



Handbuch VR-Lackierwerkstatt



(Stand: Dezember 2021)

Autor*innen: Andrea Schmitz, Miriam Mulders, Matthias Weise

Das vorliegende Material wurde im Rahmen des Projekts „Handlungsorientiertes Lernen in der VR-Lackierwerkstatt“ von der Zentralstelle für die Weiterbildung im Handwerk, dem Learning Lab der Universität Duisburg-Essen sowie der Universität Potsdam erstellt. Das Projekt wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Förderprogramm: „Digitale Medien in der beruflichen Bildung“

Schwerpunkt: „Virtuelle und Erweiterte Realität (VR/AR) in der beruflichen Bildung“ (VRARBB)

© 2021 Universität Potsdam, Universität Duisburg-Essen, Zentralstelle für die Weiterbildung im Handwerk (ZWH), Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH

Jeder Person, die eine Kopie dieser Software und der zugehörigen Dokumentationsdateien (die „Software“) erhält, wird hiermit kostenlos die Erlaubnis erteilt, ohne Einschränkung mit der Software zu handeln - einschließlich ohne Einschränkung der Rechte zur Nutzung, zum Kopieren, Ändern, Zusammenführen, Veröffentlichen, Verteilen, Unterlizenziieren und/oder Verkaufen von Kopien der Software - und Personen, denen die Software zur Verfügung gestellt wird, dies unter den folgenden Bedingungen zu gestatten:

Der obige Urheberrechtshinweis und dieser Genehmigungshinweis müssen in allen Kopien oder wesentlichen Teilen der Software enthalten sein.

DIE SOFTWARE WIRD OHNE MÄNGELGEWÄHR UND OHNE JEGLICHE AUSDRÜCKLICHE ODER STILLSCHWEIGENDE GEWÄHRLEISTUNG EINSCHLIESSLICH DER, ABER NICHT BESCHRÄNKKT AUF DIE GEWÄHRLEISTUNG DER MARKTGÄNGIGKEIT, DER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK UND DER NICHTVERLETZUNG VON RECHTEN DRITTER ZUR VERFÜGUNG GESTELLT. DIE AUTOREN UND AUTORINNEN ODER URHEBERRECHTSINHABER*INNEN SIND IN KEINEM FALL HAFTBAR FÜR ANSPRÜCHE, SCHÄDEN ODER ANDERE VERPFLICHTUNGEN, OB IN EINER VERTRAGS- ODER HAFTUNGSKLAGE, EINER UNERLAUBTEN HANDLUNG ODER ANDERWEITIGEN ANGELEGENHEITEN, DIE SICH AUS ODER IN VERBINDUNG MIT DER SOFTWARE, DER NUTZUNG ODER ANDEREN GESCHÄFTEN MIT DER SOFTWARE ERGEBEN.

Einleitung

Die VR-Lackierwerkstatt ist im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Forschungsprojekts HandLeVR (**H**andlungsorientiertes **L**ernen in der **VR**-Lackierwerkstatt) entstanden. Das Projekt wurde im Zeitraum vom 01.01.2019 bis 31.12.2021 in einem Projektverbund realisiert.

Im Zentrum der VR-Lackierwerkstatt steht das Erlernen unterschiedlicher Lackiertechniken und -verfahren mittels Virtual Reality (VR). In der Anwendung ist eine virtuelle Lackerkabine abgebildet, die in regelmäßiger und intensiver Abstimmung mit Lehrkräften, Ausbildenden und Auszubildenden gestaltet wurde und sich möglichst authentisch an die Ausbildungsrealität anlehnt.

Die VR-Lackierwerkstatt besteht aus drei Modulen: der Vorbereitung einer Lernaufgabe mit dem Autorenwerkzeug, der VR-Trainingsanwendung und einer Reflexionsanwendung zur Nachbesprechung der Lernleistung.

Die Ergebnisse des Projekts sind mit einer Open-Source-Lizenz veröffentlicht und frei verwendbar. Informationen zur Weiterentwicklung der Software oder zu einem gewerkeübergreifenden Transfer befinden sich in GitHub (<https://github.com/HandLeVR>).

Förderkennzeichen: 01PV18002

Projekthomepage: www.handlevr.de



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Projektverbund:



Das vorliegende Dokument wurde im Rahmen des Projekts entwickelt und dient als Grundlage für den Einsatz der VR-Lackierwerkstatt im Ausbildungsgeschehen. Es richtet sich speziell an Lehrkräfte und Ausbildungsmeister*innen (im Folgenden allgemein „Lehrende“ genannt), damit sie ihren Unterricht mit der VR-Lackierwerkstatt vorbereiten und durchführen können. Insbesondere der erste Teil bietet Bildungsverantwortlichen, Entscheidenden und IT-Fachleuten einen Überblick über die Anforderungen an Hard- und Software sowie über die systemische Infrastruktur.

Themenbereich	Zielsetzung	Was wird vermittelt?
01 Einführung	Überblick über die Anforderungen und Lernprozesse der VR-Lackierwerkstatt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beschreibung des dreiteiligen Lernszenarios ▪ Übersicht über Lernziele, Schwerpunkte und Elemente der VR-Lackierwerkstatt ▪ Erste Übersicht über technische Komponenten
02 Anforderungen der VR-Lackierwerkstatt	Übersicht über die technischen Anforderungen und Installationsanweisungen für die VR-Lackierwerkstatt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beschreibung der verwendeten VR-Hardware inkl. der nachgebauten Lackerpistole ▪ Hinweise zur Systemimplementierung, speziell für die IT ▪ Anleitung zum Aufbau und zur Einrichtung der VR-Anwendung ▪ Übersicht über weitere Anforderungen und optionales Zubehör
03 Datenschutzthemen	Informationen rund um das Thema Datennutzung des Lernsystems als Grundlage zur Erstellung von Datenschutzhinweisen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Übersicht über verwendete personenbezogene Daten sowie deren Nutzung und Speicherung ▪ Übersicht über die Rechte und Rollen innerhalb der VR-Lackierwerkstatt
04 Praxisanleitung vor dem ersten Einsatz der VR-Lackierwerkstatt	Übersicht über die organisatorischen Aspekte und Hilfestellung für Lehrende zum Einsetzen der Lernanwendung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lernorganisation der VR-Lackierwerkstatt ▪ Vorschlag zu den Verhaltensregeln in der Gruppe ▪ Hinweise zu den Hygienemaßnahmen ▪ Informationen zur Heranführung und

		Befähigung der Auszubildenden
05 Didaktische Grundlage der VR-Lackierwerkstatt	Übersicht über die didaktischen Gestaltungsmöglichkeiten mit dem Autorenwerkzeug für Lehrende	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Übersicht über didaktisches Modell der VR-Lackierwerkstatt ▪ Tipps zur Gestaltung von Lernaufgaben ▪ Übersicht über verfügbare Interaktionselemente der Trainingsanwendung
06 Autorenwerkzeug	Erstellung und Verwaltung von Lernaufgaben sowie Zuweisung von Lernpfaden	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Übersicht über Funktionen und Bereiche des Autorenwerkzeugs ▪ Teilschritte der Aufgabenerstellung
07 Trainingsanwendung	Nutzung der VR-Anwendung und Aufnahme von Lackieraufträgen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nutzungsmodi der Trainingsanwendung ▪ Übersicht über Interaktionen und Navigation in der VR-Anwendung
08 Reflexionsanwendung	Kenntnisse zur Nutzung der Reflexionsanwendung und zum Verständnis der gesammelten Daten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Handhabung ▪ Übersicht über die und Erklärung der getrackten Daten

Tabelle 1: Überblick Dokumentenstruktur

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
Teil 1: Grundlagen	8
1 Einführung	8
2 Anforderungen der VR-Lackierwerkstatt	11
2.1 VR-Hardware.....	11
2.2 Nachbau Lackierpistole.....	12
2.3 Einrichtung des Servers	13
2.4 Aufbau und Einrichtung der VR-Anwendung.....	16
2.5 Konfigurationen der VR-Lackierwerkstatt	17
2.6 Weitere Anforderungen und optionales Zubehör.....	19
3 Datenschutzrechtliche Aspekte	21
3.1 Rollen in der VR-Lackierwerkstatt	23
4 Praxisanleitung vor dem ersten Einsatz der VR-Lackierwerkstatt	24
4.1 Zielgruppenanalyse.....	25
4.2 Lernorganisation der VR-Anwendung.....	25
4.3 Lernszenarien	27
4.4 Verhaltensregeln in der Gruppe	29
4.5 Hygienehinweise.....	30
4.6 Beeinträchtigungen und Motion Sickness.....	31
4.7 Heranführung und Befähigung der Auszubildenden.....	32
5 Didaktische Grundlage der VR-Lackierwerkstatt	34
5.1 Tipps zur Gestaltung von Lernaufgaben.....	35
5.2 Elemente der VR-Lackierwerkstatt.....	37
Teil 2: Anwendungen der VR-Lackierwerkstatt.....	42
6 Autorenwerkzeug	43
6.1 Lernaufgaben	46
6.2 Beschreibung der einzelnen Teilschritte einer Lernaufgabe	51

6.3	Beschreibung der unterstützenden Informationen	60
6.4	Aufgabensammlung.....	62
6.5	Nutzer/innen.....	63
6.6	Gruppen.....	65
6.7	Lacke	67
6.8	Medien	71
6.9	Aufnahmen	74
7	Trainingsanwendung	76
7.1	Übersicht virtuelle Lackierkabine.....	77
7.2	Lackierpistole als Eingabegerät.....	78
7.3	Fortbewegung in der Trainingsanwendung.....	79
7.4	Interaktionen in der VR-Lackierwerkstatt	79
8	Reflexionsanwendung.....	84

Teil 1: Grundlagen

1 Einführung

Die vorliegende Lernanwendung zielt darauf, authentische Übungsaufgaben für den Bereich des Fahrzeuglackierens zu entwickeln, um handlungsorientiertes Lernen in der Berufsausbildung zu ermöglichen. Die VR-Lackierwerkstatt soll eine geeignete Vielfalt an Lernaufgaben umfassen, die sich anhand einer definierten Anzahl von Parametern (z. B. Art des Werkstücks) sowie hinsichtlich der Komplexität voneinander unterscheiden. Sie soll den Auszubildenden zum übergeordneten Ziel der beruflichen Handlungskompetenz verhelfen und den integrativen Kompetenzerwerb erleichtern. Gemäß dem von der Kultusministerkonferenz festgesetzten Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf zum/zur Fahrzeuglackierer/in soll die Ausbildung zu „selbstständigem Planen, Durchführen und Beurteilen von Arbeitsaufgaben“ (KMK, 2003, S. 5) befähigen.

In eben dieser Ausbildung ist der Erwerb beruflicher Handlungskompetenz jedoch durch diverse Faktoren gehemmt. Trainingsmöglichkeiten werden durch wirtschaftliche (z. B. Kosten für Lacke und Werkstücke), gesundheitliche (z. B. Reizung der Atemwege), ökologische (z. B. umweltschädliche Materialien) und soziale Faktoren (z. B. begrenzte Zeit des Lehrpersonals) behindert. Ebenso ist die Rückkopplung zwischen Prozess und Ergebnis aufgrund langer Trocknungszeiten erschwert. Auch die Messung von Bewertungsparametern (z. B. Schichtdicke) ist nicht selbstständig und unmittelbar möglich. Darüber hinaus erschwert die räumliche Enge der Lackerkabinen Rückmeldungen der Lehrenden und das Lernen in Sozial- und Gruppenformen. VR bietet eine Lösung, die letztere Einschränkungen überwindet und den integrativen Kompetenzerwerb in diesem Tätigkeitsfeld unterstützt.



Abbildung 1: Übersicht über einschränkende Faktoren beim Erwerb der beruflichen Handlungskompetenz

Die VR-Lackierwerkstatt geht grundlegend von einem dreiteiligen Lernprozess aus. Zunächst werden eine oder mehrere Lernaufgaben für einen oder mehrere Auszubildende definiert. Im nächsten Schritt wird eben diese Lernaufgabe ausgeführt. Abschließend erfolgt eine gemeinsame Auswertung der Lernhandlung. Zur Abbildung dieses Lernprozesses besteht die VR-Lackierwerkstatt aus drei Komponenten:



Abbildung 2: Übersicht über die Module der VR-Lackierwerkstatt

Im Zentrum des Lernszenarios steht die **VR-Trainingsanwendung**, in der die Auszubildenden zugewiesene Lernszenarien in der virtuellen Realität bearbeiten.

Diese Lernaufgaben werden in einer simulierten Lackierkabine dargeboten und beinhalten im Kern das Lackieren von Werkstücken. Diese sind als 3D-Modelle abgebildet und können mit der virtuellen Lackierpistole lackiert werden. Dabei erhalten die Auszubildenden ein erstes Feedback zu ihrer Lackierleistung anhand verschiedener Auswertungsparameter.



Abbildung 3: Screenshot aus der Trainingsanwendung

Um die Haptik bei dem Lackierauftrag zu verbessern, wird ein Nachbau einer realitätsnahen **Lackierpistole als Controller** verwendet:



Abbildung 3: Foto Lackierpistolen-Controller

Sie kann mithilfe eines 3D-Druckers und einfacher Verkabelungen eigenständig nachgebaut werden. Wie eine echte Lackierpistole verfügt der Nachbau über einen Abzugshebel und drei Drehknöpfe, deren Einstellungen Auswirkungen auf den Farbauftrag in der VR-Anwendung haben.

Neben der zentralen Lackierhandlung bietet die Trainingsanwendung ein breites Spektrum von Hilfestellungen vor, während und nach der Lackierhandlung sowie Wissensbausteine, die bei der Aufgabenbearbeitung unterstützen und notwendige Informationen rund um den Lackierprozess bieten. Das vorhandene Angebot an Lernaufgaben ist didaktisch aufbereitet und bildet verschiedene Phasen des Arbeitsprozesses sowie

Verarbeitungsverfahren ab. Weitere Lernaufgaben können mit dem Autorenwerkzeug konfiguriert werden.

Es beinhaltet ein Basis-Set mit einer Auswahl an Vorlagen für Werkstücke, Lackarten und Interaktionsbausteine (konkretere Auflistung siehe Kapitel [Elemente der VR-Lackierwerkstatt](#)). Diese Elemente folgen ebenfalls didaktischen Grundprinzipien und können mithilfe eines Baukastenprinzips zusammengestellt und konfiguriert werden.

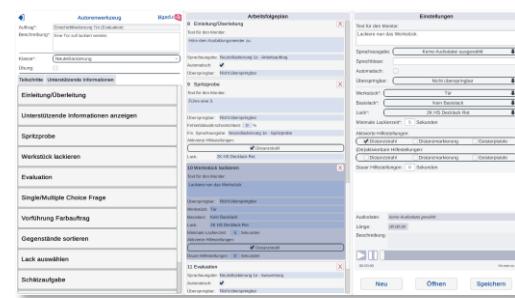


Abbildung 5: Screenshot aus dem Autorenwerkzeug

Das Ergebnis ist eine einsatzfähige Lernaufgabe für die Trainingsanwendung, die einzelnen oder mehreren Auszubildenden zugewiesen werden kann.

Abgerundet wird der Lernprozess durch die Nachbesprechung der Lernleistung. Mithilfe der **Reflexionsanwendung** können die während des Lackievorgangs erhobenen Daten eingesehen werden. Dort werden alle Lackievorgänge aufgelistet und können zur Nachbesprechung abgerufen werden.

2 Anforderungen der VR-Lackierwerkstatt

2.1 VR-Hardware

Die Module der VR-Lackierwerkstatt sind für die Verwendung mit gängigen kommerziell verfügbaren Hardwarekomponenten optimiert. So handelt es sich beim Autorenwerkzeug und bei der Reflexionsanwendung um computergestützte Anwendungen mit 3D-Anteilen, die eine größere Rechnerleistung erfordern.

Zusätzlich ist für die Nutzung der VR-Lackierwerkstatt ein PC-gebundenes VR-Set, bestehend aus VR-Headset, VR-Controllern und ggf. externen Ortungssensoren (siehe Tabelle unten) zur Erfassung der vollständigen Bewegung im Raum, erforderlich.

Zu diesem Zeitpunkt ist die VR-Lackierwerkstatt mit den folgenden VR-Systemen kompatibel¹:

Modelle	Spezifikationen
HTC VIVE Pro und höher	<p>Starter Kit beinhaltet VIVE-Pro-Headset, Linkbox, DisplayPort™-Kabel, USB-3.0-Kabel, Power-Adapter, zwei Controller (2018), zwei Basisstationen, Betriebsanleitung, Sicherheitshinweise und Gewährleistungskarte.</p> <p>Für die Nutzung einer mobilen VR-Station werden noch zusätzliche Stative benötigt, um die Basisstationen zu installieren.</p> <p>Weitere Informationen unter https://www.vive.com/de/</p>
Oculus Quest 1 und höher mit Oculus Link/Air Link	<p>Bei den Modellen der Quest-Serie handelt es sich um autarke Headsets, die mithilfe des Oculus-Link-Kabels oder dem Air Link an einen Gaming-PC/-Laptop angeschlossen werden können.</p> <p>Weitere Informationen unter https://www.oculus.com/</p>
Windows Mixed Reality (WMR) Alle aktuellen Umsetzungen	<p>Bei WMR handelt es sich weniger um Hardware als vielmehr um eine Plattform, die AR- und VR-Inhalte bereitstellt. Sie ist mit einer Vielzahl von VR-Hardware nutzbar.</p> <p>Weitere Informationen unter https://www.microsoft.com/en-us/mixed-reality/windows-mixed-reality</p>

Tabelle 2: Übersicht über kompatible VR-Hardwaresysteme

Aufgrund der Echtzeitberechnung bei der Nutzung der VR-Lackierwerkstatt ist ein leistungsstarker Arbeitsspeicher erforderlich. Zum jetzigen Stand ist für die Nutzung ein PC-gebundenes VR-System notwendig. Dieses ist in der Regel über ein Kabel mit dem Rechner verbunden. Aktuelle Entwicklungen bieten auch kabellose Lösungen an. Zur Nutzung der kabellosen Variante sind besondere Systemvoraussetzungen zu berücksichtigen, die von den jeweiligen Herstellern vorgegeben sind und hier nicht aufgegriffen werden. Darüber sollte sich aber bei den jeweiligen Herstellern informiert werden. Der hierfür erforderliche PC oder Laptop benötigt spezifische Leistungsanforderungen, die durch die Hersteller der VR-Hardware angegeben sind. Zusätzlich sind die PCs oder Laptops in der Regel mit dem

¹ Hinweis: Hierbei handelt es sich um eine Liste der erprobten VR-Systeme und nicht um eine Kaufempfehlung. Die Übersicht stellt den Stand der Hardwareentwicklung im Dezember 2021 dar.

Label „VR Ready“ gekennzeichnet. Zu beachten sind hierbei die folgenden technischen (Mindest-)Anforderungen:

Komponente	Beschreibung
GPU (Grafikprozessor)	NVIDIA GTX 1060 / AMD RX 480 oder besser DirectX 11/12, Shader Model 5.0
CPU (Prozessor)	Intel i5-4590 / AMD Ryzen 5 1500X oder besser
RAM (Arbeitsspeicher)	8 GB oder mehr
Festplatte	20 GB
Anschlüsse	USB-Anschluss für die Lackierpistole Weitere Anschlüsse sind abhängig von der verwendeten Brille, z. B. benötigt Quest (Link) einen USB-C-3.0-Anschluss oder VIVE einen USB-A-3.0-Anschluss + DP- oder HDMI-Anschluss.
Betriebssystem	Ab Windows 10

Tabelle 3: Übersicht (Mindest-)Anforderungen Gaming-PC-/Laptop

Grundsätzlich gilt, dass es sich hierbei um Mindestanforderungen dafür handelt, die computerbasierten Module (Autorenwerkzeug und Reflexionsanwendung) zu nutzen. Zur Verwendung der VR-Brillen sollten die Angaben des VR-Herstellers zusätzlich überprüft werden.

2.2 Nachbau Lackierpistole

Der Nachbau einer Lackierpistole aus dem 3D-Druck mit Sensoren für die Bedienelemente wird als Controller für die VR-Anwendung genutzt. Der Controller wird mithilfe einer Schraube oben auf die Lackierpistole montiert. Die Bedienung der VR-Lackierwerkstatt läuft nach der Initialisierung der Lackierpistole nur noch über die Lackierpistole. Damit können Grundfunktionen, wie z. B. die Betätigung des Hebels für die Öffnung der Spritzdüse, einer realen Lackierpistole nachempfunden werden. Ebenso dient sie als Navigations- und Interaktionsinstrument in der VR-Lernumgebung. Der Controller des VR-Systems wird nur noch für die Ortung im Raum benötigt.



Abbildung 6: Nachbau Lackierpistolen-Controller

Der Nachbau ist mit einer Vielzahl von VR-Systemen kompatibel und in zwei Varianten verfügbar: Zum einen besteht die Möglichkeit, einen fertigen Nachbau von der Ideenfertiger GmbH (https://ideenfertiger.de/3d_fertigung.html) zu kaufen. Zum anderen kann der Controller auf Basis der veröffentlichten Anleitungen nachgebaut werden. Diese können im HandLeVR-Bereich in GitHub unter <https://github.com/HandLeVR/lackerpistole> abgerufen werden.

Zwar kann die VR-Lackierwerkstatt ebenfalls mit den mitgelieferten Controllern des VR-Sets genutzt werden, jedoch wird die Verwendung des Lackerpistolen-Controllers empfohlen, um die Authentizität und Haptik der VR-Anwendung zu steigern.

Des Weiteren kann der Lackerpistolen-Controller durch einen Druckschlauch erweitert werden (siehe Abbildung 4). Dafür ist bei der gedruckten Lackerpistole ein zusätzliches Ventil angedacht, an dem ein Standard-Druckschlauch befestigt werden kann. Das USB-Kabel kann dann am Druckschlauch entlanggeführt werden oder mit etwas Bastelarbeit durch den Druckschlauch geführt werden. Dafür muss die Seite des USB-Kabels, die an die Lackerpistole kommt, aber schmal genug sein, um durch den Druckschlauch geschoben werden zu können. Alternativ kann man mit einem Messer etwas von der Gummimasse abschneiden.

