des Trainingsteilnehmers durch den Einsatz neuer Medien erhöhen soll. Die Funktion des Trainers besteht darin, Aufgaben zu kreieren und zu validieren. Dieses System kann fle-

⁴ <https://www.re-flekt.com/archive/de/automotive-ar/165-range-rover-dashboard-de>

⁵ http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/content/de/innovation/Virtual_technologies/MARTA___innovative_service_support_tool_for_the_Volkswagen_XL1.html

xibel in verschiedenen Arbeitsumgebungen eingesetzt werden und dient somit ebenfalls zum Erlernen von Montage-, Kommissionierungs- sowie Instandhaltungsprozessen.

Im Gegensatz zu den bestehenden Arbeiten beschreiben wir ein verteiltes System zur Schulung von Mitarbeitern mit augmentierten Inhalten in der Montage, in dem verschiedene Nutzer den Lernvorgang miteinander gestalten und durchführen können.

3 Szenario

Im Trainingsszenario unterscheiden wir zwei Rollen: zum einen Trainer, die Lerninhalte formulieren, zu Lektionen zusammenstellen und mit Lernmaterialien versehen sowie die Lerninhalte in Trainingssitzungen vermitteln; zum anderen die Trainingsteilnehmer (Mitarbeiter), die an in Sitzungen unterteilten Schulungen teilnehmen, um bestehende Kenntnisse zu vertiefen bzw. weitere Fertigkeiten zu erlernen.

Ein Trainer bekommt in einer Sitzung die Lerninhalte auf einem Tablet angezeigt. Mithilfe des Tablets kann er das Training steuern und ggf. Inhalte hinzufügen, um die Trainingsteilnehmer in der aktuellen Sitzung gemäß ihres aktuellen Wissensstandes bedarfsgerecht zu unterstützen. Die Trainingsteilnehmer tragen eine Datenbrille, die über eine Drahtlosverbindung an den Rest des Systems angebunden ist. So können den Trainigsteilnehmern dieselben Inhalte dargestellt werden, die dem Trainer auf dem Tablet vorliegen. Im Szenario führen Trainingsteilnehmer Arbeitsschritte aus, während der Trainer die Sitzung begleitet und gegebenenfalls um zusätzliche Informationen ergänzt. Sowohl Trainer als auch Trainingsteilnehmer sind berechtigt, in den Inhalten einer Sitzung vor- und zurückzuspringen.

Im Rahmen von ARVIDA wird das virtuelle Training in mehreren Stufen entwickelt: in Stufe 1 besteht die Darstellung in der Datenbrille aus Bildern und Text; in Stufe 2 werden statt der Bilder 3D-Geometrien dargestellt; in Stufe 3 werden zusätzlich 3D-Geometrien durch Aufprojektion dargestellt. Das System wird stufenweise erweitert, da das Erstellen von Trainingsinhalten aufwändig ist [PPS13] und diese erst in Form von Bildern, Video oder 3D-Modellen integriert und bearbeitet werden müssen. Eine Trainingslektion liegt dabei in drei verschiedenen Schwierigkeitsgraden (leicht, mittelschwer, schwer) vor mit unterschiedlich detaillierten Inhalten und Prozessinformationen. Während einer Trainingssitzung kann zwischen den Schwierigkeitsgraden umgeschaltet werden, um bei Bedarf mehr oder weniger Informationen zur Verfügung zu haben. Dies soll den Mitarbeitern ein stufenweises Erlernen der Trainingsinhalte trotz unterschiedlicher Kenntnisse und Erfahrungen ermöglichen.

Die Stufe 1 des Trainings mit Datenbrillen besteht aus Bildern und Text, die dem Trainingsteilnehmer auf der Datenbrille angezeigt werden und somit die einzelnen Arbeitsschritte visualisieren (Abb. 1). Die Darstellung der Arbeitsschritte erfolgt mittels App auf einer EPSON Moverio BT-200 Datenbrille. Der Trainingsteilnehmer hat dabei die Transferteistung zwischen statischem Bild und realem Objekt durchzuführen.