2.3 Einrichtung des Servers

Das System ist in die bereits genannten Applikationen Autorenwerkzeug, Trainingsanwendung und Reflexionsanwendung unterteilt. Sie kommunizieren mit einem Server, auf dem die Daten gespeichert und verwaltet werden. Über eine REST-Schnittstelle können Daten vom Server abgerufen und oder zum Server gesendet werden. Der Server kann lokal auf demselben Gerät wie die Anwendungen laufen oder als dedizierter Server eingerichtet werden, auf den von verschiedenen Rechnern aus zugegriffen werden kann. Dort wo der Server läuft, muss mindestens Java 13 zur Verfügung stehen.

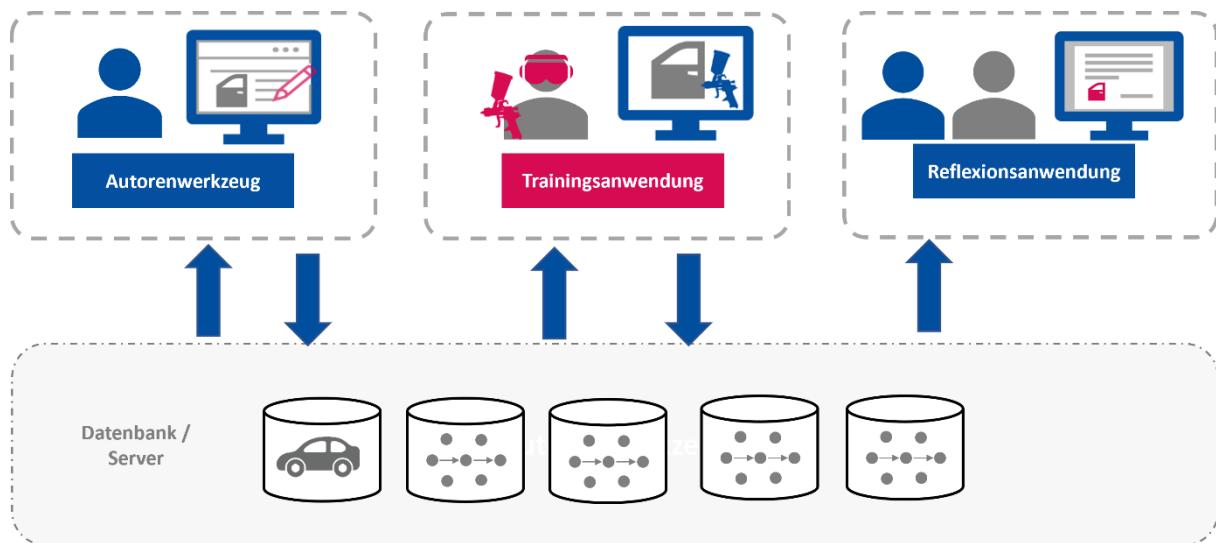


Abbildung 7: Systemaufbau VR-Lackierwerkstatt

Im Folgenden wird beschrieben, wie ein dedizierter Server eingerichtet wird. Dies ist nur notwendig, wenn der Server nicht lokal auf demselben Computer läuft wie die anderen Anwendungen. Für die Einrichtung des Servers wird mindestens Java 13 benötigt. Als Datenbank kann entweder ein Datenbank-Server auf Basis von PostgreSQL (mindestens Version 14.1) oder eine dateibasierte H2-Datenbank verwendet werden. Standardmäßig

läuft der Server ohne SSL, es kann jedoch eingerichtet werden (siehe unten). Im Folgenden werden ggf. notwendige Konfigurationsschritte beschrieben. Dabei wird auf eine Konfigurationsdatei (`application.properties`) Bezug genommen, die der Anwendung beiliegt und relativ zur Jar-Datei des Servers im Ordner `config` liegen muss.

Datenbankverbindung einrichten

In einer Produktivumgebung wird empfohlen, eine PostgreSQL-Datenbank einzurichten. Die hierfür nötigen Schritte können aus der Dokumentation zu PostgreSQL entnommen werden. Damit der Server eine Verbindung zur Datenbank aufnehmen kann, müssen folgende Einstellungen in der Konfigurationsdatei vorgenommen werden:

```
spring.datasource.url=jdbc:postgresql://localhost:5432/handlevr
spring.datasource.username=postgres
spring.datasource.password=passwort
spring.datasource.driver-class-name=org.postgresql.Driver
```

Die Felder `spring.datasource.url`, `spring.datasource.username` und `spring.datasource.password` müssen jeweils durch die Einstellungen der Datenbank ersetzt werden.

Um eine dateibasierte H2-Datenbank zu verwenden, müssen folgende Einstellungen in der Konfigurationsdatei vorgenommen werden:

```
spring.datasource.url=jdbc:h2:file:~/spring-boot-h2-db
spring.datasource.username=sa
spring.datasource.password=
spring.datasource.driver-class-name=org.h2.Driver
```

Der Pfad für die Datei, in der die Datenbank gespeichert wird, kann über `spring.datasource.url` eingestellt werden.

Initialisierung der Datenbank

Beim ersten Start des Servers wird die Datenbank mit den Standard-Daten initialisiert. Die dafür verwendeten Skripte liegen in der Jar-Datei des Servers. Soll ein anderes Skript verwendet werden, kann dieses über folgendes Feld angegeben werden:

```
spring.flyway.locations=classpath:db/migration/{vendor}
```

SSL einrichten

Standardmäßig wird bei den Zugriffen auf den Server kein HTTPS verwendet. Um SSL einzurichten, muss ein SSL-Zertifikat vorhanden sein. Falls dies nicht der Fall ist, kann auch ein eigenes Zertifikat erstellt werden. Im Folgenden wird erklärt, wie das Zertifikat generiert werden kann und welche Einstellungen in der Konfigurationsdatei vorgenommen werden müssen, damit HTTPS verwendet wird.

Zur Erstellung des Zertifikats wird hier das Programm `keytool` verwendet, das mit Java geliefert wird. Als Format wird PKCS12 (Public-Key Cryptography Standards) verwendet. Zur Erstellung des Zertifikats muss folgender Befehl ausgeführt werden:

```
keytool -genkeypair -alias handlevr -keyalg RSA -keysize 2048 -storetype PKCS12 -keystore handlevr.p12 -validity 3650
```

Die resultierende Datei handlevr.p12 oder ein existierendes Zertifikat sollte in den Ordner config/keystore/handlevr.p12 relativ zur Jar-Datei des Servers gelegt werden. Nun müssen folgende Einstellungen in der Konfigurationsdatei vorgenommen werden:

```
server.ssl.key-store-type=PKCS12
server.ssl.key-store=./config/keystore/handlevr.p12
server.ssl.key-store-password=password
server.ssl.key-alias=handlevr
server.ssl.enabled=true
```

Der Pfad zum Zertifikat kann über `server.ssl.key-store` festgelegt werden. Dieser Pfad ist relativ zur Jar-Datei des Servers, kann aber auch als absoluter Pfad angegeben werden. Wurde das Passwort und der Alias beim Generieren des Zertifikats geändert, müssen die Felder `server.ssl.key-store-password` und `server.ssl.key-alias` angepasst werden. Mit `server.ssl.enabled` wird SSL aktiviert. Anschließend müssen beim Client ebenfalls Änderungen an der Konfiguration vorgenommen werden, damit HTTPS genutzt werden kann (siehe Kapitel [Konfiguration der VR-Lackierwerkstatt](#)).

OAuth-Konfiguration

Nach der Anmeldung am Server wird ein Token verwendet, um nachfolgende Anfragen zu autorisieren. Für die Anmeldung und das Auffrischen des Tokens wird das OAuth-Protokoll verwendet. Folgende Einstellungen haben hierauf Einfluss:

```
security.oauth2.resource.filter-order=3
security.signing-key=MaYzkSjmKzPC57L
security.encoding-strength=256
security.security-realm=HandleVR Realm
security.jwt.client-id=handlevrclient
security.jwt.client-secret=XY7kmzoNzl100
security.jwt.scope-read=read
security.jwt.scope-write=write
security.jwt.resource-ids=handlevrresourceid
```

Diese Einstellungen müssen nicht angepasst werden. Aus Sicherheitsgründen wird aber empfohlen, die Felder `security.signing-key` und `security.jwt.client-secret` zu ändern. Dies muss sich auch in der Konfiguration des Clients widerspiegeln (siehe Kapitel [Konfigurationen der VR-Lackierwerkstatt](#)).

Maximale Dateigröße

Die maximale Dateigröße von hochgeladenen Dateien (z. B. Bilder und Videos) ist momentan auf 1.000 MB beschränkt. Eine Anpassung kann über folgende Felder vorgenommen werden:

```
spring.servlet.multipart.max-file-size=1000MB
spring.servlet.multipart.max-request-size=1000MB
```

2.4 Aufbau und Einrichtung der VR-Anwendung

Die initiale Einrichtung der VR-Brille variiert zwischen den Brillenherstellern und wird in der brillenspezifischen Anleitung beschrieben. Oftmals ist für die Nutzung der verschiedenen VR-Systeme die Installation einer Anwendung des VR-Herstellers auf dem dazugehörigen Gaming-PC-/Laptop notwendig.

Zusätzlich erfordert die Nutzung der VR-Lackierwerkstatt die Installation von SteamVR (<https://store.steampowered.com/?l=german>), da in der VR-Anwendung das Entwicklungswerkzeug von SteamVR verwendet wird. Die Anmeldung in und Nutzung von Steam ist kostenfrei.

Für die Nutzung des Lackierpistolen-Controllers ist ggf. ein Treiber für den verwendeten Arduino Nano (http://www.wch-ic.com/downloads/CH341SER_ZIP.html) notwendig.

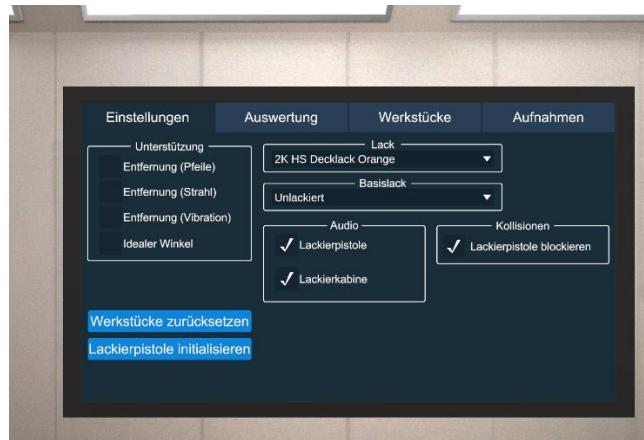
Zur Einrichtung der VR-Lackierwerkstatt sind die folgenden Schritte notwendig:

- Schritt 1:** Den Gaming-PC-/Laptop hochfahren und die VR-Brille mit dem Rechner verbinden. Den Lackierpistolen-Controller noch nicht zusammenbauen bzw. anschließen.
- Schritt 2:** Die heruntergeladene Zip-Datei der VR-Lackierwerkstatt entpacken und öffnen.
- Schritt 3:** App des VR-Herstellers starten und Guardian-Begrenzung festlegen. Die optimale Raumposition kann mit einer Markierung (z. B. mit Klebeband) am Boden zur Orientierung gekennzeichnet werden.
- Schritt 4:** VR-Lackierwerkstatt öffnen (siehe [Teil 2: Anwendungen der VR-Lackierwerkstatt](#)).
- Schritt 5:** Lackierpistolen-Controller zusammenbauen. Die nachgebaute Lackierpistole ist so konzipiert, dass alle Funktionen (Abzugshebel, Druckeinstellungen und Öffnung der Spritzdüse) einer realen Lackierpistole abgebildet werden und der originale VR-Controller nur noch für die Ortung im Raum benötigt wird.
Dazu muss der rechte VR-Controller auf die nachgebaute Lackierpistole über die Vorrichtung verschraubt werden. Dazu wird der Controller mit dem Griff nach vorn auf die Pistole und darüber der Auflegedeckel gelegt, der dann mit der Schraube befestigt wird.



- Schritt 6:** Lackierpistolen-Controller über den USB-Anschluss mit dem PC/Laptop verbinden und die VR-Lackierwerkstatt starten.

Schritt 7: Probiermodus der Trainingsanwendung starten und Lackierpistolen-Controller initialisieren.



Die Einrichtung der Position erfolgt unter **Einstellung** über **Position initialisieren** auf dem Monitor. Dann erscheint eine Lackierpistole vor dem Monitor und die „echte“ Lackierpistole muss genau an die Position der virtuellen Lackierpistole gebracht werden. Die Einstellung des Hebels und der Drehknöpfe erfolgt über **Lackierpistole initialisieren**.

Tipp: Zur Initialisierung der Position der Lackierpistole kann man die VR-Brille etwas hochschieben. Dann kann man unter der Brille die echte Lackierpistole sehen, während man aber gleichzeitig die virtuelle Pistole im Blick hat.

Schritt 8: Start der Anwendung (ohne Anmeldung), um alle Funktionen zu kontrollieren, z. B. Tonlautstärke testen.

2.5 Konfigurationen der VR-Lackierwerkstatt

Über die Konfigurationsdatei Autorenwerkzeug_Data\StreamingAssets\Config.txt, die der Anwendung beiliegt, können Einstellungen an der Anwendung vorgenommen werden. Diese werden im Folgenden beschrieben:

Verbindung zum Server

Wird ein lokaler Server verwendet, der auf dem gleichen System wie die Anwendung läuft, sollten die folgenden Einstellungen nicht verändert werden. Wird ein dedizierter Server verwendet, müssen die folgenden Einstellungen angepasst werden, um eine Verbindung mit dem Server zu ermöglichen:

```
server.https=true
server.url=localhost:8080
server.client-user-name=handlevrclient
server.client-secret=XY7kmzoNzl100
server.oauth-login-url=localhost:8080/oauth/token?grant_type=password
server.oauth-refresh-token-
url=localhost:8080/oauth/token?grant_type=refresh_token
```

Wurde auf dem Server HTTPS eingerichtet (siehe Kapitel [Einrichtung des Servers](#)), muss `server.https` auf `true` gesetzt werden. Die restlichen Felder müssen entsprechend den Einstellungen und der URL des Servers angepasst werden. Bei den URL muss in der Regel `localhost:8080` ersetzt werden.

SSL einrichten

HTTPS wird verwendet, sobald `server.https` auf `true` gesetzt wird. Soll zusätzlich noch das Zertifikat des Servers geprüft werden, müssen folgende Einstellungen angepasst werden:

```
ssl.enabled=true  
ssl.keystore.path=SSL/handlevr.p12  
ssl.keystore.password=password
```

Das Feld `ssl.enabled` aktiviert die Zertifikatsprüfung. Dann muss im Pfad, der bei `ssl.keystore.path` angegeben wurde, ein entsprechender Keystore zu finden sein (siehe Kapitel [Einrichtung des Servers](#)). Der Pfad kann relativ zum Ordner `Autorenwerkzeug_Data/StreamingAssets` oder absolut sein. Das Passwort zum Keystore muss bei `ssl.keystore.password` angegeben werden.

Erfolgskriterien anpassen

Die Konfigurationsdatei erlaubt es, die Erfolgskriterien in der Trainingsanwendung und im Reflexionswerkzeug anzupassen. Dies sollte allerdings nur von erfahrenen Benutzenden gemacht werden. In der Trainingsanwendung werden durch die Einstellungen die Bewertungen (maximal drei Lackierpistolen) auf dem Auswertungsbildschirm beeinflusst und im Reflexionswerkzeug werden hierdurch die farbigen Skalen bei den Erfolgskriterien angepasst. Es gibt immer vier Parameter pro Erfolgskriterium, durch die in der Regel drei Bereiche definiert werden. Der erste Bereich wird durch den optimalen Wert (`optimal-value`) und einen Toleranzbereich bestimmt, der durch den ersten Grenzwert (`threshold1`) berechnet wird. Die Grenzwerte werden in Prozent angegeben, auf den optimalen Wert angewendet und zum vorherigen Bereich addiert. Nehmen wir folgende Einstellungen für die optimale Distanz zwischen Lackierpistole und Werkstück als Beispiel:

```
evaluation.correct-distance.optimal-value=100  
evaluation.correct-distance.threshold1=10  
evaluation.correct-distance.threshold2=20  
evaluation.correct-distance.threshold3=5
```

Dann gelten folgende Bereiche:

Bereich 1: zwischen 180 und 220 (10 % von 200 = 20)

Bereich 2: zwischen 140 und 260 (20 % von 200 = 40)

Bereich 3: zwischen 130 und 270 (5 % von 200 = 5)

Die Bereiche werden also immer größer in Abhängigkeit von den angegebenen Prozentwerten. Im Auswertungsbildschirm in der Trainingsanwendung würden somit drei Lackierpistolen vergeben werden, wenn sich der erreichte Wert im Bereich 1 befindet. Liegt der erreichte Wert im Bereich 2, gibt es zwei Lackierpistolen etc. Bei den Erfolgskriterien im Reflexionswerkzeug werden so die farbigen Bereiche festgelegt. Etwaige Ausnahmen von diesem Schema werden bei den jeweiligen Erfolgskriterien in der Konfigurationsdatei erklärt.

2.6 Weitere Anforderungen und optionales Zubehör

Für die Nutzung der VR-Lackierwerkstatt wird ein sogenannter Spielbereich zur Bewegung in der VR-Lackierkabine benötigt. Die Mindestgröße der Bewegungsfläche beträgt $2\text{ m} \times 1,5\text{ m}$. Empfohlen wird allerdings eine Fläche von $4\text{ m} \times 4\text{ m}$, damit die Lernenden sich sicher bewegen können. Die Fläche sollte frei von Möbeln und anderen Hindernissen sein.

Der Spielbereich sollte weder im direkten Sonnenlicht noch zu dunkel sein, damit die Raumortung der VR-Brille nicht gestört wird. Ebenfalls sollte der Ort gut belüftet werden, da die Geräte durch die Arbeitsleistung sehr warm werden können (ggf. ist ein externer Kühler für den Laptop notwendig). Es empfiehlt sich, den ausgewählten Bereich zunächst zu testen.

Nicht immer ist es aus Platzgründen möglich, eine feste VR-Station zu installieren, wodurch das Equipment bei jedem Gebrauch auf- bzw. abgebaut werden muss. Hierfür kann zusätzliches Zubehör zum Verstauen oder zum einfachen Aufbau praktikabel sein. Darunter fallen beispielsweise

- Stative für externe Tracker, falls die VR-Station nicht fest installiert wird,
- Mehrfachsteckdose für Laptop und VR-Geräte,
- ggf. Cooling-Pad für den Gaming-Laptop,
- Transportkoffer oder Boxen zur Aufbewahrung sowie
- Deckenhalterungen bei festen VR-Stationen mit kabelgebundenen VR-Headsets.



Bildquelle: <https://immersive-display.com>

Außerdem ist es wichtig, bei der Nutzung von VR-Hardware durch mehrere Personen ein besonderes Augenmerk auf die Hygiene zu legen. Da sich bei der Nutzung der Geräte schnell Schweiß und Hitze bilden können, sollten die Geräte regelmäßig und gründlich gereinigt werden.

Genaue Angaben zur Reinigung der VR-Geräte werden von den Herstellern, beispielsweise in der jeweiligen Gebrauchsanweisung, bereitgestellt. Zusätzlich gibt es Zubehör, die beim Thema Hygiene unterstützen, die in der untenstehenden Tabelle zusammengefasst werden. Diese vorgestellten Beispiele sind in unterschiedlichen VR-Shops erhältlich und werden hier nicht als Produktempfehlung vorgestellt.

Desinfektionstücher

- Einmalgebrauch
- Anwendung auf Händen und Oberflächen, vor allem auf dem Schaumstoff, der direkt mit der Haut in Berührung kommt
- Desinfektionsmittel beschädigt die Außenseiten der VR-Brille nicht.
- Alternative: geeignetes Desinfektionsspray mit Tüchern



Bildquelle: <https://immersive-display.com>

Wechselgesichtspolster

- abnehmbar und auswechselbar
- wiederverwendbar
- Nachteil: Fast jedes Brillenmodell hat eigene Gesichtspolster, nicht universell kompatibel.



Bildquelle: <https://immersive-display.com>

Einweg-Hygienemasken

- anwendbar für alle Brillenmodelle
- Schutz vor Bakterien, die sich auf Schaumstoff der Brille befinden
- Einmalgebrauch



Bildquelle: <https://immersive-display.com>

Hardwareboxen

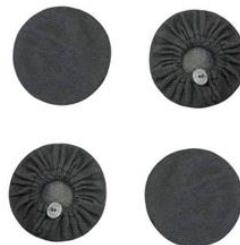
- Desinfektion durch UV-C-Licht
- geeignet für VR-Headsets und Steuergeräte
- reduziert Anzahl von infektiösen Viren und Bakterien
- Dekontamination innerhalb von wenigen Minuten
- kompatibel mit allen VR-Brillen sowie weiteren Geräten



Bildquelle: <https://immersive-display.com>

Kopfhörerabdeckung

- vermeidet Übertragung von Bakterien über Audiokopfhörer
- maschinenwaschbar
- Kompatibilität mit Brillenmodellen bzgl. der Größe beachten: verfügbar nur für HTC VIVE, Samsung oder Valve Index VR



Bildquelle: <https://immersive-display.com>

3 Datenschutzrechtliche Aspekte

Das Lernsystem der VR-Lackierwerkstatt besteht aus drei Komponenten: Autorenwerkzeug, VR-Anwendung und Reflexionsanwendung. Im Autorenwerkzeug können Aufgaben erstellt und Auszubildenden zugewiesen werden. Diese Aufgaben werden durch die Auszubildenden unter Verwendung einer VR-Brille und einer nachgebauten Lackerpistole bearbeitet. Abschließend können die Resultate der Aufnahmen zusammen mit den Lehrenden und Auszubildenden in der Reflexionsanwendung betrachtet und nachbesprochen werden. Im Rahmen des vorgestellten Lernprozesses werden verschiedene Daten generiert.

Bei der Einführung der VR-Lackierwerkstatt ist zu beachten, dass die einsetzende Institution auch dafür verantwortlich ist, im Sinne des Datenschutzes zu agieren. Entsprechend sind die Bestimmungen der DSGVO einzuhalten. So müssen beispielsweise alle Nutzenden über die Verarbeitung personenbezogener Daten informiert werden.