Die Trainingsapplikation für Datenbrillen im Trainingseinsatz wurde über das Verbundprojekt ARVIDA hinaus hinreichend produktisiert, sodass Stufe 1 bereits im Profiraum-



Abb. 1: Training mit einem Trainer (Tablet) und einem Teilnehmer (Datenbrille) mit Bildern und Text zur Beschreibung der Arbeitsschritte (Stufe 1).

Training verwendet wird. Im Zuge dessen wurde für die Trainingserstellung die App um ein „Train-the-Trainer“-Modul erweitert, die dem Trainer Inhalte im Bereich Methodik und Ziele sowie technische Tipps vermittelt. Mithilfe dieser App ist der Trainer in der Lage, sein Training selbst aufzubauen und die Daten in einer Datenbank zu hinterlegen, von der aus auch andere Trainer auf die Inhalte zugreifen können. Dabei verdeutlicht die Train-the-Trainer-Anwendung dem Trainer, wie er für sein Training eine Story schaffen und damit auch die Teilnehmer anspornen kann, um den Ehrgeiz während des Trainings zu wecken. Diese Form des interaktiven Lernens motiviert die Mitarbeiter sowie die Trainer und erhöht den Spaßfaktor bei der Trainingsdurchführung [PDS03].

Die Vorteile dieser Trainingsform bestehen in der Flexibilität und Individualität, die die verschiedenen Schwierigkeitsgrade und Anpassungen während der Trainingssitzung sowohl dem Trainer als auch dem Trainingsteilnehmer bieten. Während einer Sitzung kann der Trainer auf seinem Tablet Notizen anfertigen, die für die Reflektion zur Verfügung stehen sollen. Im Anschluss an die Sitzung ist die Möglichkeit zur Reflektion gegeben und die Trainer bekommen auf ihr Tablet die Dauer der einzelnen Arbeitsschritte sowie die Gesamtzeit des Trainings angezeigt. Dadurch können die Sitzungsteilnehmer gemeinsam Verbesserungspotential erkennen und ggf. gezielt Trainingsinhalte festlegen. Die Daten werden dabei lediglich für die Rückmeldung direkt nach der Sitzung temporär gespeichert.

In Stufe 2 wird das Training um augmentierte Inhalte in Form von Hilfsgeometrien ergänzt. Diese Geometrien lassen sich in die Datenbrillen-App laden und können im Training durch ein Trackingverfahren positionsgenau am Objekt angezeigt werden. Dies sind z.B. virtuelle Pfeile, die im Display an das Trainingsobjekt angefügt werden und Verschraubungsorte anzeigen (Abb. 2). Dadurch verringert sich die Transferleistung des Mitarbeiters erheblich.

Bereits in dieser Ausbaustufe des Trainings kann ein Trainer mittels der entwickelten Applikation mehrere Mitarbeiter betreuen. Diese können sich auch in unterschiedlichen Arbeitsschritten befinden, wenn sie das Training über die Datenbrille eigenständig steuern.



Abb. 2: Training mit einem Trainer (Tablet) und einem Teilnehmer (Datenbrille) mit zusätzlichen 3D Geometrien zur Beschreibung der Arbeitsschritte (Stufe 2).

Zeitgleich können sich weitere Trainer in der Sitzung befinden, die sich mit ihren jeweiligen Teilnehmern über die mobilen Endgeräte koppeln. In Stufe 2 sind ebenfalls drei verschiedene Schwierigkeitsgrade in der Trainings-Datenbank hinterlegt, mithilfe derer das Training individualisiert gestaltet werden kann.



Abb. 3: Training mit einem Trainer (Tablet) und einem Teilnehmer (Datenbrille) mit AR-Inhalten und zusätzlichen 3D-Geometrien zur Beschreibung der Arbeitsschritte plus Aufprojektion (Stufe 3).

In Stufe 3, die sich derzeit in Entwicklung befindet, sollen zusätzlich Geometrien mithilfe eines Projektors angezeigt werden, die das Training mit Datenbrillen ergänzen (Abb. 3). Mit dieser Erweiterung soll in zukünftigen Arbeiten geklärt werden, inwieweit eine Aufprojektion den bestehenden Trainingsprozess weiter unterstützt.

Die Evaluation im vorliegenden Beitrag behandelt Stufe 1. Die Anbindung der Systeme untereinander in Stufe 2 und 3 erfolgt hierbei mithilfe der im Folgenden beschriebenen Architektur.

4 Architektur

Da an einer Trainingssitzung mehrere Mitarbeiter sowie mehrere Trainer teilnehmen können (n Trainer, m Teilnehmer), wird eine Architektur benötigt, mit der die verschiedenen Applikationen flexibel Daten austauschen können. Des Weiteren wird in Stufe 3 ein Projektor angebunden, der ebenfalls in das Gesamtsystem integriert werden muss. In diesem Abschnitt beschreiben wir die Systemarchitektur für Stufe 2 und 3 als Grundlage für die Integration der einzelnen Komponenten zu einem Gesamtsystem.

Es gibt folgende Anwendungen für Endnutzer:

- Autorenwerkzeug zur Definition der Lerninhalte
- Trainer-Anwendung (mit Train-the-Trainer-Modul) zur eigenständigen Erstellung und Durchführung von Trainingssitzungen
- Trainingsteilnehmer-Anwendung zur individuellen Darstellung der Lerninhalte

Die Anwendungen sind als Apps implementiert, die im Falle der Trainer auf Tablet-Geräten (Android oder Windows) und im Falle der Trainingsteilnehmer auf Datenbrillen ausgeführt werden.

Alle Anwendungen kommunizieren über einen Server („Workflow-Server“), der Trainingssitzungen und Lerninhalte verwaltet und den Anwendungen bereitstellt. Die Kommunikation zwischen den Anwendungen und dem Server findet mittels HTTP⁶ statt. HTTP folgt dem Architekturstil REST (Representational State Transfer) für verteilte Anwendungen. REST propagiert eine lose Kopplung der Komponenten der verteilten Anwendung, indem es zustandslose Kommunikation mit einer beschränkten Menge von Operationen empfiehlt. In HTTP beinhalten diese Operationen GET, PUT, POST und DELETE, welche den grundlegenden Operationen Create, Read, Update und Delete (CRUD) entsprechen. Die Operationen in HTTP sind für Web-Ressourcen definiert, welche beliebige Dinge im System repräsentieren können.

Wir halten daher die Daten auf dem Server in der Form von Web-Ressourcen vor: Für die verschiedenen Anwendungen sind die Daten einerseits Lerninhalte sowie andererseits Beschreibungen von für das Lernszenario relevante Entitäten (z.B. Trainer, Trainingsteilnehmer, Trainingssitzungen, Lektionen). Die Lerninhalte (Bilder, Videos, 3D-Geometrien) sind dabei in binären Formaten gespeichert, die Beschreibungen werden in RDF⁷ ausgezeichnet. Die in RDF zu beschreibenden Web-Ressourcen sind daher Linked-Data⁸-Ressourcen. Um sich aktuell zu halten, rufen die Anwendungen in der vorliegenden Architektur stetig den aktuellen Zustand der relevanten Ressourcen ab (sogenanntes Polling). Um die Menge der übertragenen Daten zu verringern, verwenden wir die HTTP-Header Etag und If-Not-Match.