Bei der ersten Anmeldung erscheint ein Hinweis zu den Datenschutzbestimmungen, den die Nutzenden akzeptieren müssen. Sie müssen vom Unternehmen bzw. von der einzusetzenden Institution hinterlegt werden. Zur Erstellung der entsprechenden Informationen sollte der*die zuständige Datenschutzbeauftragte miteinbezogen werden.

Die folgenden Informationen können dabei als Grundlage dienen. Dabei gilt zu beachten, dass sich diese Beschreibung lediglich auf die Datennutzung der VR-Lackierwerkstatt bezieht. Die Nutzung von personenbezogenen Daten im Kontext des VR-Systems oder des Steam-Accounts sind den datenschutzrechtlichen Bestimmungen der Hersteller zu entnehmen.

Server

Alle im Folgenden beschriebenen Daten werden auf einem Server gespeichert, mit dem die genannten Anwendungen kommunizieren. Dieser Server kann als dedizierter Server im Internet oder Firmennetzwerk eingerichtet werden oder lokal auf dem Rechner laufen, auf dem auch die anderen Anwendungen gestartet werden. Im letzten Fall ist es jedoch nicht möglich, die Anwendung mit verschiedenen Computern zu nutzen, sondern nur mit dem, auf dem der Server lokal läuft. Die Kommunikation mit dem Server kann verschlüsselt werden (siehe [Einrichtung des Servers](#)).

Logdatei

Wird auf die Module der VR-Lackierwerkstatt zugegriffen, werden verschiedene Daten für ausschließlich interne systembezogene Zwecke erhoben und in einer Protokolldatei gespeichert. In dieser Protokolldatei werden folgende Daten erfasst:

- verwendete Grafikkarte
- verbundene VR-Brille
- Größe des abgemessenen Bereichs
- fehlerhafte Zugriffe auf die angeschlossene Lackerpistole
- Headset auf- oder abgesetzt
- Anwendung beendet
- Start und Ende einer Aufnahme

Die Erhebung der Zugriffsdaten ist technisch notwendig, um Fehler im Zusammenspiel mit der einzelnen Hardwarekomponente auszulesen. Die Logdateien werden bei jeder zweiten

Nutzung überschrieben. Diese Daten erlauben ohne gesonderten Aufwand keinen Rückschluss auf die Person.

Registrierung der Nutzenden

Die Registrierung erfolgt unter Angabe der folgenden personenbezogenen Daten im Lernsystem: Es werden stets der vollständige Name, ein Benutzername sowie ein Passwort für die Nutzenden im System hinterlegt und verarbeitet. Ohne diese Zugangsdaten kann der Zugriff der Nutzenden auf das Lernsystem technisch nicht ermöglicht werden. Die Nutzenden erhalten ihren Benutzernamen und ein initiales Passwort über eine automatisch generierte Liste. Bereits beim ersten Login ist das Passwort zu ändern. Der Benutzername ist für Lehrende sichtbar.

Medien

Lehrende können über das Autorenwerkzeug Videos, Bilder und Audiodateien hochladen, um sie in Aufgaben zu verwenden. Sie können auch personenbezogene Daten (z. B. eigene Stimme in Audiodateien oder Bilder von sich selbst) enthalten.

Speicherung der Aufgabenresultate

Wird im Rahmen einer Aufgabe ein Farbauftrag durchgeführt, wird dieser aufgenommen und verschiedene Parameter zum Arbeitsablauf werden gespeichert. Das heißt, die Position der Lackierpistole und der Status der Drehknöpfe und des Abzugshebels sowie die Position der VR-Brille werden mehrmals pro Sekunde erfasst und in einer Datei gespeichert.

Diese erfassten Daten werden in der Reflexionsanwendung ausgelesen und als Auswertungsparameter zur Wiedergabe des aufgenommenen Farbauftrags angezeigt. Eine weitere Verarbeitung dieser Daten, wie beispielsweise in Form eines Lernprofils, findet nicht statt.

Löschen der Nutzendaten

Lehrende können beliebige Accounts und auch ihre eigenen Accounts im Autorenwerkzeug löschen. Wird der Account eines*r Lehrenden gelöscht, wird er anonymisiert und die erstellten Elemente können weiterverwendet werden. Wird der Account eines*r Auszubildenden gelöscht, kann entschieden werden, ob alle Aufgabenresultate ebenfalls gelöscht werden oder der Account nur anonymisiert wird.

3.1 Rollen in der VR-Lackierwerkstatt

Als Rollen stehen „Ausbilder/in“, „eingeschränkte/r Ausbilder/in“ und „Auszubildende/r“ zur Verfügung. Nur Ausbilder*innen haben Zugriff auf das Autorenwerkzeug und können dort Aufgaben, Aufgabensammlungen, Lacke, Medien, Aufnahmen, Profile von Nutzenden, Gruppen und Aufgabenzuweisungen erstellen, bearbeiten oder löschen. Eingeschränkte Ausbilder*innen haben die gleichen Rechte wie Ausbilder*innen, können aber keine Profile von Nutzenden bearbeiten, erstellen oder löschen.

In der folgenden Tabelle sind die Berechtigungen der einzelnen Rollen zusammengefasst.

	Benutzergruppe		
	Ausbilder*in	Eingeschränkte*r Ausbilder*in	Auszubildende*r
Autorenwerkzeug	Erstellen, Bearbeiten und Löschen von Aufgaben, Aufgabensammlungen, Lacken, Medien, Aufnahmen, Nutzendenprofilen, Gruppen und Aufgabenzuweisungen	Erstellen, Bearbeiten und Löschen von Aufgaben, Aufgabensammlungen, Lacken, Medien, Aufnahmen, Gruppen und Aufgabenzuweisungen	Kein Zugriff
Trainingsanwendung	Bearbeitung der zugewiesenen Lernaufgaben	Bearbeitung der zugewiesenen Lernaufgaben	Bearbeitung der zugewiesenen Lernaufgaben
Reflexionsanwendung	Lesen der Lernergebnisse aller Nutzenden	Lesen der Lernergebnisse aller Nutzenden	Lesen der eigenen Lernergebnisse und Bearbeiten und Löschen der eigenen Profildaten

4 Praxisanleitung vor dem ersten Einsatz der VR-Lackierwerkstatt

Das vorliegende Kapitel richtet sich an Lehrkräfte, die die VR-Lackierwerkstatt in den eigenen Unterricht integrieren möchten. Die folgenden Ausführungen sollen bei der Planung und Gestaltung des VR-Lernszenarios unterstützen.

Die VR-Lackierwerkstatt beinhaltet eine Fülle von Lernaufgaben, die nach mediendidaktischen Prinzipien aufbereitet sind und verschiedene Komplexitätsstufen abdecken. Sie können 1 : 1 übernommen oder nach Bedarf angepasst werden.

Durch die Zuweisung von einzelnen Aufgaben oder Aufgabensammlungen auf Individual- und/oder Gruppenebene können sowohl grundlegende Kompetenzen der Gesamtgruppe vermittelt als auch individuelle Bedürfnisse und Voraussetzungen berücksichtigt werden.

Im Kern ist das Szenario der VR-Lackierwerkstatt darauf ausgerichtet, dass Auszubildende die zugewiesenen Lernaufgaben selbstgesteuert bearbeiten.

Fachlich unterstützt werden die Lernenden dabei von dem virtuellen Ausbildungsmeister, durch Hilfestellungen und Informationen zum Lackievorgang sowie durch das unmittelbare Feedback zur Lernleistung.

Außerdem wurden Materialien zur Unterstützung im Rahmen des Projekts entwickelt. Sie sollen den Lernenden hinsichtlich der Bedienung der VR-Lackierwerkstatt und des VR-Equipments helfen. Sie können den Lernenden bereitgestellt werden (siehe auch Kapitel Heranführung und Befähigung der Auszubildenden).

Im Rahmen der Nachbesprechung auf Basis der Reflexionsanwendung erhalten die Lernenden weiteres Feedback zu ihrer Lernleistung. In Rückmeldegesprächen kann die Lehrkraft auf unterschiedliche Bezugsnormen zurückgreifen. Feedback kann 1. individuell, z. B. anhand von Lernverlaufskurven über mehrere Aufgaben hinweg, 2. sozial, d. h. im Vergleich zu anderen Auszubildenden, oder 3. normativ, d. h. im Vergleich zu einem vorher definierten Gütekriterium, rückgemeldet werden.

Die VR-Lackierwerkstatt kann in verschiedenen Szenarien mit individueller Zielsetzung eingesetzt werden:

- zu Demonstrationszwecken durch Expert*innen bei fachlichen Einweisungen
- Aufwärmübungen als Vorbereitung der realen Lackierhandlung
- Zusatzübung zum bestehenden Unterricht, beispielsweise als Überbrückung bei Wartezeiten
- gezielte Förderung von Kompetenzdefiziten einzelner Lernender
- Entwicklung von Konzepten aus miteinander verzahnten realen Lernphasen und VR-Lernphasen

Die folgenden Ausführungen sollen bei der Gestaltung des eigenen Lernszenarios mit der VR-Lackierwerkstatt unterstützen und basieren auf dem mediendidaktischen Vorgehen nach Kerres.²

² Kerres, M. (2018): Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote, 5. Auflage, Berlin: De Gruyter.

4.1 Zielgruppenanalyse

Zu Beginn der Konzeption des VR-Einsatzes sollte eine Zielgruppenanalyse vorgenommen werden, um deren Eigenschaften und Besonderheiten zu erfassen. Hierfür sollten die folgenden Fragen berücksichtigt werden:

- Wie groß sind die Gruppen pro Unterrichtseinheit?
- Wie heterogen bzw. divers sind die Lerngruppen hinsichtlich Alter, Geschlecht oder Ethnie?
- Welche theoretischen und praktischen Vorkenntnisse bringen die Lernenden mit? In welchen Themenbereichen gibt es Defizite?
- Wie sind die Lernenden gegenüber Lernhandlungen und Lerngegenständen eingestellt?
- Wie ist die Lernmotivation? Muss sie durch gesonderte Anreize gefördert werden?
- Wie sind die Lernenden gegenüber Lernhandlungen und Lerngegenständen eingestellt?
- Welche weiteren Merkmale der Zielgruppe müssen beachtet werden, wie beispielsweise Lernschwächen oder Sprachschwierigkeiten bei einzelnen oder mehreren Personen?

Im zweiten Schritt können anhand der Zielgruppenanalyse Grundlagen für das eigene Lernszenario erarbeitet und Inhalte für die VR-Lernanwendung ausgewählt werden. Dies kann mithilfe weiterer Leitfragen erfolgen:

- Wie gut kommt die Zielgruppe mit der Handhabung von Virtual-Reality-Anwendungen zurecht?
- Ist ein selbstgesteuerter Lernprozess sinnvoll? Oder benötigen die Lernenden (zu Beginn) eine gesonderte Unterstützung?
- Bei welchen Herausforderungen und Problemlagen kann die VR-Lackierwerkstatt im Bildungsalltag unterstützen?
- Können bestimmte Themenfelder, bei denen Wissenslücken vorliegen, geclustert in der VR-Lackierwerkstatt abgebildet werden oder liegen mögliche Defizite eher auf Individualebene vor?
- Welche unterstützenden Lernmaterialien und Hilfsangebote können in die VR-Lackierwerkstatt eingebunden und ggf. dadurch ausgelagert werden?

4.2 Lernorganisation der VR-Anwendung

Mit dem Einsatz der VR-Lackierwerkstatt wird das Spektrum der eigenen Unterrichtsgestaltung erweitert. Dies wirkt sich auf die Organisation des Unterrichts aus, da die VR-Phase in den vorhandenen zeitlichen, räumlichen und sozialen Rahmen integriert werden muss.

Für die Planung und Gestaltung des Unterrichts mit VR müssen zunächst einige Entscheidungen getroffen werden. Die folgenden Leitfragen³ sollen bei den Vorüberlegungen unterstützen. Die Kommentare liefern einige Informationen über die Gestaltungsmöglichkeiten.

³ Entnommen aus Kerres, M. (2018): Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote, 5. Auflage, Berlin: De Gruyter.

Welche Elemente des bestehenden Lernangebots können mit der VR-Lackierwerkstatt abgedeckt werden?

Im Zentrum der VR-Lackierwerkstatt steht das Üben der psychomotorischen Fähigkeiten für eine Lackierhandlung. Ergänzt wird dies durch Materialien zur Einstellungs- und Wissensvermittlung.

Zusätzlich kann ebenfalls ein kommunikativer Austausch über das Reflexionstool mit der Lerngruppe (peer to peer) oder zwischen lernender Person und den Lehrenden (face to face) stattfinden.

Schließlich können im Rahmen der Lernaufgaben Kundenaufträge simuliert und durch aktivierende Wissensfragen ergänzt werden, wodurch eine intensive Auseinandersetzung mit Verarbeitungsprozessen und Lackierverfahren gefördert wird.

Hier gilt zu entscheiden, welche Inhalte aus den Unterrichtseinheiten über die VR-Anwendung abgedeckt und welche bereits verwendeten Materialien für die Lernaufgaben genutzt werden sollen. Zur Vertiefung der inhaltlichen Gestaltung siehe auch das folgende Kapitel über die [Didaktische Grundlage der VR-Lackierwerkstatt](#).

Welche Zeitanteile werden in VR verbracht?

Die Dauer der VR-Phase ist von mehreren Faktoren abhängig:

- Dauer der einzelnen Lernaufgabe
- Anzahl der zu bearbeiteten Lernaufgaben
- Gruppengröße
- Lern- und Bearbeitungstempo der Lernenden

Die Dauer der Lernaufgabe(n) kann über das Autorentool beeinflusst und mit dem Testing abgeschätzt werden.

Was die individuellen Faktoren der Lernenden angeht, so sollte insbesondere für den VR-Einstieg mehr Zeit eingeplant werden. Lernende müssen sich zunächst an die Handhabung der VR-Anwendung gewöhnen. Zeitgleich sollte die Dauer der VR-Phase am Anfang auf 20 bis 30 Minuten pro Person beschränkt sein, um beispielsweise einer Muskelermüdung vorzubeugen.⁴

Wie wird die VR-Phase in die zeitliche Struktur eingebracht? Wie ist die VR-Phase zeitlich getaktet?

Die zeitliche Struktur bzw. Taktung der VR-Lackierwerkstatt obliegt der eigenen Gestaltung sowie räumlichen und sozialen Rahmenbedingungen für die VR-Lackierwerkstatt. Dabei ist Folgendes zu beachten:

- Für die gesamte Anwendung wird spezielles leistungsfähiges Equipment (siehe Kapitel [VR-Hardware](#)) benötigt, das sich in den institutionellen Räumlichkeiten (im Betrieb, in den Bildungszentren oder der Berufsschule) befindet.
- Für die VR-Anwendung wird eine Freifläche (siehe [Weitere Anforderungen und optionales Zubehör](#)) benötigt, die entweder nur für den Zeitpunkt der Nutzung oder fest einzurichten ist.

⁴ S. Theis, C. Pfendler, T. Alexander, A. Mertens, C. Brandl, C. M. Schlick (2016): Head-Mounted Displays – Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes. Physische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs, 1. Auflage, Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. ISBN: 978-3-88261-162-5, 162 Seiten, Projektnummer: F 2288, PDF-Datei.

- Nicht nur für das VR-Training, sondern auch für das Autorenwerkzeug und die Reflexionsanwendung wird ein leistungsstarker (Gaming-)PC/Laptop benötigt.

Das bedeutet, dass die VR-Phase nicht aus dem Unterricht ausgelagert werden kann, da die Lernenden üblicherweise nicht über die notwendige Hardware verfügen. Somit ist die Hardware nur in den Schulungsstätten verfügbar. Die Nutzung von mehreren VR-Stationen bzw. zeitversetztes Lernen und Reflektieren ist abhängig von der Anzahl der Geräteausstattung sowie von den räumlichen Möglichkeiten.

Bezüglich der Taktung der VR-Phasen sollte die Lernaufgabe der VR-Lackierwerkstatt oder eine kurze Übungseinheit die kleinste Einheit darstellen, da sie in sich geschlossene Lernhandlungen darstellen. Dabei gilt zu entscheiden, ob mehrere Aufgaben hintereinander im Rahmen der VR-Phase bearbeitet werden sollen oder diese intermittierend auftauchen.

Falls mehrere Lernaufgaben bearbeitet werden, kann entschieden werden, ob diese nacheinander getaktet oder gleichzeitig freigeschaltet werden. Bei der Freischaltung mehrerer Aufgaben können die Lernenden an unterschiedlichen Themen in ihrem eigenen Tempo arbeiten und sogar Aufgaben mehrmals ausführen. Die unterschiedlichen Geschwindigkeiten gilt es zu berücksichtigen und möglicherweise durch Fristen zu regulieren.

VR ermöglicht andere Varianten, Lehren und Lernen zu organisieren. So bieten sich die folgenden Lernorganisationsformen der Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit an.

4.3 Lernszenarien

Die Ausgestaltung des Lernprozesses der VR-Phase ist abhängig von den räumlichen und zeitlichen Ressourcen sowie von der Anzahl der VR-Equipments. Im Rahmen des Projekts wurden unterschiedliche Lernszenarien mit Dozierenden erarbeitet und diskutiert. Eine Auswahl an möglichen Lernszenarien wird im Folgenden beschrieben. Dabei handelt es sich um Anregungen, die für die Anwendung im eigenen Lernkontext geprüft werden müssen. Darüber hinaus sind sowohl Kombinationen der vorgestellten als auch weitere Lernszenarien, insbesondere im Hinblick auf weitere technologische Entwicklungen, denkbar.

Szenario: Einzelbearbeitung

In diesem Lernszenario bearbeiten die Lernenden die VR-Lernaufgaben einzeln und besprechen die Lerndaten im direkten Austausch mit den Lehrenden.



Die VR-Phase findet als separate Einheit parallel zur Gesamtgruppe und zum klassischen Unterricht statt. Dies ermöglicht eine intensive Einzelbetreuung vor allem im Hinblick auf die Nachbesprechung in der Reflexionsanwendung. Hierbei ergeben sich aus pädagogischer Sicht unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten, in denen starke bzw. weit

fortgeschrittene Lernende sich an schwierigen Aufgaben versuchen können und leistungsschwächere Lernende durch zusätzliche Übungsmöglichkeiten gefördert werden.

Gleichermaßen erfordert dieses Setting eine hohe Selbststeuerungskompetenz der Lernenden. Ebenso besteht ein mögliches (Arbeits-)Sicherheitsrisiko, wenn die Lernenden allein und unbeaufsichtigt mit dem VR-Equipment arbeiten.

Abhängig von der Gruppengröße kann der zeitliche Aufwand der Einzelbetreuung, insbesondere hinsichtlich der Vorbereitung von Lernaufgaben sowie der Reflexion, für Lehrende erheblich sein.

Szenario: Tandem oder Kleingruppe

Ebenso können die Lernaufgaben im kooperativen Setting bearbeitet werden, auch wenn die Bearbeitung der Lernaufgaben und die Kontrolle der Lernlösung auf individueller Ebene stattfinden.

So kann die VR-Lernphase beispielsweise in einem Tandem von zwei Personen stattfinden, in der eine Person in VR die Lernaufgaben bearbeitet und die zweite Person zuschaut und als Betreuungsperson fungiert.



Hierdurch wird das (Arbeits-)Sicherheitsrisiko verringert, da die zweite Person intervenieren kann, sobald eine Verletzungsgefahr für die VR-nutzende Person besteht oder das Equipment droht, beschädigt zu werden.

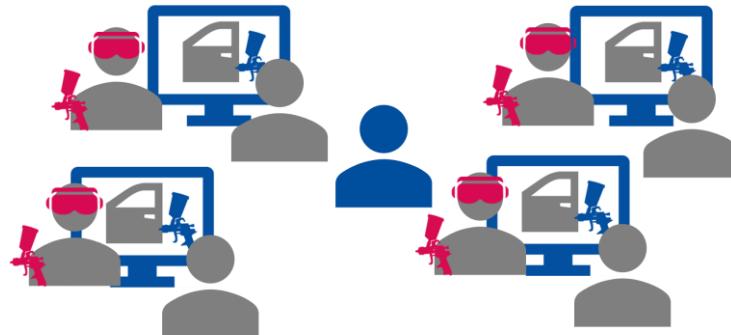
Des Weiteren kann eine zweite Person über das Streaming der VR-Anwendung die VR-nutzende Person unterstützen, wenn diese innerhalb der VR-Lackierwerkstatt nicht weiterkommt. So ist ebenfalls eine fachliche Unterstützung möglich und die Gruppenmitglieder können sich gegenseitig Feedback geben.

Auch in diesem Szenario ist diszipliniertes und selbstgesteuertes Arbeiten der Lernenden erforderlich. Gleichzeitig wird ein hohes Maß an Flexibilität in der Unterrichtsgestaltung hinsichtlich der Zeiträume oder Gruppenkonstellation ermöglicht. Auch die abschließende Reflexion kann zeitlich und sozial unterschiedlich ausgestaltet werden.

Je nach Umfang der VR-Ausstattungen können mehrere Tandems gebildet oder die Gruppengröße durch zusätzliche Personen erweitert werden, wobei es wichtig ist, diesen Personen einen zentralen Arbeitsauftrag zuzuteilen.

Szenario: gesamte Gruppe im Tandem

In diesem Szenario bearbeiten alle Auszubildenden gleichzeitig die Lernszenarien in Zweierteams. Die Lehrkraft kann die Gruppen beaufsichtigen und fachlich wie tutoriell betreuen.

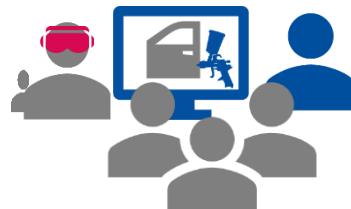


Während die vorangegangenen Lernszenarien eher als entkoppelte Parallelernphasen umgesetzt werden, ist die VR-Phase als eigenständige Einheit für die gesamte Lerngruppe zu sehen. Somit muss die VR-Phase mit den bestehenden Unterrichtseinheiten abgestimmt und in diese integriert werden, damit die zeitlichen Ressourcen für dieses Szenario geschaffen werden können. Die Reflexion kann dann gruppenweise oder vor allen Teilnehmenden erfolgen.

Szenario: Einzelbearbeitung vor der gesamten Gruppe

In diesem Szenario bearbeitet eine lernende Person die Aufgaben in VR, während die restliche Gruppe über den Stream des Laptops dabei zuschaut.

Die Lernenden können sich mit den Lernaufgaben abwechseln und die Reflexion der Lernleistung kann von den Lehrenden gemeinsam mit der Gruppe vorgenommen werden. Durch die kommunikativen Aktivitäten und den intensiven Austausch wird kooperatives Lernen unterstützt.



Dieses Szenario bietet sich an, wenn es allgemein um die Einführung im Umgang mit der VR-Lackierwerkstatt geht oder wenn fachliche Grundlagen im Bereich Fahrzeuglackieren vermittelt werden sollen. In diesem Fall sind sehr kurze Lerneinheiten innerhalb der Lernaufgaben zu empfehlen.

Auch dieses Szenario muss als eigenständige Lerneinheit für die gesamte Lerngruppe geplant werden, da die Lernenden innerhalb dieser Phase keine anderen Aufgaben bearbeiten können.

4.4 Verhaltensregeln in der Gruppe

Beim Einsetzen von VR-Anwendungen in der Gruppe ist es wichtig, gewisse Verhaltensregeln zu etablieren. Die Lernenden sollten für den respektvollen und verantwortungsbewussten Umgang miteinander sensibilisiert werden. Im Folgenden werden Beispiele für solche Verhaltensregeln aufgestellt, die Ideen liefern sollen, wie das Miteinander in der Gruppe für alle Teilnehmenden ein lehrreiches und angenehmes VR-Erlebnis ermöglichen kann. Ergänzt wird dies mit einem Leitfaden zur Netiquette in VR.

Unfall- und Sturzgefahr vermeiden

Da durch räumliches Tracking die Bewegungsfreiheit in einem begrenzten Raum ermöglicht wird, besteht prinzipiell die Gefahr, dass die Person, die eine VR-Brille nutzt, diese Grenzen überschreitet und auf Hindernisse stößt. Deshalb sollten die Lernenden aufeinander Acht geben und die anwendende Person, wenn nötig informieren, wenn sie an ein Hindernis zu stoßen droht.

Auf Berührungen sollte hierbei jedoch nach Möglichkeit verzichtet und diese nur im Notfall eingesetzt werden. Zu bevorzugen sind verbale Warnsignale, wobei vorab die Lautstärke von Kopfhörern entsprechend reguliert werden muss. Abgesehen von Hindernissen durch Wände und Möbel ist ein weiteres Beispiel für eine potenzielle Gefahr noch ein auf dem Boden liegendes Kabel, über das die Anwendenden stolpern könnten.

Vertrauen und gegenseitiger Respekt

Für ein angenehmes und förderliches VR-Erlebnis sind Respekt und gegenseitiges Vertrauen wichtig. Die Lernenden müssen dafür sensibilisiert werden, dass die Person, die das VR-System gerade verwendet, nicht erschreckt oder willkürlich desorientiert werden darf.

Nicht zulässig sind demnach z. B. laute Geräusche, zu nahe Herantreten allgemein und plötzliches Sprechen aus unmittelbarer Nähe sowie unangekündigte Berührungen. Außerdem darf das Vertrauen einer anwendenden Person nicht missbraucht werden, indem falsche Informationen über vorhandene Raumkapazitäten gegeben oder Bewegungsanweisungen erteilt werden, mit denen die Person absichtlich in die Irre geführt oder einer Unfallgefahr ausgesetzt wird.

Verhindern von Mobbing und Missbrauch

Wie in jedem sozialen Gefüge innerhalb eines Lernkontexts müssen Lehrende und Lernende für das Thema Mobbing sensibilisiert und die Lernenden vor möglichem Mobbing geschützt werden. Aus diesem Grund ist zu empfehlen, vorab bestimmte Verhaltensregeln, wie hier beschrieben, in der Gruppe festzulegen und von allen Teilnehmenden bestätigen zu lassen. Das Verhindern von Mobbing sollte demnach nicht nur der Verantwortung einer lehrenden Person überlassen werden, sondern auch die aktive Teilnahme aller Lernenden umfassen.

Wenn Verhaltensregeln wiederholt gebrochen werden, der Regelbruch sich auffällig häufig auf dieselbe Person bezieht oder oft von einer bestimmten Person ausgeht, sollte das direkte Gespräch mit den Beteiligten gesucht werden. Im äußersten Fall, bei wiederkehrendem Regelbruch trotz Verwarnung und Ansätzen zur Konfliktlösung, sollten weitergehende Maßnahmen, wie z. B. ein Ausschluss aus dem gruppenbasierten VR-Lernkontext, in Betracht gezogen werden.

Über dies hinaus muss sichergestellt sein, dass weder Lernende noch Lehrende Opfer von physischer und psychischer Gewalt sowie sexuellen Übergriffen werden.

4.5 Hygienehinweise

Bei der Nutzung der VR-Hardware durch mehrere Personen ist es wichtig, ein besonderes Augenmerk auf die Hygiene zu legen. Da sich bei der Nutzung der Geräte schnell Hitze und folglich Schweiß bilden können, sollten die Geräte regelmäßig und gründlich gereinigt

werden. So kann das Risiko einer Ansteckung mit übertragbaren Krankheiten, wie z. B. Bindegautentzündung oder Herpes, vermindert werden.

Die folgenden Hygieneregeln sollten immer beachtet werden:



- Reinigen und Desinfizieren nach jeder Anwendung
- Desinfizieren von Außenseiten, wie Ledergesichtspolstern, harten Oberflächen von Headsets sowie anderen Geräten (z. B. Controller)
- Vermeiden des direkten Kontakts zwischen Haut und Schaumstoff der VR-Brille

Zum Schutz der Geräte sollte Desinfektionsmittel nie direkt auf die Oberfläche aufgesprüht werden. Stattdessen wird empfohlen, das Reinigungsmittel auf ein Tuch aufzutragen und damit gründlich über die Flächen zu reiben.

Für genaue Angaben zur Reinigung des Geräts sollten immer die Hinweise des Herstellers, die in der jeweiligen Gebrauchsanweisung zu finden sind, beachtet werden.⁵

Eine Übersicht über mögliche Hygieneprodukte befindet sich im Kapitel [Weitere Anforderungen und optionales Zubehör](#).

4.6 Beeinträchtigungen und Motion Sickness

Laut einer aktuellen Studie ist der längere Einsatz von Head-Mounted-Displays im Allgemeinen nicht bedenklich für die Gesundheit. Dennoch sollte den Lernenden vor allem bei der ersten Nutzung ausreichend Zeit und Freiraum gegeben werden, die VR-Anwendung und ihre Funktionen kennenzulernen und sich in der virtuellen Umgebung zurechtzufinden. Wenn das Gewicht der VR-Brille ungleichmäßig verteilt ist, kann es zudem die Kopfhaltung beeinflussen. Um dadurch ausgelöster Muskelermüdung vorzubeugen, ist eine physiologische Eingewöhnungsphase von 20 bis 30 Minuten zu empfehlen. Im Allgemeinen sollten bei einem längeren Einsatz regelmäßige kurze Pausen eingehalten werden, um Kopf-, Nacken- oder Augenschmerzen zu vermeiden.

Brillen- oder Kontaktlinsenträger werden empfohlen, ihre Sehhilfen während der Nutzung nicht abzunehmen, damit der 3D-Effekt nicht schwindet. Für diese Fälle sind Abstandshalter für einige VR-Brillenmodelle verfügbar. Alternativ kann der Abstand zu den Linsen vergrößert werden, damit die Sehhilfe nicht an den Linsen kratzt und diese beschädigt.

Bei vielen Brillenmodellen gibt es inzwischen die Möglichkeit, den Pupillenabstand einzustellen, sodass er individuell angepasst werden kann. Ein falsch eingestellter Abstand strengt Augen und Gehirn mehr an und kann somit als unangenehm empfunden werden.

Für einige wenige Personen ist die Nutzung von VR-Headsets nicht ratsam. So weisen die Hersteller explizit auf ein erhöhtes Risiko für Verletzungen, Beschwerden oder Sachschäden bei binokularen Sehstörungen, psychischen oder anderen schwerwiegenden Erkrankungen (z. B. Herzerkrankungen) hin. Sind beispielsweise Beeinträchtigungen in der Beweglichkeit und/oder im Gleichgewicht vorhanden, kann die Anfälligkeit für Nebenwirkungen erhöht sein.

⁵ <https://immersive-display.com/de/>

Ebenso kann die aktuelle Tagesform die persönliche Anfälligkeit für Nebenwirkungen beeinflussen:



- Müdigkeit oder Erschöpfung
- Alkohol- oder Drogeneinfluss
- emotionaler Stress oder Angstzustände
- Erkältung, Grippe, Migräne oder allgemeine Kopfschmerzen

Liegt eine der oben genannten Vorerkrankungen vor bzw. kann eine Person eine Frage mit Ja beantworten, sollte davon abgesehen werden, die VR-Anwendung zu nutzen.

Auch wenn die beschriebenen Beeinträchtigungen nicht zutreffen, kann es unter Umständen passieren, dass Symptome von „Motion Sickness“ auftreten. Diese ähneln der Reise- bzw. Seekrankheit.

Dies tritt in Form von unterschiedlichen Symptomen auf:

- allgemeines Unbehagen oder Unwohlsein
- Übelkeit, Magenbeschwerden, Aufstoßen oder übermäßiger Speichelbluss
- Sehbeeinträchtigungen, z. B. verändertes, verschwommenes oder doppeltes Sehen, müde Augen
- Schwitzen
- Störung der Hand-Augen-Koordination
- Benommenheit, Ohnmacht oder Krampfanfälle
- Orientierungslosigkeit oder Konzentrationsschwierigkeiten
- Gleichgewichtsstörungen oder Schwindel
- Schläfrigkeit oder Erschöpfung

Wenn eines der beschriebenen Symptome auftritt, sollte die Nutzung der VR-Brille unterbrochen werden.

Ebenso können diese Symptome nach der Nutzung noch auftreten, ähnlich wie wenn Menschen von Bord eines Schiffes gehen. Weiterhin kann ein erhöhtes Verletzungsrisiko in der realen Welt bestehen.

4.7 Heranführung und Befähigung der Auszubildenden

Vor der ersten Nutzung des VR-Lernsystems mit der Unterrichtsgruppe sollte eine kurze Einführungsphase in die VR-Lackierwerkstatt erfolgen. Sie beinhaltet

- eine Vorstellung der VR-Lackierwerkstatt mit den angestrebten Lernzielen,
- einen ersten Überblick über die VR-Anwendung und Bedienung der Hardware,
- eine Vorstellung des Ablaufs des VR-Einsatzes und
- eine Erklärung zu Hygiene- und Verhaltenshinweisen.



Für die Einführung wurden Materialien im Rahmen des Projekts entwickelt, die im GitHub von HandLeVR unter „Begleitmaterialien“ (<https://github.com/HandLeVR/begleitmaterialien>) heruntergeladen werden können.

Kurzer Austausch, um Feedback aus der Gruppe zu erhalten:

- Wer hat bereits Erfahrung mit VR gemacht?
- Wer hat Ängste und Vorbehalte gegenüber VR-Technologien? Wer möchte die VR-Lackierwerkstatt nicht nutzen?

Nicht jede Person ist offen für die Nutzung von VR-Equipment. Die Gründe hierfür sind unterschiedlich und sollten in jedem Fall ernst genommen werden. Liegen Ängste oder Vorbehalte vor, kann ein klarendes Gespräch helfen.

Manchmal trauen sich manche Personen erst zu, VR zu benutzen, nachdem sie bei anderen zuschauen konnten. Anderen hilft eine generelle **VR-Einführung**, um sich mit dem Medium vertraut zu machen. Hier gibt es von den Herstellern (z. B. Oculus First Contact) einfache kostenfreie VR-Erfahrungen.

Falls diese Maßnahmen bei besonders ängstlichen oder zurückhaltenden Personen nicht helfen, sollte ihre Entscheidung, VR nicht zu nutzen, respektiert werden.

Außerdem gibt es eine Reihe von gesundheitlichen Beeinträchtigungen, bei denen die Nutzung von VR-Headsets nicht ratsam ist oder die die Anfälligkeit für Nebenwirkungen beeinflussen (siehe Kapitel [Beeinträchtigungen und Motion Sickness](#)). Dieser Aspekt sollte ebenfalls im Rahmen der Einführung angesprochen werden. Dabei sollten die betroffenen Personen die Möglichkeit erhalten, sich vertraulich an die Lehrenden zu wenden.

Ist die Einführung abgeschlossen, können die Lernenden die VR-Anwendung zum eigens definierten Zeitpunkt nutzen. Hier stehen den Lernenden unterschiedliche Begleitmaterialien zur Verfügung, die insbesondere beim Einstieg unterstützen:

- Tutorial-Video
- Tutorial Lernaufgabe der VR-Lackierwerkstatt
- Textdokument zur Bedienung der VR-Lackierwerkstatt
- Textdokument zu Gesundheitsaspekten und Verhaltensregeln in der Gruppe

5 Didaktische Grundlage der VR-Lackierwerkstatt

Die Inhalte der VR-Lackierwerkstatt sind nach einem Instruktionsdesign-Modell⁶ aufbereitet, das sich in vier Komponenten einteilen lässt:

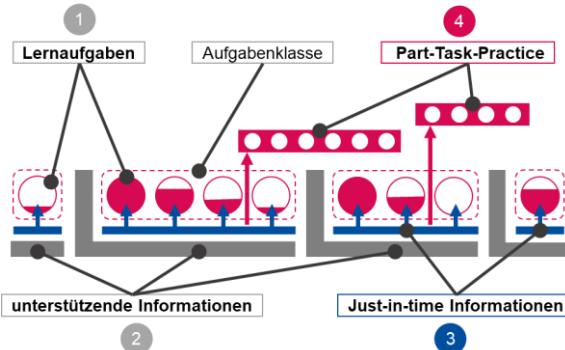


Abbildung 8: schematische Darstellung des 4C/ID-Modells nach van Merriënboer et al.

1. **Lernaufgaben** sind organisiert in **Aufgabenklassen**. Aufgabenklassen unterscheiden sich in ihrer Komplexität. Am Anfang bearbeiten Lernende einfache Aufgabenklassen (z. B. Neuteillackierung), später schwierige Aufgabenklassen (z. B. Spot Repair).
2. **Unterstützende Informationen** sind das Verbindungsstück zwischen vorhandenem Wissensschatz und dem in der auszuführenden Lernaufgabe benötigten Wissen. Unterstützende Informationen können sehr unterschiedlich dargeboten werden, z. B. über Datenblätter oder VR-Aufnahmen des Meisters.
3. **Just-in-Time-Informationen** sind bedarfsoorientierte Informationen zur Aufgabenausführung. Beispielsweise kann ein Strahl vor der Lackierpistole die Lernenden bei der Einhaltung des optimalen Abstands zum Werkstück unterstützen.
4. **Part-Task-Practices** sind zusätzliche Übungsmöglichkeiten für Teilespekte (z. B. Einhalten des idealen Winkels zwischen Pistole und Werkstück), die wiederholtes Üben erfordern.

Das Modell dient der Konzeption von mehrstufigen Lernangeboten zur Vermittlung von komplexen Fertigkeiten und basiert auf psychologischen Lerntheorien, Theorien der Informationsverarbeitung und Ansätzen des Instruktionsdesigns.

Das Modell folgt einem ganzheitlichen Ansatz und zielt dabei auf den integrativen Kompetenzerwerb ab. Die für die erfolgreiche Aufgabenbewältigung nötigen Teilkompetenzen (Wissen, Fertigkeiten und Einstellungen) werden gleichermaßen adressiert. VR bietet die Möglichkeit, den integrativen Kompetenzerwerb in VR zu fördern, indem vor allem motorische Handlungsabläufe gefestigt werden, aber auch das zugrundeliegende theoretische Wissen und Einstellungen vermittelt werden. Zusätzlich erlaubt das Modell eine flexible Anpassung auf die Bedürfnisse der Lernenden. Durch die variierende Komplexität der Aufgaben sowie durch die verfügbaren Hilfestellungen kann der Schwierigkeitsgrad auf die Lernenden zugeschnitten werden. Darüber hinaus wird die mit den Lernaufgaben steigende Expertise der Lernenden berücksichtigt, indem das Ausmaß an unterstützenden Maßnahmen idealerweise abnimmt.

⁶ Das Four-Component Instructional Design, oder kurz: 4C/ID-Modell von van Merriënboer et al.

Die VR-Lackierwerkstatt beinhaltet bereits eine Vielfalt an Lernaufgaben für die Aufgabenklasse „Neuteillackierung“, die nach dem vorgestellten didaktischen Modell konzipiert worden sind.



Die Drehbücher befinden sich im GitHub von HandLeVR unter „Begleitmaterialien“ (<https://github.com/HandLeVR/begleitmaterialien>).

Sie sind entweder bereits im System hinterlegt oder liegen im Drehbuchformat vor. Sie können 1 : 1 übernommen oder aber auch als Inspiration für die Erstellung eigener Lernaufgaben verwendet werden. Nachfolgend sind einige Anregungen und Anhaltspunkte für die Erstellung von eigenen Lernaufgaben aufgeführt.

5.1 Tipps zur Gestaltung von Lernaufgaben

Im Rahmen des Projekts sind die Ausbildungsinhalte in die Konzeption der VR-Lackierwerkstatt überführt worden. Entstanden sind verschiedene Lernaufgaben, die in drei Aufgabenklassen aufgeteilt sind. Sie sind teilweise in der VR-Lackierwerkstatt umgesetzt worden. Weitere Lernaufgaben liegen als Drehbuch vor und können mithilfe des Autorentools umgesetzt werden.

Lernaufgaben sollten eine Handlung bzw. Anwendungssituation abbilden, die konkret, authentisch und ganzheitlich ist. Auf die Praxis bezogen bedeutet dies, dass die Lernaufgaben einen vollständigen Lackiervorgang bzw. Kundenauftrag abbilden, so wie die Lernenden ihn im Berufsalltag bearbeiten.

Die Präsentation bzw. Bearbeitung der Lernaufgabe kann mit fachspezifischen Informationen (unterstützende Informationen), die für die Lösung der Lernaufgabe nötig sind, kombiniert werden. Außerdem können bedarfsgerecht Hinweise zur Aufgabenbearbeitung dargeboten werden (Just-in-Time-Informationen) oder besonders schwierig zu erlernende Teilkompetenzen in ausgelagerten Übungen vertieft werden.

Lernaufgaben innerhalb einer Aufgabenklasse können gemäß Modell unterschiedlichen didaktischen Methoden folgen:

Fallstudie	Die Auszubildenden erhalten einen abgeschlossenen Kundenauftrag, der bereits vom Meister optimal bearbeitet wurde. Ausgangsstatus, Lösungsweg und Ziel sind vorgegeben. Die Auszubildenden sollen den Auftrag anschließend selbst bearbeiten.
umgekehrt	Die Auszubildenden erhalten das Ergebnis eines misslungenen Kundenauftrags. Ziel ist es, die Fehler und ihre Ursachen zu analysieren, um anschließend den Kundenauftrag erneut zu bearbeiten.
Imitation	Die Auszubildenden erhalten eine Arbeitsprobe, die vom virtuellen Meister in korrekter Ausführung vorgeführt wird. Sie sollen den virtuellen Meister und seine Bewegungen bei der Applikation des Lacks genau beobachten und es ihm bei der Wiederholung des Kundenauftrags gleichen.
spezifisches Ziel	Die Auszubildenden sollen einen unvollständigen Kundenauftrag bearbeiten. Dazu fehlen ihnen jedoch relevante Informationen, die sie erst erarbeiten müssen, bevor sie Lack auf das Werkstück applizieren.

Vervollständigung	Die Auszubildenden erhalten einen angefangenen Kundenauftrag, den sie auf Basis der bereitstehenden Informationen abschließen sollen.
konventionell	Die Auszubildenden sollen selbstständig einen Kundenauftrag bearbeiten.

Tabelle 4: Gestaltungsmöglichkeiten Lernaufgaben

Die Lernaufgaben innerhalb der Aufgabenklassen sollten sich voneinander unterscheiden (z. B. unterschiedliche Werkstücke, Lacke), um den Transfer in die Praxis zu erleichtern. Unterstützende Maßnahmen sollten mit zunehmender Kompetenz der Lernenden seltener werden.

Die erste Aufgabenklasse behandelt **Neuteillackierungen**. In den darauffolgenden Klassen werden **Reparatur-** sowie **Spot-Repair-Lackierungen** thematisiert. Die erste Aufgabenklasse besteht aus insgesamt sechs Lernaufgaben, die einen immer höheren Schwierigkeitsgrad aufweisen (siehe Tabelle 4). Die höchste Unterstützung wird durch eine Fallstudie oder ein ausgearbeitetes Beispiel gegeben, das dem Lernenden einen Ausgangszustand, einen gewünschten Zielzustand und einen Lösungsweg präsentiert. Im weiteren Verlauf werden die Lernaufgaben komplexer. Unterstützende Maßnahmen werden weniger, Werkstücke und Lackaufbauten werden komplexer, bis schlussendlich ein kompletter Kundenauftrag weitgehend selbstständig bearbeitet werden soll. In der finalen Lernaufgabe einer Aufgabenklasse sehen die Lernenden lediglich das zu lackierende Werkstück vor sich und sollen es gemäß Kundenauftrag bearbeiten.

Just-in-Time-Informationen sind Hilfestellungen, die genau an der Stelle im Lernprozess eingesetzt werden, an der die Lernenden sie benötigen. Sie sind dafür gedacht, Routinen zu erzeugen, und werden deshalb immer auf dieselbe Weise durchgeführt. Im Falle der VR-Lackierwerkstatt handelt es sich hierbei um Hilfestellungen zur korrekten Führung der Lackierpistole, u. a. in Form eines Korrekturstrahls, der mit farblichen Markierungen genau anzeigt, ob man sich beim Lackievorgang im richtigen Abstand zum Werkstück befindet. Die Lernenden erhalten somit ein direktes Feedback während des Vorgangs und können ihre Bewegungen dementsprechend anpassen.