⁶ <http://tools.ietf.org/rfc/rfc7231>

⁷ <http://www.w3.org/TR/rdf11-concepts/>

⁸ <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>

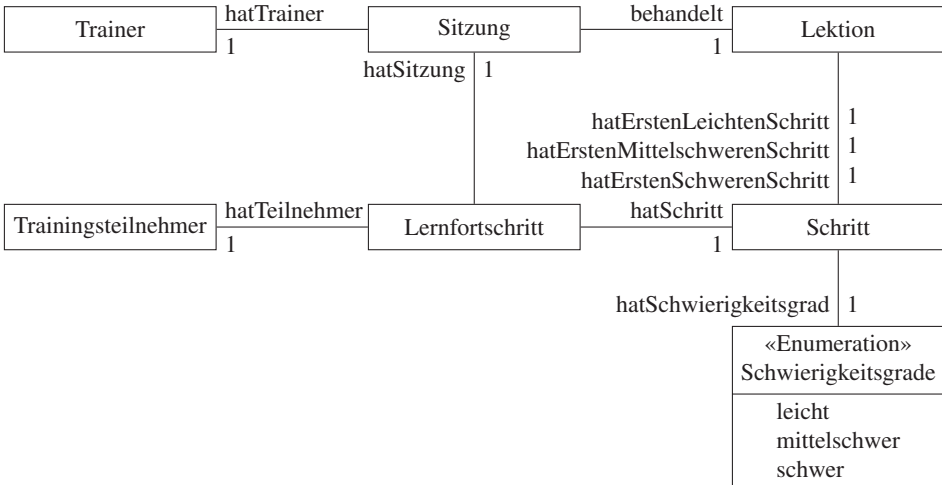


Abb. 4: UML-Klassendiagramm für die zwischen den Anwendungen ausgetauschten Daten.

Im Folgenden beschreiben wir zuerst die Modellierung der Daten für unser Szenario und danach die Interaktion zwischen den Apps und dem Server. Wir modellieren die Beziehungen mithilfe von RDFS⁹ (siehe UML-Klassendiagramm in Abb. 4). Wenn Trainer und Trainingsteilnehmer zu einer Sitzung zusammenkommen wird eine Lektion gelernt. In den Lektionen werden Arbeitsabläufe gelehrt, daher unterteilen wir eine Lektion in mehrere Schritte. In jeder Lektion wird der behandelte Arbeitsablauf auf drei Schwierigkeitsgraden beschrieben. Dabei werden z.B. in höheren Schwierigkeitsgraden weniger detaillierte Beschreibungen gegeben. Die Schritte in den Arbeitsabläufen auf den drei Schwierigkeitsgraden einer Lektion sind untereinander vernetzt, um während einer Trainingssitzung den Grad des Informationsgehaltes anpassen zu können. Um den Trainingsteilnehmer eine individuelle Lerngeschwindigkeit zu ermöglichen, repräsentieren wir den Lernfortschritt jedes Trainingsteilnehmers in einer Web-Ressource, die einer Sitzung zugeordnet ist.

Daten gemäß diesem Klassendiagramm werden zwischen den Anwendungen und dem Server ausgetauscht. In weiteren Abbildungen beschreiben wir die Kommunikation der Anwendungen am Beispiel einer Lektion, die erstellt und anschließend gelehrt wird.

- Der Autor definiert eine Lektion. Er legt die binären Lerninhalte auf den Workflow-Server (erster Request in Abb. 5). Er legt einen Schritt an und fügt dem Schritt einer Lektion zu (folgende Requests in Abb. 5 nutzen RDF zur Beschreibung der Daten).
- Der Trainer erstellt eine Ressource für eine Sitzung auf dem Workflow-Server und fügt der Sitzung Links zur Ressourcen für den individuellen Lernfortschritt von Trainingsteilnehmer 4 hinzu (Abb. 6).

⁹ <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>

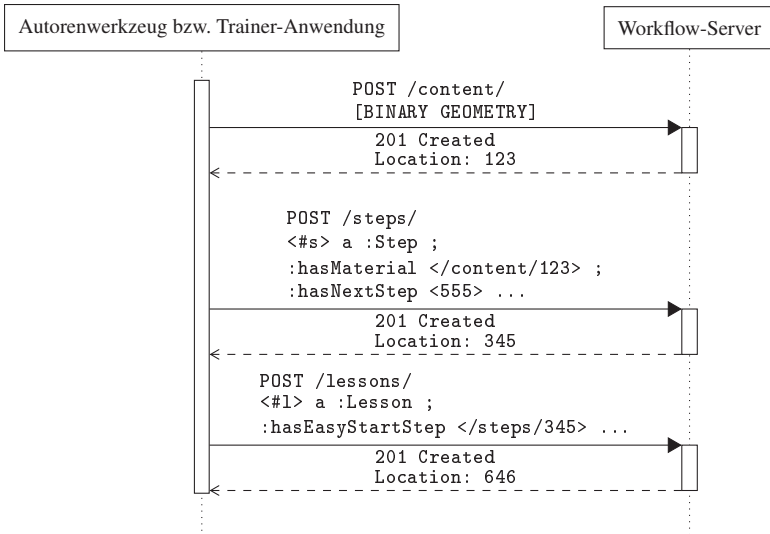


Abb. 5: Erstellung einer Lektion durch den Trainer.