Die **unterstützenden Informationen** umfassen allgemein gültige Hinweise, die sich auf eine gesamte Aufgabenklasse beziehen. Sie sollen das nötige Basiswissen abbilden, das für alle Lernaufgaben innerhalb einer Klasse relevant ist. Sie können auch als Verbindung zwischen vorhandenem Wissen und auszuführender Lernaufgabe gesehen werden. Unterstützende Informationen können den Lernenden über verschiedene Multimedia-Elemente in VR dargeboten werden, z. B. als vertonte Präsentationsfolien, in denen die Unterschiede zwischen Ein-, Zwei- und Dreischichtlackierung erklärt werden, als Multiple-Choice-Fragen zu den Ursachen von Lackläufen oder als Datenblätter zu verwendeten Materialien.

Die letzte Komponente des didaktischen Prinzips der VR-Lackierwerkstatt sind gezielte Übungen - die **Part-Task-Practices**. Hierbei handelt es sich um zusätzliche Übungsaufgaben, die den Erwerb von Teilkompetenzen, die ein erhöhtes Maß an Routine benötigen, fördern. Dabei handelt es sich meist um elementare Fertigkeiten, die nur durch wiederholtes Anwenden in dauerhafte Routinen überführt werden können. Das Einhalten des korrekten Abstands zum Werkstück hat sich als Herausforderung für die Lernenden

erwiesen. Daher soll diese Teilsfertigkeit in drei Übungen der ersten Aufgabenklasse gesondert trainiert werden.

Durch den Einsatz von Part-Task-Practices wird berücksichtigt, dass Lernaufgaben möglicherweise nicht genug Wiederholung bieten, um bestimmte Aspekte zu festigen. Auch hierbei sind die Just-in-Time-Informationen verfügbar, damit die Lernenden auf genau die Menge an Hilfestellung zugreifen können, die sie benötigen. Dabei ist eine Verzahnung von Part-Task-Practices und den Lernaufgaben einer Aufgabenklasse elementar.

Die vorgestellte didaktische Grundlage wurde wie beschrieben in den Aufgabenelementen der VR-Lackierwerkstatt umgesetzt und kann nach den Bedarfen des eigenen Lernkontextes im Autorenwerkzeug angepasst werden. Die Elemente, die hierfür zur Verfügung stehen, werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

5.2 Elemente der VR-Lackierwerkstatt

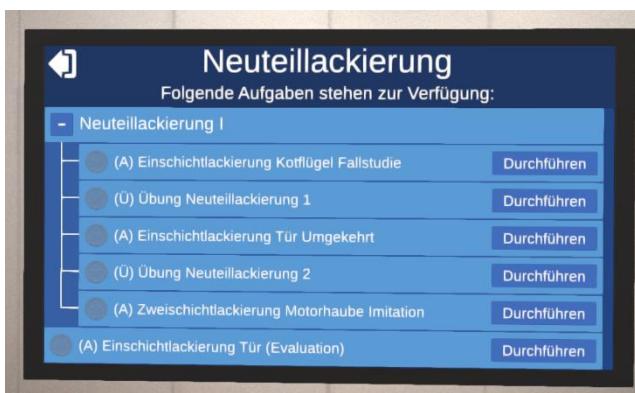
Die VR-Lackierwerkstatt setzt sich aus verschiedenen Elementen zusammen, die mithilfe des Autorenwerkzeugs individuell zusammengestellt werden können.

Monitor



Je nach Teilschritt werden auf dem Monitor verschiedene Informationen angezeigt. Er kann z. B. für das Anzeigen von Texten, Bildern oder Videos verwendet werden.

Aufgabensammlung, aufbereitet nach mediendidaktischen Prinzipien



Die im Projekt entstandenen Lernaufgaben sind nach Aufgabenklassen sortiert und werden in den entsprechenden Kategorien gelistet.

Folgende Arten von Lernaufgaben gibt es:

- Unterstützende Information (U): eine Lernaufgabe, die nur den Teilschritt **Unterstützende Information anzeigen** enthält (siehe Kapitel [Beschreibung der einzelnen Teilschritte](#)).
- Übung (Ü): eine kurze Lernaufgabe, die im Autorenwerkzeug entsprechend markiert wurde (siehe Kapitel [Lernaufgaben](#)).
- Lernaufgabe (A): eine normale Lernaufgabe.

Virtueller Ausbildungsmeister



Der virtuelle Ausbildungsmeisters führt die Auszubildenden mithilfe einer Sprechblase bzw. einer Audiospur durch die Lernaufgaben.

Er fungiert als Moderator, Lehrer und Unterstützer bei der Aufgabenbearbeitung. Die vermittelten Informationen können über die Einbindung eigener Audiodateien und Texte angepasst werden.

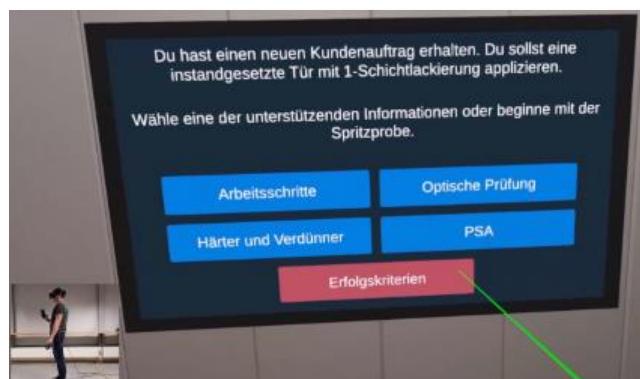
Auswahl einzelner Elemente



Bei Elementen mit unterschiedlichen Optionen wird ein Auswahlmenü generiert, bei dem die einzelnen Elemente mithilfe einer oder mehrerer schwarzer Kugeln ausgewählt werden.

Es erscheint beispielsweise bei Multiple-Choice-Aufgaben, bei mehreren unterstützenden Informationen oder der Farbauswahl durch die Auszubildenden.

Unterstützende Informationen zur Vertiefung von Wissen



Unterstützende Informationen können den Lernenden zu bestimmten Zeitpunkten einer Lernaufgabe über verschiedene Multimedia-Elemente dargeboten werden. Es lassen sich Präsentationsfolien (mit und ohne Audiospur), Bilder und Videos einbinden.

Variable Aufgabenbausteine zur Auffrischung von Wissenselementen



Mithilfe von Aufgabenbausteinen können einzelne Wissenselemente abgefragt und wiederholt werden. Im Autorenwerkzeug befinden sich drei Grundaufgabenarten:

- Schätzaufgaben (z. B. Temperatur, Dauer, Menge)
- Multiple-Choice-Aufgaben
- Sortieraufgaben

Die Bausteine dieser Aufgabentypen können individuell gestaltet werden. Die Ergebnisse der Aufgaben werden nicht gespeichert und dienen den Auszubildenden zur Wissensauffrischung.

Vorführung Farbauftag



Es besteht die Möglichkeit, einen Lackerauftrag in VR aufzunehmen und zu Demonstrationszwecken in eine Aufgabe einzubauen. Beim Aufnehmen können auch Kommentare über ein Mikrofon eingesprochen werden. Die Aufnahme wird dann in VR abgespielt und die Auszubildenden können beim Farbauftag aus einer beliebigen Position zuschauen.

Bedarfsorientierte Hilfestellungen bei der Ausführung des Lackerauftrags

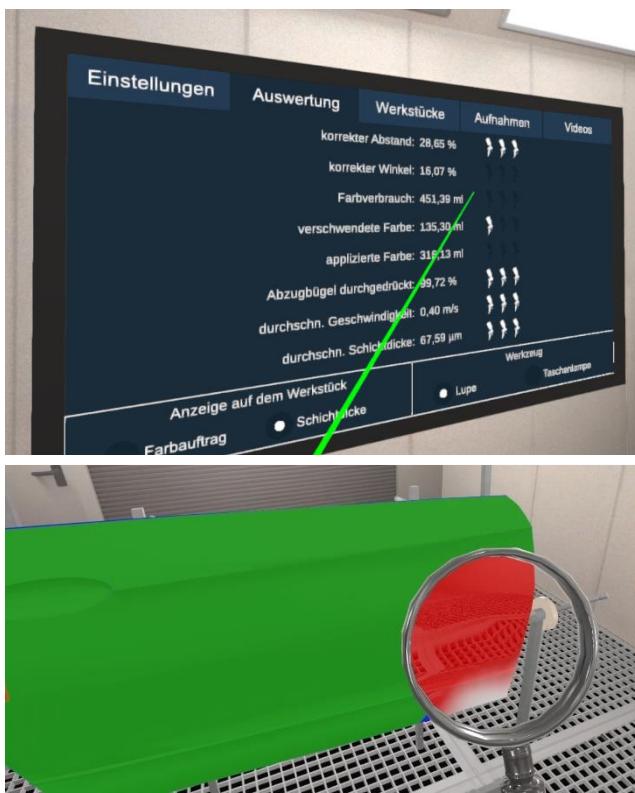


Beim Lackieren können den Lernenden verschiedene Hilfsmittel bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt werden.

Der Distanzstrahl bzw. die Distanzpeile unterstützen beim optimalen Abstand zwischen Werkstück und Lackierpistole. Der Winkelstrahl zeigt den korrekten Winkel der Lackierpistole an.

Über das Autorenwerkzeug können diese Hilfestellungen konfiguriert werden.

Direktes Feedback zur Lackierleistung



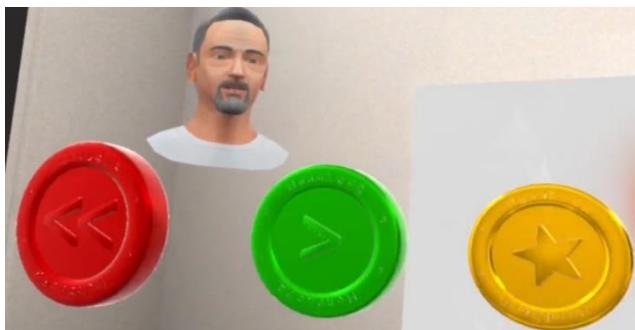
Auf dem Monitor werden unterschiedliche Erfolgskriterien angezeigt. Anhand der Anzahl der Lackierpistolen (maximal drei) wird die Leistung verschiedener Parameter ausgewertet.

Ebenso wird die Schichtdicke des lackierten Werkstücks anhand einer Heatmap abgebildet. Die angezeigten Farben geben eine erste Rückmeldung zum Ergebnis:

- Blau = zu dünn
- Rot = zu dick
- Grün = optimal

Die angezeigten Parameter können in den Einstellungen ausgewählt werden.

Münzen



Um zwischen den unterschiedlichen Teilschritten zu wechseln, müssen Münzen eingesammelt werden. So gelangt man über die grüne Münze in den nächsten Teilschritt, wenn der aktuelle abgeschlossen ist. Um in den vorherigen Teilschritt zurückzugehen, kann man die rote Münze nutzen.

Die goldene Münze wird am Ende jeder Aufgabe angezeigt. Mit ihr wird die Aufgabe abgeschlossen.

Selbsteinschätzung



Bevor eine Lernaufgabe abgeschlossen wird, kann eine Selbsteinschätzung eingefügt werden.

Hier können die Lernenden ihre Leistungen einschätzen, indem sie bis zu drei Lackierpistolen in einen bereitgestellten Korb platzieren.

Teil 2: Anwendungen der VR-Lackierwerkstatt

Zum Start der Anwendungen muss zunächst eine Verbindung zum Client-Server hergestellt werden.

Name	Änderungsdatum	Typ
Autorenwerkzeug_Data	24.11.2021 10:45	Dateiordner
config	24.11.2021 10:45	Dateiordner
Files	24.11.2021 10:45	Dateiordner
MonoBleedingEdge	24.11.2021 10:45	Dateiordner
Trainingsanwendung	24.11.2021 10:45	Dateiordner
Autorenwerkzeug	24.11.2021 10:45	Anwendung
restful-webservices-1.0-SNAPSHOT	24.11.2021 10:45	Executable Jar File
server	24.11.2021 10:45	Windows-Batchda...
UnityCrashHandler64	24.11.2021 10:45	Anwendung
UnityPlayer.dll	24.11.2021 10:45	Anwendungserwei...

Danach kann die VR-Lackierwerkstatt über die Anwendungsdatei **Autorenwerkzeug** gestartet werden. Hier erscheint zunächst eine Anmeldemaske, in der die persönlichen Profildaten (Nutzername und Passwort) eingegeben werden. Nach erfolgreicher Anmeldung erscheint das Hauptmenü mit Zugriff auf die Bereiche, die entsprechend der Rolle der Nutzenden freigeschaltet sind.

Das **Autorenwerkzeug** ist nur für die Rollen der Lehrenden freigeschaltet. Hiermit können Lernaufgaben erstellt und Nutzendenprofilen zugewiesen werden. Sie können anschließend in der **VR-Trainingsanwendung** bearbeitet und in der **Reflexionsanwendung** nachbesprochen werden. Hier können die Auszubildenden auf ihre persönlichen Daten zugreifen (weitere Informationen zu den Rollenprofilen siehe [Rollen in der VR-Lackierwerkstatt](#)).

Anmeldung

Nutzername
Passwort
Anmelden
Beenden

Handle VR

Anwendung wählen

Autorenwerkzeug
Trainingsanwendung
Reflexionswerkzeug
Abmelden
Beenden

Handle VR

6 Autorenwerkzeug

Das Autorenwerkzeug dient als Ausgangsbasis für die Vorbereitung des Unterrichts mit VR-Einsatz. Mit der computerbasierten Anwendung werden

- Lernaufgaben erstellt und bearbeitet,
- Nutzendenprofile bzw. Nutzergruppen angelegt und verwaltet sowie
- Aufgaben und Aufgabensammlungen erstellt, bearbeitet und zugewiesen.

Für die Nutzung des Autorenwerkzeugs sind keine Programmierkenntnisse notwendig. Insbesondere die Aufgabenbearbeitung basiert auf einem Baukastensystem, in dem einzelne Elemente per Drag-and-drop zusammengestellt und individuell konfiguriert werden können. Dabei ist die Verwendung von eigenen Texten, Audiospuren, Informationsmaterialien sowie Lacken möglich.

Die Hauptnavigation des Autorenwerkzeugs befindet sich auf der linken Seite. Dort befinden sich alle Bereiche zur Verwaltung, Erstellung oder Entfernung der Inhalte, Nutzendenprofile, Zuweisungen etc. Mit dem Pfeilbutton oben links gelangt man zum Hauptmenü zurück, um beispielsweise in die VR-Umgebung zu wechseln.



1. Über den oberen Pfeil gelangt man zurück ins Hauptmenü.
2. **Lernaufgaben:** Erstellung und Anpassung von Lernaufgaben
3. **Aufgabensammlungen:** Bündelung von Lernaufgaben nach Themenbereichen oder Zielgruppen (Lehrgänge bzw. Ausbildungsjahre)
4. **Nutzer/innen:** Erstellung und Verwaltung von Nutzendenprofilen und Aufgabenzuweisung auf Individualebene
5. **Gruppen:** Erstellung und Verwaltung von Nutzendengruppen sowie Aufgabenzuweisung auf Gruppenebene
6. **Lacke:** Konfiguration der in den Aufgaben verwendbaren Lacke
7. **Medien:** Einbindung und Verwaltung von Bild-, Video- und Audiodateien
8. **Aufnahmen:** VR-Aufnahmen

Tabelle 5: Übersicht Bereiche des Autorenwerkzeugs

Die einzelnen Bereiche des Autorenwerkzeugs sind nach dem gleichen Prinzip aufgeteilt:

The screenshot shows the software interface divided into three main sections:

- Section 1 (Left):** A table titled "Liste aller Lernaufgaben" (List of all learning tasks). It has columns for Name, Aufgabenklasse (Task class), Teilaufgaben (Subtasks), and Optionen (Options). The table contains several rows of tasks, each with a delete icon (red X) in the last column.
- Section 2 (Right):** A panel titled "Detailansicht" (Detail view). It includes fields for Name, Aufgabenklasse, and Übung. Below these are sections for "Beschreibung" (Description) and "enthaltene Teilaufgaben" (Contained subtasks).
- Section 3 (Bottom Center):** A horizontal bar with two buttons: "Neue Aufgabe erstellen" (Create new task) on the left and "Aufgabe bearbeiten" (Edit task) on the right.

Abbildung 9: Grundaufteilung

Auf der linken Seite befindet sich eine Übersicht über die vorhandenen Einträge (1) in den jeweiligen Kategorien, z. B. Aufgabenliste, Einträgen von Nutzenden etc.). Über die Liste können einzelne Einträge ausgewählt und bei Bedarf gelöscht werden. Wurde ein Eintrag in dieser Liste ausgewählt, werden auf der rechten Seite die Details dieses Eintrags angezeigt (2), z. B. Übersicht über die Teilaufgaben in der Aufgabe und Daten der Nutzenden etc. Über die Buttons unten (3) können die vorhandenen Einträge bearbeitet oder neue Einträge erstellt werden.

Informationen zur Erstellung und Bearbeitung werden in den dazugehörigen Kapiteln beschrieben. Insgesamt gibt es globale Funktionsweisen im Autorenwerkzeug, die hier beschrieben werden.

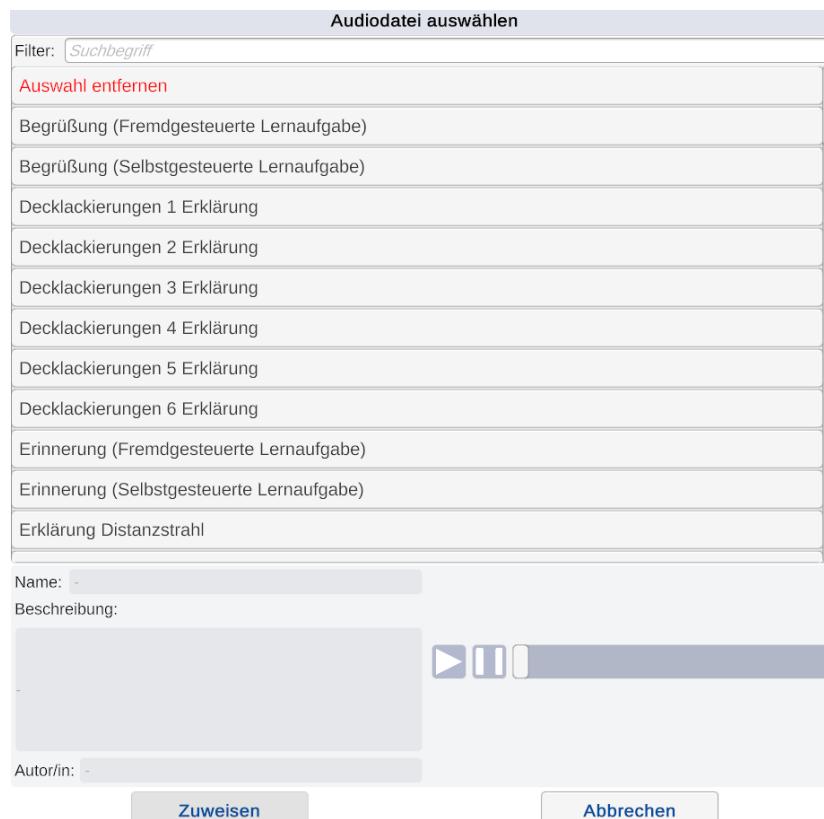
Tooltips

Generell sind bei allen editierbaren Feldern Tooltips mit Detailinformationen zu den jeweiligen Einstellungsmöglichkeiten hinterlegt. Sie werden angezeigt, sobald man mit der Maus über die **Feldbezeichnung** fährt.



Popup-Fenster

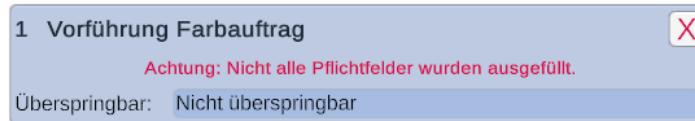
Zur Auswahl einzelner Elemente in den Bereichen werden die verfügbaren Elemente in einem Popup-Fenster angezeigt. Beispielsweise bei der Auswahl der Audiodateien in den einzelnen Teilschritten der Lernaufgaben.



In diesem Popup-Fenster werden alle verfügbaren Einträge bzw. Datensätze angezeigt. Über den **Filter** kann die Liste gezielt durchsucht werden. Ein Element kann durch einen Klick darauf ausgewählt werden, woraufhin weitere Details zu diesem Element unter der Liste angezeigt werden. Über **Zuweisen** wird das entsprechende Element übernommen.

Pflichtfelder

Zusätzlich handelt es sich bei einigen Feldern um Pflichtfelder, die mit einem * markiert sind. Das System prüft bei jeder Speicherung, ob alle Pflichtfelder ausgefüllt worden sind, und zeigt eine Fehlermeldung an, sollte dies nicht passiert sein. Ebenso werden insbesondere bei den Lernaufgaben alle Teilschritte angezeigt, bei denen diese Felder nicht vollständig ausgefüllt sind.



Im Folgenden werden alle Bereiche des Autorenwerkzeugs mit ihren möglichen Einstellungen beschrieben.

6.1 Lernaufgaben

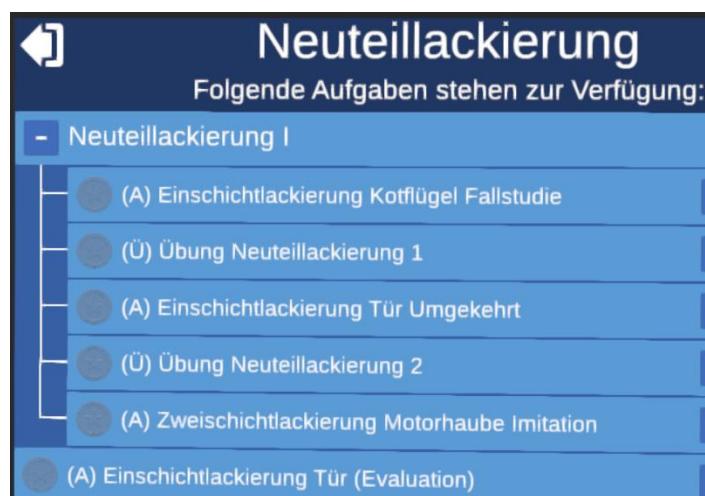
Im Bereich der Lernaufgaben kann die VR-Lackierwerkstatt inhaltlich gestaltet werden. Hier können eigene Lernaufgaben angelegt oder bestehende Lernaufgaben bearbeitet werden. Die Bearbeitung von Lernaufgaben ist nur dann möglich, wenn keine Ergebnisse hierzu existieren. Wurde die zu bearbeitende Lernaufgabe bereits von Auszubildenden durchgeführt, kann diese kopiert werden.