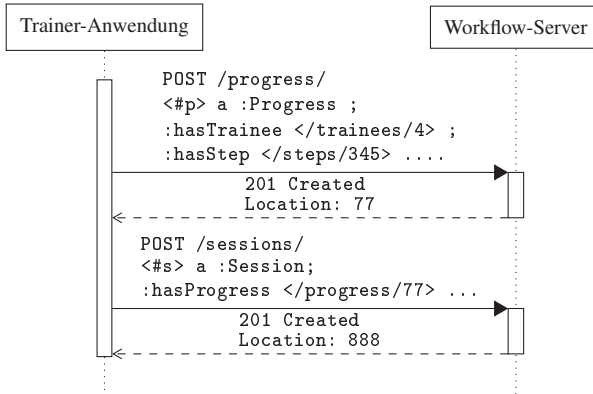


Abb. 6: Erstellung einer Sitzung (/sessions/888) und Hinzufügen des Trainingsteilnehmers 4.

- Die Trainingsteilnehmer stellen ihre Anwendungen auf die ihnen zugeordnete Lernfortschritts-Ressource ein. Die Anwendung fordert vom Workflow-Server die Lerninhalte des aktuellen Schritts an (Abb. 7).
- Der Trainer schaltet den Lernfortschritt für den Trainingsteilnehmer weiter und die Trainingsteilnehmer-App registriert die Änderung (Abb. 7).

5 Evaluierung eines Demonstrators

Die Stufe 1 des Trainings mit statischen Bildern wurde bereits im Volkswagen-Konzern evaluiert, um die Tauglichkeit des Trainingskonzeptes sowie die Beanspruchung der Pro-

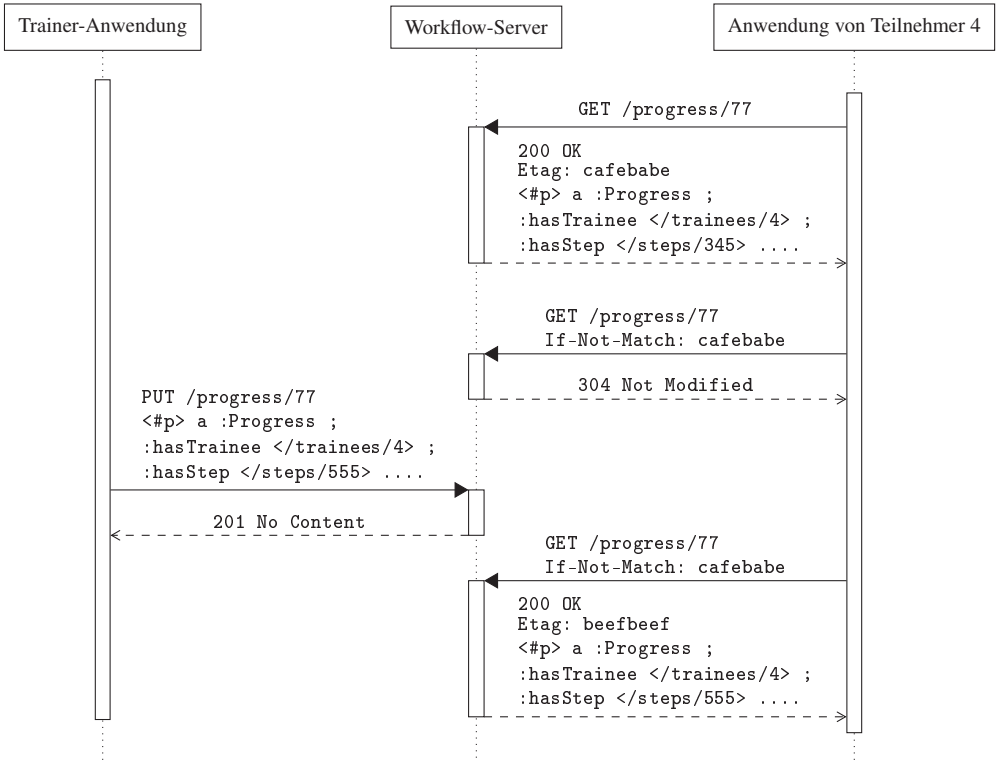


Abb. 7: Die Anwendung von Trainingsteilnehmer 4 pollt den Zustand des Lernfortschritts und die Inhalte. Der Trainer schaltet den Lernfortschritt des Teilnehmers weiter.

banden zu testen. Dabei lag der Fokus auf den Bereichen Müdigkeit und Wachheit, um Aussagen über die medizinische Beanspruchung treffen zu können. Alle internen Genehmigungen wurden erteilt, sodass das Szenario „Verbau des Kabelstranges am Fahrzeug-Leiterrahmen“ mit mehreren Probanden getestet und bewertet werden konnte.

Die Evaluierung wurde über zwei Monate mit 76 Fertigungsmitarbeitern im Zweischichtbetrieb mit einer jeweiligen Trainingsdauer von zwei Stunden betrieben. Es wurden die Art der Instruktion (mit oder ohne Datenbrille), die Anzahl der Hilfestellungen durch den Trainer und die Technikaffinität bewertet sowie Daten zu Befinden, Beanspruchung und Reaktionszeiten erhoben. Die Durchführung erfolgte ohne die Nutzung verschiedener Schwierigkeitsgrade. Dabei wurde ersichtlich, dass sich jüngere Mitarbeiter generell kompetenter im Umgang mit Informationstechnik fühlen als ältere Probanden. Gleichsam konnte bei allen eine Trainingszeit mit Datenbrillen nachgewiesen werden, die nicht länger dauerte als ein Training ohne Datenbrille. Das Feedback der Probanden war ebenfalls zustimmend, da die Darstellung der Inhalte auf der Datenbrille durchgehend als positiv empfunden wurde. Insbesondere der Vorteil der Informationen im Blickfeld sowie die Eigenschaft, dass beide Hände für die Durchführung der Aufgabe zur Verfügung stehen, wurden als positiv wahrgenommen. Zudem wurde auch der Erfolg des Autorenwerkzeugs nachgewiesen, da

die Trainer nach kurzer Einarbeitung selbst in der Lage waren, Trainingsinhalte zu erstellen. Der Aufwand ist im Vergleich zum bisher üblichen Prozess geringer, da die Erstellung interaktiv und dynamisch möglich ist.

Insgesamt wird das Training mit Unterstützung virtueller Techniken als hoher Motivationsfaktor für die Mitarbeiter sowie die Trainer und somit als sinnvolle, lohnende Bereicherung des Prozesses wahrgenommen, in dem durch die Weiterentwicklung von Hardware und Software noch weiteres Potenzial ausgeschöpft werden kann. Daher soll eine weitere Evaluierung der zweiten Ausbaustufe erfolgen, in der auch die zugrundeliegende Architektur bewertet werden soll.

6 Zusammenfassung und Fazit

Der vorliegende Beitrag stellt ein System zu Schulung von Mitarbeitern mittels virtueller Techniken vor. Mehrere Trainingsteilnehmer können interaktiv und mit verschiedenen Schwierigkeitsgraden geschult werden. Der vorgestellte Demonstrator ermöglicht zudem die Durchführung der Fortbildung durch mehrere Trainer. Wir haben die Systemarchitektur beschrieben sowie die Ergebnisse einer initialen Evaluierung des Trainings mittels Datenbrillen vorgestellt.