Das Konzept sowie allgemeine Anregungen zur Erstellung von Lernaufgaben werden im Kapitel [Didaktische Grundlage der VR-Lackierwerkstatt](#) beschrieben.

Demnach sind Lernaufgaben nach den Aufgabenklassen **Neuteillackierungen**, **Reparatur-** sowie **Spot-Repair-Lackierungen** sortiert. Diese Kategorisierung nach Aufgabenklassen ist ebenfalls im Autorenwerkzeug hinterlegt und dient als Grundlage für die Aufgabensorientierung.

Zusätzlich gibt es in der VR-Lackierwerkstatt drei verschiedene Aufgabentypen, die bei der Strukturierung der Lernaufgaben helfen sollen:

- Lernaufgabe (A): eine normale Lernaufgabe
- unterstützende Information (U): eine Lernaufgabe, die nur den Teilschritt **Unterstützende Information anzeigen** enthält (siehe Kapitel [Beschreibung der einzelnen Teilschritte einer Lernaufgabe](#))
- Übung (Ü): eine kurze Lernaufgabe, die im Autorenwerkzeug entsprechend markiert wurde



Für die Lernaufgaben sind (teils) leere Interaktionsbausteine entwickelt worden, die mit eigenen Inhalten gefüllt werden können. Hierfür können eigene Audiodateien, Texte, Abfragen, Präsentationen oder Bilder verwendet werden.

The screenshot shows two windows side-by-side. The left window, labeled (1), is titled 'Liste aller Lernaufgaben' and displays a table of tasks. The right window, labeled (2), is titled 'Detailansicht' and shows a detailed view of a selected task. A large red circle with the number 3 is overlaid at the bottom center, pointing to a button labeled 'Neue Aufgabe erstellen' (Create new task).

Name	Aufgabenklasse	Teilaufgaben	Optionen
Einschichtlackierung Kotflügel Fallstudie	Neuteillackierung	15	X
Einschichtlackierung Tür (Evaluation)	Neuteillackierung	12	X
Einschichtlackierung Tür Umgekehrt	Neuteillackierung	13	X
Tutorial	Neuteillackierung	14	X
Übung 1 (Evaluation)	Neuteillackierung	3	X
Übung Neuteillackierung 1	Neuteillackierung	5	X
Übung Neuteillackierung 2	Neuteillackierung	5	X
Zweischichtlackierung Motorhaube Imitation	Neuteillackierung	18	X

Detailansicht

Name: Einschichtlackierung Kotflügel Fallstudie Aufgabenklasse: Neuteillackierung Übung:

Beschreibung: Einschichtlackierung Kotflügel Fallstudie

enthaltene Teilaufgaben

- 1 Werkstück zurücksetzen
- 2 Einleitung/Überleitung
- 3 Einleitung/Überleitung
- 4 Single/Multiple Choice Frage
- 5 Einleitung/Überleitung
- 6 Schätztaufgabe
- 7 Schätztaufgabe
- 8 Vorführung Farbauftrag
- 9 Schätztaufgabe
- 10 Werkstück zurücksetzen
- 11 Spritzprobe
- 12 Werkstück lackieren
- 13 Single/Multiple Choice Frage
- 14 Evaluation
- 15 Einleitung/Überleitung

1

Auf der linken Seite befindet sich die Liste aller bestehenden Lernaufgaben:

- Name
- Aufgabenklasse
- Anzahl der Teilaufgaben

Mit dem **X** kann die Lernaufgabe gelöscht werden. Dies ist nur möglich, wenn die Aufgabe keiner Aufgabensammlung zugewiesen wurde. Nach dem Löschen werden alle Zuweisungen an Nutzende oder Gruppen entfernt.

Markiert man eine Lernaufgabe, so sieht man auf der rechten Seite (2) die Details dieser Lernaufgabe. Diese können hierüber überarbeitet werden.

2

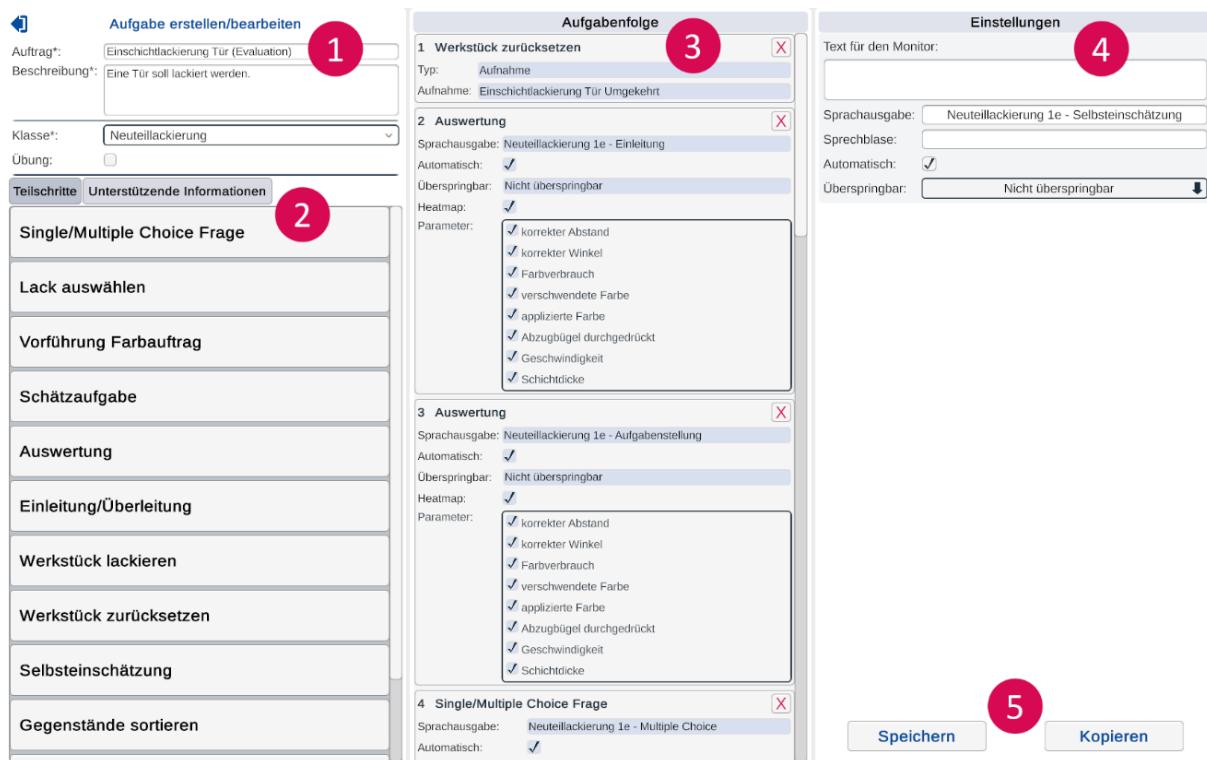
In der Detailansicht werden weitere Informationen zur Aufgabe angezeigt:

- Name
- Aufgabenklasse
- Angabe, ob es sich um eine Übung handelt
- Beschreibung und enthaltene Teilschritte

3

Im unteren Bereich kann man auf der linken Seite eine neue Lernaufgabe anlegen und auf der rechten Seite die ausgewählte Lernaufgabe bearbeiten.

Zur Bearbeitung und Erstellung von Lernaufgaben wird es ein gesondertes Fenster geöffnet, das sich aus verschiedenen Bereichen zusammensetzt:



- 1 Zur Erstellung einer neuen Lernaufgabe müssen zunächst die Grundinformationen zur Aufgabe wie der **Name der Aufgabe** und die **Beschreibung** eingetragen werden. Die Aufgabe muss ebenfalls einer **Aufgabenklasse** zugeordnet werden. Schließlich kann sie noch mit Aktivierung der Checkbox als **Übung** deklariert werden. Dann wird sie in der Aufgabenliste als Übung (Ü) angezeigt. Beinhaltet die Übung einen Lackierauftrag, fließen die Ergebnisse in die Reflexionsanwendung ein.
- 2 Anschließend kann die Lernaufgabe mithilfe der **Teilschritte** zusammengesetzt werden. Eine detaillierte Erklärung der einzelnen Teilschritte befindet sich im Kapitel [Beschreibung der einzelnen Teilschritte einer Lernaufgabe](#). Wird der Baustein „Unterstützende Informationen“ gewählt, können diese im Tab **unterstützende Informationen** ausgewählt werden.
- 3 Zum Arrangement der einzelnen **Teilschritte** können diese in die **Aufgabenfolge** gezogen werden. Dafür muss auf den gewünschten Teilschritt geklickt und dieser mit gedrückter Maustaste in die **Aufgabenfolge** gezogen werden. Die Reihenfolge der Teilschritte kann hier auf ähnliche Weise beliebig geändert werden.
- 4 Ist ein Teilschritt in der **Aufgabenfolge** ausgewählt, kann dieser rechts unter **Einstellungen** konfiguriert werden.
- 5 **Speichern** oder **Kopieren**: Änderungen an einer Aufgabe werden nicht automatisch gespeichert. Soll die aktuelle Version überschrieben werden, muss der Button **Speichern** betätigt werden. Dies ist nur möglich, wenn zu der Aufgabe noch keine Ergebnisse existieren. Die Aufgabe kann auch kopiert werden. Dann erscheint ein Popup, in dem ein Name für die Kopie vergeben werden kann.

Für die Zusammenstellung und Konfiguration von Lernaufgaben sind einige generelle Grundlagen zu beachten:

Um zwischen den einzelnen Teilschritten der Lernaufgabe navigieren zu können, werden die rote und grüne Münze als Navigationshilfen angezeigt.



Ebenfalls stellen der Monitor und insbesondere der virtuelle Ausbildungsmeister ein Bindeglied zwischen den einzelnen Teilschritten der Lernaufgabe dar.



Entsprechend können der Monitor, die Sprachausgabe des Ausbildungsmeisters und die Navigationseinstellungen der Münzen in nahezu allen Teilbausteinen konfiguriert werden. Diese können über die folgenden Elemente eingestellt werden:

Einstellungen	
Text für den Monitor:	<input type="text"/>
Sprachausgabe:	Neuteillackierung 1e - Selbsteinschätzung
Sprechblase:	<input type="text"/>
Automatisch:	<input checked="" type="checkbox"/>
Überspringbar:	Nicht überspringbar

Text für den Monitor: Freitextfeld für den Monitor. Hierüber können kurze Informationen bzw. Anweisungen zum Teilschritt eingefügt werden. Diese Option ist nicht in allen Teilschritten verfügbar. Hierbei gilt zu beachten, dass Textelemente in VR sparsam verwendet werden sollten.

Sprachausgabe: Auswahl der Audiospur für die Sprachausgabe des Ausbildungsmeisters. Sie können im Bereich **Medien** in **Audio** hochgeladen und über das Popup-Fenster ausgewählt werden. In den verschiedenen Teilschritten kommen die folgenden kontextbezogenen Sprachausgaben vor:

- Sprachausgabe: allgemeine Sprachausgaben für den Teilschritt
- finale Sprachausgabe: bei Feedback nach einer Aufgabe oder Spritzprobe
- Erinnerung: wird bei den unterstützenden Informationen abgespielt, wenn man ins Menü für die Auswahl einer unterstützenden Information zurückkehrt

finale Erinnerung: wird bei den unterstützenden Informationen abgespielt, wenn man ins Menü für die Auswahl einer unterstützenden Information zurückkehrt und die Mindestanzahl von unterstützenden Informationen angeschaut wurden.

Sprechblase: Ergänzende Sprechblase für den Ausbildungsmeister. Diese kann über das Freitextfeld erstellt werden. Hierfür sind maximal 50 Zeichen erlaubt.

Automatisch: Bei Aktivierung der Checkbox wird die Audiospur des Ausbildungsmeisters zu Beginn des Teilschrittes automatisch abgespielt.

Wird die Box nicht aktiviert, so muss der Ausbildungsmeister in VR mit der Lackierpistole angeklickt werden, damit er spricht.

Überspringbar: Die Auswahl hier beeinflusst, wann ein Teilschritt mithilfe der grünen Münze beendet werden kann. Die Auswahlmöglichkeiten können zwischen den einzelnen Teilschritten variieren, dabei stehen die folgenden Optionen zu Verfügung:

- nicht überspringbar: Die Audiospur des Ausbildungsmeisters sowie die Aufnahme des Farbauftags müssen bis zum Ende abgespielt werden, bevor der Teilschritt beendet werden kann.
- komplett überspringbar: Der gesamte Teilschritt kann direkt übersprungen werden.
- Sprachausgabe überspringbar: **Sprachausgabe überspringen** bedeutet, dass man nur die Sprachausgabe überspringen kann, aber nicht den Farbauftag (Ausnahmefall im Teilschritt **Vorführung Farbauftag**).

Teilschritte sind grundsätzlich überspringbar, wenn man diese bereits durchgeführt hat, man also über die rote Münze zu ihnen zurückgekehrt ist.

6.2 Beschreibung der einzelnen Teilschritte einer Lernaufgabe

Einleitung/Überleitung

Dieser Baustein fungiert als Element zur Moderation und Informationsübermittlung. Er wird über den Monitor und die Sprachausgabe des Ausbildungsmeisters bereitgestellt. Hier können längere Beiträge zur Informationsvermittlung oder die Inhalte und Zielsetzung der Lernaufgabe über Kommunikation des Ausbildungsmeisters vermittelt werden.

Einstellungen	
Text für den Monitor:	<input type="text"/>
Sprachausgabe:	<input type="button" value="Klicken zur Auswahl einer Audiodatei"/>
Sprechblase:	<input type="text"/>
Automatisch:	<input type="checkbox"/>
Überspringbar:	<input type="button" value="Nicht überspringbar"/> 

Die Lernaufgabe beinhaltet neben dem Text auf dem Monitor und der Sprachausgabe keine besonderen Konfigurationen.

Unterstützende Informationen anzeigen

Hier können unterstützende Informationen gebündelt auf dem Monitor angezeigt werden. Sie können aus Bildern, (vertonten) Präsentationen oder Videos bestehen.

Dieser Teilschritt kann entweder in eine Lernaufgabe integriert werden oder als einzelnes Element in der Aufgabenliste für die Lernenden angezeigt werden. Letzteres erfolgt dann, wenn eine Aufgabe nur unterstützende Informationen beinhaltet. Die unterstützenden Informationen werden in der Aufgabenliste mit **(U)** markiert. Die hinterlegten Informationen werden in der Trainingsanwendung mithilfe der Bälle ausgewählt.

In diesem Teilschritt können die folgenden Konfigurationen hinterlegt werden:

Einstellungen	
Text auf dem Monitor:	<input type="text"/>
Sprachausgabe:	<input type="button" value="Klicken zur Auswahl einer Audiodatei"/>
Sprechblase:	<input type="text"/>
Automatisch:	<input type="checkbox"/>
Überspringbar:	<input type="button" value="Nicht überspringbar"/> 
Erinnerung:	<input type="button" value="Klicken zur Auswahl einer Audiodatei"/>
Fin. Erinnerung	<input type="button" value="Klicken zur Auswahl einer Audiodatei"/>

Erinnerung: Diese Erinnerung wird vom virtuellen Ausbildungsmeister wiedergegeben, wenn man aus einer unterstützenden Information zurückkehrt. Diese Einstellung spielt keine Rolle, wenn **Sequentielle Abfolge** aktiviert ist.

Fin. Erinnerung: Diese Erinnerung wird vom virtuellen Ausbildungsmeister wiedergegeben, wenn man aus einer unterstützenden Information zurückkehrt und man bereits alle unterstützenden Informationen betrachtet hat. Diese Einstellung spielt keine Rolle, wenn **Sequentielle Abfolge** aktiviert ist.

Sequenzielle Abfolge:

Mindestanzahl*:

Unterstützende Information*:

Speichern
Kopieren

Teilschritte	Unterstützende Informationen
Bilder	
Erklärung Persönliche Schutzausrüstung	
Gütekriterien	
Erfolgskriterien	
Texte	
Video	
Video zur optischen Prüfung	
Arbeitsschritte	

Sequenzielle Abfolge: Wird diese Funktion aktiviert, so entfällt die Auswahl der einzelnen Elemente mit den Bällen. Stattdessen werden die Elemente in der Reihenfolge angezeigt.

Mindestanzahl: Der Teilschritt kann beendet werden, wenn die Mindestanzahl von unterstützenden Informationen betrachtet wurde.

Unterstützende Informationen: Hier kann die Auswahl der einzelnen Elemente hinterlegt werden (siehe [Beschreibung der unterstützenden Informationen](#)). Es können maximal sechs unterstützende Informationen zugewiesen werden.

Die Elemente können wie die Teilschritte mit gedrückter Maustaste in den Bereich unter **Unterstützende Informationen** gezogen werden. Abhängig von der unterstützenden Information können hier dann weitere Einstellungen vorgenommen werden.

Spritzprobe

Die Lernenden müssen eine Spritzprobe auf dem Testpapier durchführen. Bei einem Fehler erklärt der Ausbildungsmeister, der sich neben der Spritzprobe befindet, das Fehlerbild und mögliche Lösungen.

Für die Spritzprobe muss eine Sekunde lang auf das Papier gesprüht werden, bevor die Auswertung des Ausbildungsmeisters startet. In diesem Teilschritt können die folgenden Konfigurationen hinterlegt werden:

Einstellungen	
Text für den Monitor:	
Sprachausgabe: Klicken zur Auswahl einer Audiodatei	
Sprechblase:	
Automatisch:	<input type="checkbox"/>
Überspringbar:	Nicht überspringbar 
Mögliche Fehlerbilder:	
<input type="checkbox"/> gespaltener Spritzstrahl <input type="checkbox"/> Materialauftrag Mitte zu stark <input type="checkbox"/> Spritzstrahl einseitig gekrümmt <input type="checkbox"/> einseitig verschobenes Spritzbild <input type="checkbox"/> Spritzstrahl S-förmig <input type="checkbox"/> flatternder Spritzstrahl	
Fehlerbildwahrscheinlichkeit*: <input type="text"/> %	
Fin. Sprachausgabe: Klicken zur Auswahl einer Audiodatei	
Aktivierte Hilfestellungen:	
<input type="checkbox"/> Distanzstrahl <input type="checkbox"/> Distanzmarkierung <input type="checkbox"/> Winkelstrahl	
Lack*: Klicken zur Auswahl eines Lacks	

Aktivierte Hilfestellungen: Aktivierung von Distanzstrahl, Distanzmarkierung oder Winkelstrahl, die bei der Durchführung der Spritzprobe zur Verfügung stehen.

Lack: Auswahl des Lackes für die Spritzprobe.

Auswertung

Auf dem Monitor werden Parameter bezüglich des zurückliegenden Lackievorgangs angezeigt und eine Heatmap zur Visualisierung der Schichtdicke kann angezeigt werden. In diesem Teilschritt können die folgenden Konfigurationen hinterlegt werden:

Einstellungen	
Sprachausgabe: Klicken zur Auswahl einer Audiodatei	
Sprechblase:	
Automatisch:	<input type="checkbox"/>
Überspringbar:	Nicht überspringbar 
Heatmap:	<input type="checkbox"/>
Parameter*:	<input type="checkbox"/> korrekter Abstand <input type="checkbox"/> korrekter Winkel <input type="checkbox"/> Farbverbrauch <input type="checkbox"/> verschwendete Farbe <input type="checkbox"/> applizierte Farbe <input type="checkbox"/> Abzugbügel durchgedrückt <input type="checkbox"/> Geschwindigkeit <input type="checkbox"/> Schichtdicke

Mögliche Fehlerbilder: Auswahl von möglichen Fehlerbildern über die Checkboxen. Eines der aktivierten Fehlerbilder tritt mit der angegebenen Wahrscheinlichkeit auf.

Fehlerbildwahrscheinlichkeit (Angabe in %): die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Fehlerbildes. Der Wert muss zwischen einschließlich 0 und 100 liegen.

Fin. Sprachausgabe: Diese Sprachausgabe wird nach der Spritzprobe, unabhängig von auftretenden Fehlerfällen, abgespielt und überschreibt somit die Standard-Sprachausgabe.

Heatmap: Hier wird festgelegt, ob die Heatmap zur Visualisierung der Schichtdicke angezeigt wird. Verschiedene Farben zeigen dabei die Bereiche, in denen zu viel (Rot) bzw. zu wenig Farbe (Blau) oder die richtige Menge an Farbe (Grün) aufgetragen wurde. Die Werte hierfür werden den Eigenschaften des verwendeten Lackes entnommen.

Parameter: Anzuzeigende Parameter zum vergangenen Lackievorgang. Neben den Parametern werden bis zu drei Lackierpistolen angezeigt, die die Leistung widerspiegeln.

Werkstück lackieren

Der Teilschritt beinhaltet die Aufgabe, ein Werkstück zu lackieren. Der Lackievorgang wird durch das Einsammeln der grünen Münze beendet. In diesem Teilschritt können die folgenden Konfigurationen hinterlegt werden:

Einstellungen	
Text für den Monitor:	
Sprachausgabe: <input type="button" value="Klicken zur Auswahl einer Audiodatei"/>	
Sprechblase:	
Automatisch: <input type="checkbox"/>	
Überspringbar:	Nicht überspringbar
Werkstück*:	Tür
1. Schicht*:	<input type="button" value="Klicken zur Auswahl eines Lacks"/>
2. Schicht*:	<input type="button" value="Klicken zur Auswahl eines Lacks"/>
Minimale Lackierzeit*:	<input type="text"/> Sekunden
Aktivierte Hilfestellungen:	
<input type="checkbox"/> Distanzstrahl <input type="checkbox"/> Distanzmarkierung <input type="checkbox"/> Winkelstrahl	
(De)aktivierbare Hilfestellungen:	
<input type="checkbox"/> Distanzstrahl <input type="checkbox"/> Distanzmarkierung <input type="checkbox"/> Winkelstrahl	
Dauer Hilfestellungen:	<input type="text"/> Sekunden

dieser im Dropdown-Menü **Aus Teilschritt „Lack auswählen“** ausgewählt werden.