Durch die individuelle Trainingsgestaltung mit verschiedenen Schwierigkeitsgraden werden den Teilnehmern gleichzeitig nur diejenigen Inhalte dargestellt, welche für ihren Wissensstand passend sind. Somit kann das Training bedarfsgerecht durchgeführt werden, wodurch sich auch die Motivation und der Lernerfolg erhöhen sollen. Mit der Möglichkeit verschiedener Schwierigkeitsgraden in der Trainingsapplikation kann der Trainingsprozess individuell an den Lernstand des Teilnehmers angepasst und Informationen noch während des Trainings ergänzt werden, um optimale Lernbedingungen zu schaffen.

Für den Produktiveinsatz gibt es Hindernisse, sodass derzeit noch kein Serieneinsatz für ein Training mit Datenbrillen direkt in der Fertigung möglich ist. Zum einen ist noch nicht geklärt, inwieweit sich Tablets, Kameras oder Datenbrillen für den Einsatz in der Produktion eignen. Darüber hinaus fehlt die durchgängige Netzwerkanbindung mit WLAN. Zudem stellen die im produktiven Einsatz in der Montage verwendeten Betriebssysteme ein Hindernis dar und können nicht ohne weiteres eingebunden werden. Daher wurde das Trainingsszenario zunächst in einem Trainingszentrum aufgebaut, das dem Produktionsort nachempfunden war und nicht diesen technischen Beschränkungen unterliegt.

Nach Möglichkeit soll das Training an bestehende Produktionssysteme angebunden werden, um auf Daten und Inhalte einfach zugreifen zu können. Mittels der ARA könnten diese Daten ebenfalls in RDF ausgezeichnet sowie über HTTP zugänglich gemacht werden und so einfach integrierbar sein, vorausgesetzt die nicht-technischen, organisatorischen Herausforderungen hinsichtlich der innerbetrieblichen Sicherheit werden adressiert. Die Verfügbarkeit von Daten aus den Produktionssystemen kann den hohen Aufwand für die Erstellung virtueller Inhalte weiter reduzieren. Außerdem ist die derzeitige Performanz der Datenbrillen nicht ausreichend. Allerdings ist eine graduelle Anpassung und Eignung an

produzierende Systeme zu erwarten, da die Hardware- und Software-Hersteller den industriellen Bereich als potenziellen Kunden zunehmend in den Blick nehmen.

Danksagung

Die Arbeiten wurden vom BMBF im Rahmen des Projekts ARVIDA (Angewandte Referenzarchitektur für virtuelle Dienste und Anwendungen) gefördert (FKZ 01IM13001G).

Literatur

- [CB11] Cirulis, Arnis; Brigmanis, Kristaps; Brigis: Software Modules Development for Input Devices in VR/AR Learning Systems. In: Proc. Int. Conf. on Virtual and Augmented Reality in Education. S. 35 – 40, 2011.
- [HK14] Hirsch-Kreinsen, Hartmut: Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“. Soziologische Arbeitspapiere, 38, 2014. Fakultät 11, TU Dortmund.
- [HT15] Haase, Tina; Termath, Wilhelm: A Virtual Interactive Training Application for Supporting Service Technicians in the Field of High Voltage Equipment. *Procedia Computer Science*, 77:207 – 214, 2015.
- [Hu10] Huckauf, Anke; Urbina, Mario H.; Grubert, Jens; Böckelmann, Irina; Doil, Fabian; Schega, Lutz; Tümler, Johannes; Mecke, Rüdiger: Perceptual Issues in Optical-See-Through Displays. In: Proc. 7th Symp. on Applied Perception in Graphics and Visualization. S. 41–48, 2010.
- [PDS03] Pivec, M.; Dziabenko, O.; Schinnerl, I.: Aspects of game-based learning. In: Proc. I-KNOW. S. 216–225, 2003.
- [PPS13] Petersen, Nils; Pagani, Alain; Stricker, Didier: Real-time Modeling and Tracking Manual Workflows from First-Person Vision. In: Proc. Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality. S. 117–124, 2013.
- [SSK05] Schenk, Manfred; Straßburger, Steffen; Kißner, Heike: Combining Virtual Reality and Assembly Simulation for Production Planning and Worker Qualification. In: Proc. 1st Int. Conf. on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production. S. 411–414, 2005.