Minimale Lackierzeit: Dies bezeichnet die Mindestlackierzeit in Sekunden, bevor eine Auswertung angezeigt wird. Der Wert muss zwischen einschließlich 0 und 10 liegen.

Aktivierte Hilfestellungen: Auswahl der Hilfestellung zum Lackerauftrag. Zur Auswahl stehen:

- Distanzstrahl (Abstandsdarstellung durch Farbstrahl in Blau, Grün und Rot)
- Distanzmarkierung (Abstandsdarstellung mit Pfeilen)
- korrekter Winkel (gelber Lichtstrahl, der deutlicher sichtbar wird, je weiter der Winkel zwischen Lackierpistole und Werkstück vom optimalen Winkel abweicht)

Der optimale Abstand kann im Lack eingestellt werden und ist in der Regel 15 bis 20 cm. Der optimale Winkel zwischen Lackierpistole und Werkstück ist auf 90° eingestellt.

(De-)Aktivierbare Hilfestellungen: Die Hilfestellungen können durch die Nutzenden während des Lackievorgangs aktiviert oder deaktiviert werden. Hierfür erscheinen entsprechende Checkboxen auf dem Monitor.

Dauer Hilfestellung: Gibt an, wie lange die aktivierte Hilfestellung zu sehen sind.

Werkstück: Auswahl des zu lackierenden Werkstücks aus einer Dropdown-Liste.

Lack auf Werkstück: Der hier ausgewählte Lack befindet sich initial im trockenen Zustand auf dem Werkstück. Zur Auswahl stehen Lacks, die als Basislack, Grundierer und Decklack hinterlegt wurden. Soll das Werkstück unbeschichtet sein, ist **kein Basislack** auszuwählen.

Aufzutragender Lack: Mit dem hier ausgewählten Lack wird das Werkstück lackiert. Hier können alle verfügbaren Lacks verwendet werden (siehe [Lacke](#)).

Wurde der Baustein **Lack auswählen** verwendet, so kann

Lack

auswählen verwendet, so kann

Lack

Vorführung Farbauftrag

Ein Farbauftrag wird in VR vorgeführt. Die Basis der Vorführung liefern die Aufnahmen, die in der Trainingsanwendung im Probiermodus aufgezeichnet wurden und im Bereich Aufnahmen hinterlegt sind. In diesem Teilschritt können die folgenden Konfigurationen hinterlegt werden:

Einstellungen	
Text für den Monitor:	
Sprachausgabe: <i>Klicken zur Auswahl einer Audiodatei</i>	
Sprechblase:	
Automatisch:	<input type="checkbox"/>
Überspringbar:	Nicht überspringbar 
Aufnahme*:	<i>Klicken zur Auswahl einer Aufnahme</i>
1. Schicht*:	<i>Klicken zur Auswahl eines Lackes</i>
2. Schicht*:	<i>Klicken zur Auswahl eines Lackes</i>
Mögliche Hilfestellungen:	
<input type="checkbox"/> Distanzstrahl <input type="checkbox"/> Distanzmarkierung <input type="checkbox"/> Winkelstrahl	

verfügbar Lacke ausgewählt werden (siehe [Lacke](#)).

Wurde der Baustein **Lack auswählen** verwendet, so muss dieser im Dropdown-Menü **Aus Teilschritt „Lack auswählen“** ausgewählt werden.

Mit dem hier angegebenen Lack wird das Werkstück beim Abspielen der Aufnahme lackiert. Der Lack kann aus der Aufnahme stammen oder durch einen spezifischen Lack überschrieben werden.

Mögliche Hilfestellungen: Einblendung von zusätzlichen Hilfestellungen beim Abspielen der Aufnahme.

Aufnahmen: die Aufnahme, die abgespielt wird.

Lack auf Werkstück: Der hier ausgewählte Lack befindet sich initial im trockenen Zustand auf dem Werkstück. Zur Auswahl stehen Lacke, die als Basislack, Grundierer und Decklack hinterlegt wurden. Soll das Werkstück unbeschichtet sein, ist **kein Basislack** auszuwählen.

Aufzutragender Lack: Mit dem hier ausgewählten Lack wird das Werkstück lackiert. Hier können alle

Single-/Multiple-Choice-Frage

Auf dem Monitor wird eine Single-/Multiple-Choice-Frage eingeblendet, die von den Lernenden beantwortet werden muss. Die Beantwortung der Frage erfolgt durch die Zuordnung der Bälle in VR. In diesem Teilschritt können die folgenden Konfigurationen hinterlegt werden:

Einstellungen	
Sprachausgabe:	<i>Klicken zur Auswahl einer Audiodatei</i>
Sprechblase:	
Automatisch:	<input type="checkbox"/>
Überspringbar:	Nicht überspringbar
Fin. Sprachausgabe:	<i>Klicken zur Auswahl einer Audiodatei</i>
Frage*:	
Antworten mischen:	<input type="checkbox"/>
Minimale Anzahl Antworten*: 0	<input type="text" value="0"/>
Maximale Anzahl Antworten*: 0	<input type="text" value="0"/>
Antworten:	
Antwort 1:	<input type="text"/>
Die Antwort ist wahr:	<input type="checkbox"/>

Überspringbar: Hier wird dieser Teilschritt als komplett überspringbar eingestellt. So kann die Lösung ohne Auswahl der Antworten angezeigt werden. Ist nur die Sprachausgabe überspringbar, muss die minimale Anzahl von Antworten gegeben werden, um die Lösung anzuzeigen.

Frage: Freitext für die Fragestellung der Aufgabe.

Antworten mischen: Ist die Checkbox aktiviert, werden die Antwortmöglichkeiten bei jeder Anzeige gemischt.

Minimale und maximale Anzahl Antworten: Einstellung über einen Schieberegler:

- **Minimale Anzahl Antworten:** Dies steht für die Mindestanzahl von Antworten, um die Aufgabe lösen zu können, und muss mindestens auf „1“ eingestellt sein.
- **Maximale Anzahl Antworten:** Dies steht für die Anzahl der Kugeln, die für die Lösung der Aufgaben zur Verfügung stehen, sowie die Anzahl richtiger Antworten (z. B. „3“ bei drei richtigen Antworten).

Antworten: Antwortmöglichkeiten können als Freitext eingegeben werden.

Die Antwort ist wahr: Die Aktivierung der Checkbox markiert die Antwortmöglichkeit als korrekte Antwort. Mit dem Button können weitere Antwortmöglichkeiten hinzugefügt werden. Um Antwortmöglichkeiten wieder zu entfernen, kann der Button gedrückt werden.

Fin. Sprachausgabe: die Sprachausgabe des Ausbildungsmeisters, während die Lösung angezeigt wird.

Gegenstände sortieren

Abhängig von der Fragestellung müssen die richtigen Gegenstände aus einer Menge von verfügbaren Gegenständen ausgewählt und in einen Korb gelegt werden.

Färbt sich der Korb grün, sind alle Gegenstände korrekt eingesortiert und der Teilschritt wurde vollständig bearbeitet. In diesem Teilschritt können die folgenden Konfigurationen hinterlegt werden:

Einstellungen	
Text Monitor:	
Sprachausgabe:	<i>Klicken zur Auswahl einer Audiodatei</i>
Sprechblase:	
Automatisch:	<input type="checkbox"/>
Überspringbar:	Nicht überspringbar 
Gegenstände*:	
Gegenstand 1:	 <input data-bbox="754 864 833 909" type="button" value="+"/>
Kein Gegenstand ausgewählt 	
Text auf dem Gegenstand:	
Gegenstand muss in Behälter: <input type="checkbox"/>	

Text für den Monitor: In diesem Fall kann hiermit die Fragestellung angezeigt werden.

Überspringbar: Kann nur die Sprachausgabe übersprungen werden, müssen trotzdem die richtigen Objekte in den Korb gelegt werden. Aber es muss nicht gewartet werden, bis der Ausbildungsmeister zu Ende gesprochen hat, um fortfahren zu können.

Gegenstände: Formauswahl der angezeigten und beschrifteten Gegenstände:

- eckiger Kanister
- runder Kanister
- runder Kanister mit Zusatz
- Farbbehälter

Text auf dem Gegenstand: Beschriftung des Gegenstands.

Gegenstand muss in den Behälter: Das Aktivieren der Checkbox markiert den Gegenstand als korrekte Antwort. Mit dem Button **+** können weitere Gegenstände hinzugefügt und mit dem Button **-** Gegenstände entfernt werden.

Lack auswählen

Dies ermöglicht den Auszubildenden, den Lack für den Teilschritt **Werkstück lackieren** in der Lernaufgabe eigenständig auszuwählen. In diesem Teilschritt können die folgenden Konfigurationen hinterlegt werden:

Einstellungen

Text Monitor:

Sprachausgabe:

Sprechblase:

Automatisch:

Überspringbar: 

Lacke*:

Lack 1:  

Lacke: Vorauswahl der Lacke, zwischen denen die Nutzenden wählen können.

Schätzaufgabe

Dies ermöglicht das Schätzen eines Wertes anhand von unterschiedlichen interaktiven Objekten. In diesem Teilschritt können die folgenden Konfigurationen hinterlegt werden:

Einstellungen

Text für den Monitor:

Sprachausgabe:

Sprechblase:

Automatisch:

Überspringbar: 

Fin. Sprachausgabe:

Objekt: 

Minimum*: °C

Maximum*: °C

Text für den Monitor: In diesem Fall kann hiermit die Fragestellung angezeigt werden.

Objekt: Dies legt fest, welches Objekt genutzt werden kann, um die Schätzung abzugeben. Zur Auswahl stehen:

- Uhr (Angabe in Minuten)
- Messbecher (Angabe in Milliliter, maximal 1 Liter)
- Thermometer (Angabe in Grad Celsius, maximal 100 °C)

Minimum und **Maximum** stellen den unteren wie oberen Wertebereich der korrekten Lösung dar.

Selbsteinschätzung

Dies ermöglicht es, den eigenen Farbauftrag zu bewerten, indem goldene Farbpistolen (maximal drei) in einen Behälter gelegt werden.

Text für den Monitor:	<input type="text"/>
Sprachausgabe:	Klicken zur Auswahl einer Audiodatei
Sprechblase:	<input type="text"/>
Automatisch:	<input type="checkbox"/>
Überspringbar:	Nicht überspringbar 

Dieser Teilschritt benötigt wenig Konfigurationen und kann mithilfe des Monitors oder des Sprechertextes des Ausbildungsmasters individualisiert werden.

Werkstück zurücksetzen

Dies ermöglicht es, ein Werkstück auf Basis einer Aufnahme oder eigener Angaben zurückzusetzen.

Dieses Element wird verwendet, wenn anhand eines lackierten Werkstücks Informationen vermittelt werden sollen. Dann erscheint das Werkstück in der Trainingsanwendung, bevor ein Werkstück in der Aufgabe lackiert wurde.

Es kann das Endergebnis einer Aufnahme verwendet oder das Werkstück und dessen Aussehen angegeben werden. In diesem Teilschritt können die folgenden Konfigurationen hinterlegt werden:

Einstellungen	
Typ:	Eigene Angaben 
Werkstück*:	Tür 
Lack*:	Klicken zur Auswahl eines Lackes
Zustand:	Trocken 

Typ: Dies gibt an, ob das Werkstück auf Basis des Resultats einer Aufnahme zurückgesetzt werden soll oder ob das Werkstück, der aufgetragene Lack und der Zustand des Lackes selbst ausgewählt werden sollen.

Aufnahme: die Aufnahme, die als Basis genommen wird. Das entsprechende Werkstück wird erstellt und die Oberfläche des Werkstücks entspricht der Oberfläche am Ende der Aufnahme. Auch die für die Auswertung erfassten Werte (z. B. korrekter Winkel, Farbverbrauch etc.) werden übernommen.

6.3 Beschreibung der unterstützenden Informationen

Bilder

Hiermit können ein oder mehrere Bilder auf dem Monitor angezeigt werden.

Die Bilder können jeweils mit einer Sprachausgabe belegt werden.

Sowohl Bilder als auch die Sprachausgabe sind im Bereich **Medien** hinterlegt und können über eine Auswahlliste ausgewählt werden.

Erklärung Persönliche Schutzausrüstung

Hierdurch wird mit mehreren Folien auf dem Monitor die persönliche Schutzausrüstung erklärt.

Dabei handelt es sich um eine fertige vertonte Präsentation zur persönlichen Schutzausrüstung.

Gütekriterien

Hierdurch werden mehrere Kriterien auf dem Monitor angezeigt, die einen guten Farbauflauf ausmachen.

Erfolgskriterien

Hierdurch wird eine Übersicht über die Erfolgskriterien auf dem Monitor angezeigt. Die Zielschichtdicke hängt von der ausgewählten Farbe ab.

Entsprechend können die Werte Farbverbrauch und Zielschichtdicke angepasst werden.

Texte

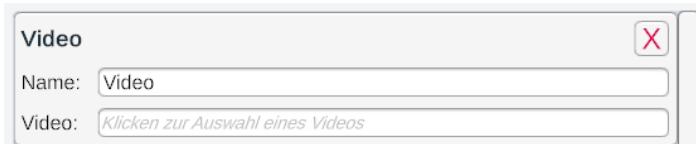
Hierdurch werden ein oder mehrere Texte auf dem Monitor angezeigt.



Der Text für den Monitor kann im Freifeld eingegeben werden. Hierbei gilt zu beachten, dass Textelemente in VR sparsam verwendet werden sollten.

Video

Hierdurch wird ein Video auf dem Monitor angezeigt.



Hier können Videos, die im Bereich **Medien** hinterlegt sind, über eine Auswahlliste ausgewählt werden.

Video zur optischen Prüfung

Hierdurch wird ein kommentiertes Video zur optischen Prüfung auf dem Monitor angezeigt.



Dabei ist ein kommentiertes Video zum Thema optische Prüfung hinterlegt.

Arbeitsschritte

Dies zeigt einen beispielhaften Arbeitsfolgeplan an.



6.4 Aufgabensammlung

Zur Bündelung der bisher erstellen Aufgaben können Aufgabensammlungen erstellt werden. Diese unterstützen beispielsweise bei der Entwicklung von zielgruppenspezifischen Lernpfaden.

1 Auf der linken Seite befindet sich die Liste aller bestehenden Aufgabensammlungen.

Markiert man eine Aufgabensammlung, so sieht man auf der rechten Seite (**3 + 4**) die Details dieser Sammlung. Diese können hier überarbeitet werden.

Mit dem **x** kann eine Aufgabensammlung gelöscht werden. Dann werden alle Zuweisungen an Nutzende oder Gruppen entfernt.

2 Über den unteren Button **Neue Aufgabensammlung erstellen** kann eine neue Sammlung von Lernaufgaben angelegt werden.

3 Zum Anlegen einer Aufgabensammlung müssen die Grunddaten in der Detailansicht auf der rechten Seite eingetragen werden:

- Name
- Aufgabenklasse
- Beschreibung

4 Die für die Sammlung vorgesehenen Lernaufgaben können aus der Liste der **verfügbarer Aufgaben** (links) ausgewählt werden.

Die Verfügbarkeit der Lernaufgaben orientiert sich an der Aufgabenklasse. So können Aufgaben aus anderen Aufgabenklassen nicht hinzugefügt werden. Die Liste auf der rechten Seite besteht aus den bereits zugeordneten Lernaufgaben.

- 5** Über den Button **Aufgabensammlung speichern** wird die neue Aufgabensammlung bzw. die Aktualisierung der Aufgabensammlung gespeichert.

6.5 Nutzer/innen

The screenshot shows two main panels. On the left, under 'Liste aller Nutzer/innen' (1), there is a table with columns: Name, Nutzernname, Rolle, and Optionen. It lists four users: Azubi 1, Azubi 2, Azubi 3, and Azubi 4, each with a delete icon in the Optionen column. Below this table is a button labeled 'Neue/n Nutzer/in erstellen' (2). On the right, under 'Detailansicht' (3), there is a form with fields: Name (Azubi 1), Nutzernname (Azubi1), and Rolle (Fortschrittene/r Auszubildende/r). Below this is another table titled 'zugewiesene Aufgaben' (4) with columns: Name, Frist, letzte Durchführung, Aufgabensammlung, Gruppe, and Optionen. It lists several tasks assigned to Azubi 1, such as 'Einschichtlackierung Tür (Evaluation)' and 'Übung Neuellackierung 1'. At the bottom of the right panel are buttons: 'Aufgaben zuweisen', 'Aufgabensammlungen zuweisen', and 'Nutzer/in speichern' (5).

- 1** Im linken Bereich befindet sich eine Liste der bereits angelegten Profile von Nutzenden. Die Liste dient der Schnellansicht und zeigt folgende Daten an:
- Name
 - Nutzernname
 - Rolle
- Über den Button **x** im Bereich **Optionen** können ausgewählte Profile gelöscht werden.
- Klickt man auf ein angelegtes Profil, wählt man dieses aus und kann in der Detailansicht (3) die Informationen der Nutzenden einsehen und überarbeiten.
- 2** Über den Button unten **Neue/n Nutzer/in erstellen** kann ein neues Profil in der Anwendung hinterlegt werden.
- 3** Auf der rechten Seite befindet sich die Detailansicht der Nutzenden. Die notwendigen Daten werden in der Detailansicht auf der rechten Seite hinterlegt. So sind die folgenden Daten für das Anlegen eines neuen Profils notwendig:
- Name der/des Auszubildenden
 - Nutzernname
 - Rolle

Für die Rollenzuweisung stehen drei Rollen zur Auswahl:

- Ausbilder/in
- Auszubildende/r
- fortgeschrittene/r Auszubildende/r

Weitere Details zu den verfügbaren Rollen sind im Kapitel [Rollen in der VR-Lackierwerkstatt](#) beschrieben.

4

Unter den Nutzendaten werden ebenfalls alle zugewiesenen Aufgaben aufgelistet:

- Name der Aufgabe
- Frist für die Aufgabenbearbeitung
- Anzahl vorhandener Versuche
- letzte Durchführung
- Aufgabensammlung
- Name der Gruppenzuweisung

Mit dem Button **x** kann die Zuweisung von Lernaufgaben oder Aufgabensammlungen gelöscht werden. Dabei bleiben die bisher erreichten Ergebnisse erhalten.

Das Löschen einer Lernaufgabe oder Aufgabensammlung wird bei bestehenden Profilen sofort gespeichert und der Button **Nutzer/in speichern (5)** muss nicht betätigt werden.

5

Über die Buttons **Aufgaben zuweisen** oder **Aufgabensammlung zuweisen** können neue Lernaufgaben bzw. Aufgabensammlungen ergänzt werden.

Sie können über das Popup-Fenster in einer Liste der verfügbaren Lernaufgaben bzw. Aufgabensammlungen ausgewählt werden.

Aufgaben auswählen

Filter: <input type="text" value="Suchbegriff"/>	a
Einschichtlackierung Kotflügel Fallstudie	<input type="checkbox"/>
Einschichtlackierung Tür (Evaluation)	<input type="checkbox"/>
Einschichtlackierung Tür Umgekehrt	<input type="checkbox"/>
Tutorial	<input type="checkbox"/>
Zweischichtlackierung Motorhaube Imitation	<input type="checkbox"/>
Übung 1 (Evaluation)	<input type="checkbox"/>
Übung Neuteillackierung 1	<input type="checkbox"/>
Übung Neuteillackierung 2	<input type="checkbox"/>

Name: <input type="text" value="-"/>	Beschreibung: <input type="text" value=""/>
Aufgabenklasse: <input type="text" value="-"/>	
Teilaufgaben: <input type="text" value="0"/>	
Autor/in: <input type="text" value="-"/>	
b	
Abgabezeitpunkt: <input type="text" value="Klicken zur Auswahl eines Abgabezeitpunkts"/>	
c <input type="button" value="Zuweisen"/>	<input type="button" value="Abbrechen"/>

Über den Filter kann gezielt nach Lernaufgaben/Aufgabensammlungen gesucht werden.

- a** Die Auswahl der zuzuweisenden Aufgaben erfolgt über die Checkboxen rechts neben der Bezeichnung.
- b** Zusätzlich kann ein Abgabezeitpunkt hinterlegt werden. Dieser kann über den angezeigten Kalender ausgewählt werden
- c** Schließlich können die Eingaben mit **Zuweisen** gespeichert oder über **Abbrechen** verworfen werden.

Die Änderungen der Aufgabenzuweisung wird automatisch gespeichert, sodass der Button **Nutzer/in speichern** nicht verwendet werden muss.

Über den Button **Nutzer/in speichern** wird der neue Account für die Auszubildenden erstellt.

Das notwendige Passwort wird automatisch erstellt und kann entweder dem Hinweis im Popup-Fenster oder einer gesonderten Liste entnommen werden.

Über den Button **Datei öffnen** wird die Liste geöffnet. Dort erscheinen **ALLE** neu angelegten Profile der Nutzenden inkl. Passwort für den Login.

Die Liste mit den initialen Zugangsdaten wird kontinuierlich fortgeschrieben. Um die Übersicht wahren zu können, kann die Liste bei Bedarf manuell gelöscht werden. Die Nutzenden müssen beim ersten Login ein eigenes Passwort hinterlegen. Damit ist gewährleistet, dass nur sie Zugriff auf die persönlichen Daten im System erhalten.

6.6 Gruppen

1 Liste aller Gruppen

Name	Anzahl NutzerInnen	Optionen
Gruppe 1	2	X
Gruppe 2	1	X

2 Neue Gruppe erstellen

3 Detailansicht

Name: [Input Field] Anzahl der NutzerInnen: [Input Field]

verfügbare NutzerInnen		NutzerInnen in der Gruppe	

zugewiesene Aufgaben und Aufgabensammlungen

Name	Frist	Typ	Anzahl Aufgaben	Optionen

4 Aufgaben zuweisen **5** Aufgabensammlungen zuweisen
Gruppe speichern

1

Im linken Bereich befindet sich eine Liste der bereits angelegten Gruppen. Die Liste dient der Schnellansicht und zeigt folgende Daten an:

- Name
- Anzahl der vorhandenen Nutzenden
- Anzahl zugewiesener Aufgaben

Über den Button **x** im Bereich **Optionen** können ausgewählte Nutzende gelöscht werden.

Klickt man auf eine Gruppe, wählt man diese aus und kann sie bearbeiten.

2

Über den unteren Button **Neue Gruppe erstellen** kann eine neue Gruppe angelegt werden.

3

Auf der rechten Seite befindet sich die Detailansicht der Gruppe. In ihr wird der Name der Gruppe eingetragen und die Nutzenden können ausgewählt werden. Dazu wird eine Liste der verfügbaren Nutzenden (Mitte links) generiert, die in die Liste der vorhandenen Nutzenden (Mitte rechts) übertragen werden kann

Über **x** können Nutzende aus der Gruppe entfernt werden. Änderungen an der Zuweisung von Nutzenden werden automatisch gespeichert und der Button **Gruppe speichern** muss nicht betätigt werden.

4

Im unteren Bereich werden die zugewiesenen Aufgaben und Aufgabensammlungen angezeigt.

Über die Buttons unten können weitere Aufgaben oder Aufgabensammlungen für diese Gruppe über das Popup-Fenster zugewiesen werden. Ebenso können diese Zuweisungen über den Button **x** gelöscht werden.

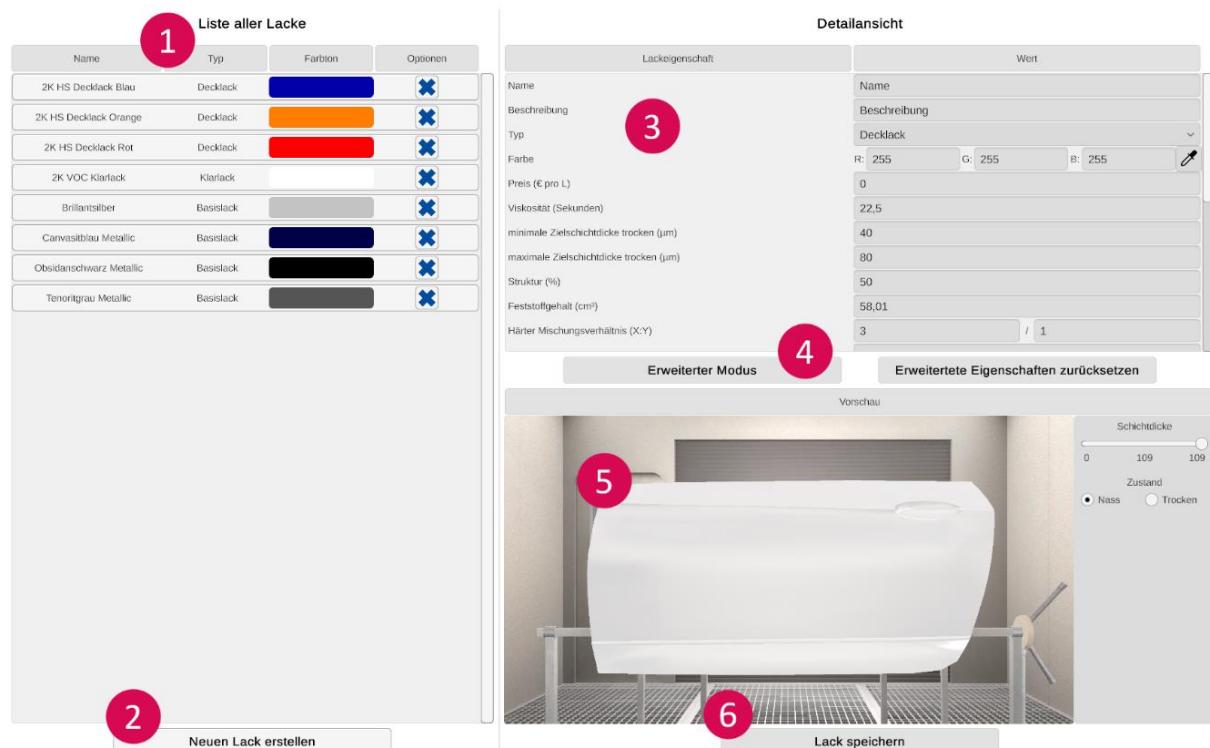
Bei bestehenden Gruppen wird diese Änderung sofort übernommen und der Button **Gruppe speichern** muss nicht betätigt werden.

5

Über den Button **Gruppe speichern** wird die neue Gruppe im System erstellt oder Änderungen des Gruppennamens gespeichert.

6.7 Lacke

In diesem Bereich werden die zu verarbeiteten Lacke hinterlegt. Hier kann ein eigenes Lackmodell für die Lernaufgabe erstellt werden. So können beispielsweise Parameter der hauseigenen Lackmarken in der Trainingsanwendung übernommen werden.



- 1 Ansicht verfügbarer Lacke. Mit dem **x** kann ein Lack gelöscht werden, sofern er in keiner Lernaufgabe verwendet wird.
- 2 Über **Neuen Lack erstellen** können eigene Lacke angelegt werden.
- 3 Im Editiermodus können einige Farbwerte hinterlegt werden. Hier können ebenso bestehende Lacke angepasst werden. Dies ist allerdings nur möglich, solange der betreffende Lack nicht in einer Aufgabe hinterlegt ist. Wurde der Lack in einer Aufgabe verwendet, ist er nicht mehr editierbar und muss erst aus der Aufgabe entfernt werden.
Der erstellte Lack wird als Vorschau im Fenster darunter (5) in Echtzeit angezeigt. Informationen zu den Farbwerten befinden sich in den Tooltips im System oder in der Tabelle unten. Bei Abhängigkeiten zwischen einzelnen Werten prüft das System ebenfalls die Plausibilität der Werte.
- 4 Über den Button **Erweiterter Modus** werden weitere Felder freigeschaltet. Dieser Modus sollte jedoch nur von fortgeschrittenen Nutzenden verwendet werden.
- 5 Über den Button **Erweiterte Eigenschaften zurücksetzen** können die Farbwerte im erweiterten Modus wieder zurückgesetzt werden.
- 6 Im Vorschaufenster wird das Lackbild auf dem Werkstück angezeigt.

Das Werkstück kann mithilfe des Mauszeigers gedreht werden, um den Blickwinkel anzupassen.

Ebenso können verschiedene Bearbeitungsstatus angezeigt werden, z. B. verschiedene Schichtdicken oder Lack im nassen bzw. trockenen Zustand.

6

Die Änderungen können über **Lack speichern** gespeichert werden.

Ebenso können bestehende Lacke in der Detailansicht angepasst werden. Dies ist allerdings nur möglich, solange der betreffende Lack nicht in einer Aufgabe hinterlegt ist. Wurde der Lack in einer Aufgabe verwendet, ist er nicht mehr editierbar und muss erst aus der Aufgabe entfernt werden.

In der folgenden Tabelle sind die editierbaren Lackparameter aufgelistet und mit einer kurzen Erläuterung beschrieben:

Lackeigenschaft	Wert
Name	Name des Lacks.
Beschreibung	Optionale Beschreibung des Lacks.
Typ	<p>Typ des Lacks. Auswahl:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundierung ▪ Basislack ▪ Klarlack ▪ Decklack <p>Die Auswahl des Lacktyps beeinflusst den Wert „Stärke Glanz, trocken“.</p>
Preis (€ pro Liter)	Kosten des Lacks pro Liter in €.
Farbe	Die Farbe des Lacks kann entweder über die Farbwerte (R/G/B) oder über den Color Picker eingegeben werden.
Minimale Zielschichtdicke, trocken (in Mikrometer)	<p>Gibt die minimale trockene Zielschichtdicke für einen optimalen Schichtauftrag in Mikrometer an. Der Wert muss zwischen 1 und 300 liegen.</p>
Maximale Zielschichtdicke, trocken (in Mikrometer)	<p>Gibt die maximale trockene Zielschichtdicke für einen optimalen Schichtauftrag in Mikrometer an. Der Wert muss zwischen 1 und 300 liegen.</p>
Viskosität	Die Viskosität des Lacks beeinflusst die Stärke der Struktur und wie schnell Läufer laufen. Der Wert muss zwischen 0 und 100 liegen.
Struktur (%)	Beeinflusst die Stärke der Struktur des Lackes. Der Wert muss zwischen 0 und 100 liegen.
Feststoffgehalt	Gibt den Feststoffgehalt des Lackes an. Dieser Wert beeinflusst den Wert „Minimale Zielschichtdicke, nass“, wenn dieser nicht überschrieben wurde.
Mischverhältnis Härter	Gibt das Mischverhältnis des Härters an. Beide Werte müssen zwischen 1 und 10 liegen.
Mischverhältnis Verdünnung	Gibt das Mischverhältnis des Verdünners an. Der Wert muss zwischen 1 und 100 liegen.

Trocknungstyp	Gibt den Typ der Trocknung an. Der Wert wird bisher nicht beachtet.
Temperatur zur Trocknung	Gibt die Temperatur für die Trocknung an. Der Wert muss zwischen 0 und 500 liegen. Der Wert wird bisher nicht beachtet.
Trocknungszeit	Gibt die benötigte Zeit für die Trocknung an. Der Wert muss zwischen 1 und 1000 liegen. Der Wert wird bisher nicht beachtet.
Minimale Sprühdistanz	Gibt die minimale Sprühdistanz für einen optimalen Farbauftrag an. Der Wert muss zwischen 10 und 30 liegen.
Maximale Sprühdistanz	Gibt die maximale Sprühdistanz für einen optimalen Farbauftrag an. Der Wert muss zwischen 10 und 30 liegen und größer als oder genauso groß wie die minimale Sprühdistanz sein.
Glanz, nass	Beeinflusst den Glanz des Lackes im nassen Zustand. Der Wert muss zwischen 1 und 100 liegen.
Glanz, trocken	Beeinflusst den Glanz des Lackes im trockenen Zustand. Der Wert muss zwischen 1 und 100 liegen und kleiner als oder genauso groß wie „Stärke Glanz, nass“ sein.
Minimale Schichtdicke, nass	Gibt die minimale Schichtdicke im nassen Zustand für einen optimalen Farbauftrag an. Der Wert muss zwischen 1 und 300 liegen und kleiner als oder genauso groß wie „Maximale Zielschichtdicke, nass“ sein. Wenn dieser Wert nicht überschrieben wurde, wird er von „Feststoffgehalt“ und „Minimale Zielschichtdicke, trocken“ beeinflusst.
Maximale Schichtdicke, nass	Gibt die maximale Schichtdicke im nassen Zustand für einen optimalen Farbauftrag an. Der Wert muss zwischen 1 und 300 liegen. Wenn dieser Wert nicht überschrieben wurde, wird er durch „Minimale Zielschichtdicke, trocken“, „Maximale Zielschichtdicke, trocken“ und „Minimale Zielschichtdicke, nass“ beeinflusst.
Minimale Schichtdicke: vollständige Deckung, nass	Gibt die Schichtdicke im nassen Zustand an, bei der der Lack komplett deckt. Der Wert muss zwischen 1 und 300 liegen und kleiner als oder genauso groß wie „Minimale Zielschichtdicke, nass“ sein. Wenn dieser Wert nicht überschrieben wurde, wird er durch „Minimale Zielschichtdicke, nass“ beeinflusst.
Minimale Schichtdicke: vollständige Deckung, trocken	Gibt die Schichtdicke im trockenen Zustand an, bei der der Lack komplett deckt. Der Wert muss zwischen 1 und 300 liegen. Wenn dieser Wert nicht überschrieben wurde, wird er durch „Minimale Zielschichtdicke, trocken“ beeinflusst.
Minimale Schichtdicke: vollständiger Glanz, nass	Gibt die Schichtdicke im nassen Zustand an, bei der der volle Glanz erreicht ist. Der Wert muss zwischen 1 und 300 liegen und kleiner als oder genauso groß wie „Minimale Zielschichtdicke, nass“ sein. Wenn dieser Wert nicht

	überschrieben wurde, wird er durch „Minimale Zielschichtdicke, nass“ beeinflusst.
Minimale Schichtdicke: vollständiger Glanz, trocken	Gibt die Schichtdicke im trockenen Zustand an, bei der der volle Glanz erreicht ist. Der Wert muss zwischen 1 und 300 liegen und kleiner als oder genauso groß wie „Minimale Zielschichtdicke, trocken“ und „Schichtdicke: vollständige Deckkraft, trocken“ sein. Wenn dieser Wert nicht überschrieben wurde, wird er durch „Minimale Zielschichtdicke, trocken“ beeinflusst.
Minimale Schichtdicke: Läufer	Gibt an, ab welcher Schichtdicke die Farbe zu laufen anfängt. Der Wert muss zwischen 1 und 300 liegen und größer als oder genauso groß wie „Maximale Zielschichtdicke, nass“ sein. Wenn dieser Wert nicht überschrieben wurde, wird er durch „Maximale Zielschichtdicke, nass“ beeinflusst.

Tabelle 6: Konfigurationsmöglichkeiten Lackeigenschaften

6.8 Medien

In die Lernaufgaben können eigene Medien eingebunden werden. Dazu stehen unterschiedliche Formate zur Verfügung.

Die verschiedenen Medienformate können in den Tabs im oberen Fensterbereich ausgewählt werden:

The screenshot shows the software's interface for managing media files. At the top, there are three tabs: 'Bilder', 'Videos', and 'Audiodateien'. The 'Bilder' tab is currently active, indicated by a dark grey background. Below the tabs, there are two main sections: a list of existing media items on the left and a detailed preview on the right.

Liste aller Bilder:

Name	Optionen
Decklackierungen 1	X
Decklackierungen 2	X
Decklackierungen 3	X
Decklackierungen 4	X
Decklackierungen 5	X
Decklackierungen 6	X
Decklackierungen 7	X
Läufers	X
Läufers 1	X
Läufers 2	X
Läufers 3	X
Läufers 4	X
Läufers 5	X
Läufers 6	X
Läufers 7	X
Mager	X
Spritzbild 1	X
Spritzbild 2	X
Spritzbild 3	X
Spritzbild 4	X

Detailansicht:

Name: Decklackierungen 5
Beschreibung:
5. Folie zu Decklackierungen.
Pfad: Images\Decklackierungen 5.png

Vorschau:

Zweischicht-Decklackierung

Uni-Decklack Klarlack Metallic-Lack

● Farbpigmente ▲ Metallic-Pigmente

Bild speichern:

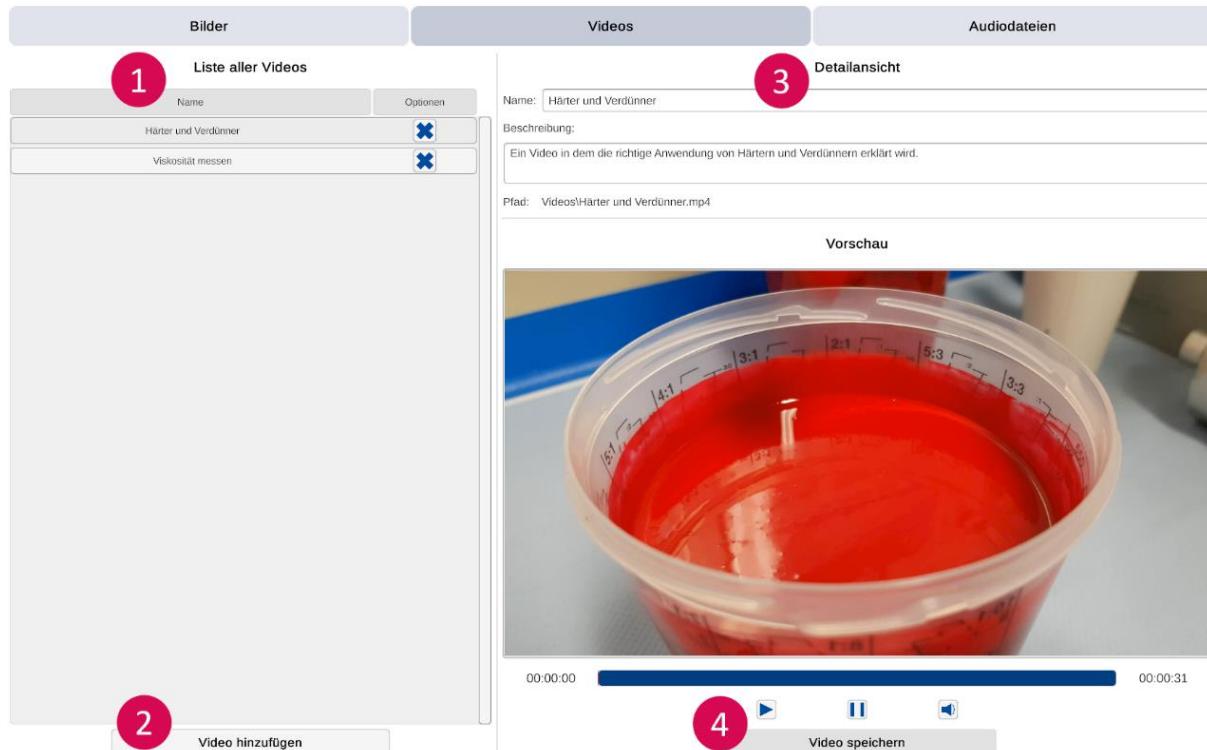
- 1 Innerhalb der jeweiligen Tabs wird auf der linken Seite eine Liste der bestehenden Medien angezeigt.
- 2 Über den Button **Neues Bild hinzufügen** können neue Bilder hinzugefügt werden. Das gewünschte Bild kann auf dem Computer ausgewählt und hochgeladen werden.

Zugelassene Dateiformate sind: .png, .jpg, .jpeg und .bmp.

Unter den Bildern können auch PowerPoint-Präsentationen hinterlegt werden, wenn sie vorher im Bildformat gespeichert werden. Hier sollte darauf geachtet werden, dass die Folien nicht zu textlastig sind, da Textelemente in VR nicht optimal lesbar sind.

- 3** Auf der rechten Seite befindet sich eine Detail- und Vorschauansicht. So kann der Dateiname angepasst oder eine zusätzliche Beschreibung hinterlegt werden. Ebenso können dort die einzelnen Einträge angepasst werden, sofern diese in keiner Lernaufgabe verwendet worden sind. In diesem Fall müssen die Medien zur Aktualisierung neu eingestellt werden.
- 4** Über **Bild speichern** werden die Eingaben gespeichert.

Videos



- 1** Auf der linken Seite befindet sich eine Liste aller verfügbaren Videos.
- 2** Das Hochladen von eigenen Videos erfolgt hier nach dem gleichen Prinzip wie für die Bilder: Über den Button **Video hinzufügen** kann das gewünschte Video auf dem Computer ausgewählt und hochgeladen werden. Die maximale Dateigröße beträgt 1 GB und es können die folgenden Dateiformate verwendet werden: .3g2, .3gp, .3gp2, .3gpp, .avi, .m4a, .m4v, .mov und .mp4.
- 3** In der Detailansicht kann der Dateiname geändert oder eine zusätzliche Beschreibung hinterlegt werden.
In der Vorschau kann das Video komplett abgespielt werden.
- 4** Über **Video speichern** werden die Eingaben gespeichert.

Audio

The screenshot shows the software interface for managing audio files. It has three main tabs: 'Bilder' (Images), 'Videos', and 'Audiodateien' (Audio files). The 'Audiodateien' tab is active, displaying a list of available audio files on the left and a detailed view of a selected file on the right.

- Left Panel (Liste aller Audiodateien):** Shows a list of 26 audio files with icons for delete and options. The files include various types of recordings like 'Begrüßung' (Greeting), 'Decklackierungen' (Coat painting), 'Erinnerung' (Reminder), and 'Neuteillackierung' (Re-lacquering).
- Right Panel (Detailansicht):** Shows a detailed view of a selected file named 'Erklärung Distanzstrahl'. It includes fields for Name, Beschreibung (Description), Pfad (Path), and a preview area labeled 'Vorschau'.
- Bottom Buttons:**
 - 2** Audiodatei hinzufügen (Add audio file button)
 - 4** Audiodatei speichern (Save audio file button)

- 1** Auf der linken Seite befindet sich eine Liste aller verfügbaren Audiodateien.
- 2** Über den Button **Audio hinzufügen** können eigene Audiodateien hochgeladen werden.
Diese können entweder im Vorfeld über unterschiedliche Programme selbst eingesprochen oder mit Text-to-Speech-Programmen automatisch erzeugt werden. Hier können die Dateiformate .mp3, .wav und .ogg verwendet werden.
Alle bereits vorhandenen Sprachdateien sind mit Google Text-to-Speech (<https://cloud.google.com/text-to-speech>) erzeugt worden. Für die Nutzung ist ein Account notwendig. Die Text-to-Speech-Anwendung ist bis zu einem bestimmten Grad kostenfrei. Weitere Informationen zu den Nutzungsbedingungen sind auf der Homepage zu finden.
Falls dieselbe Stimme weiterverwendet werden soll, kann diese über die folgenden Einstellungen in der Google-Anwendung ausgewählt werden:

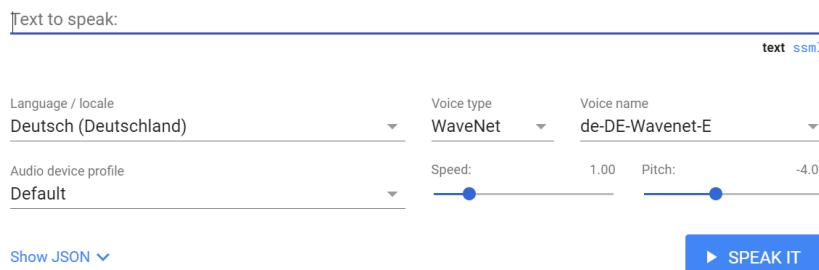


Abbildung 4: Screenshot <https://cloud.google.com/text-to-speech>

- 3 In der Detailansicht kann der Dateiname geändert oder eine zusätzliche Beschreibung hinterlegt werden.
In der Vorschau kann die Audiodatei komplett abgespielt werden.
- 4 Über **Audio speichern** werden die Eingaben gespeichert.

6.9 Aufnahmen

Im Bereich **Aufnahmen** werden die im Probiermodus aufgenommenen Lackieraufträge hinterlegt und können hier verwaltet werden.

- 1 In der Liste aller Aufnahmen (links) werden alle vorhandenen Aufnahmen inkl. Detailinformationen angezeigt:

- Name
- Datum
- Werkstück
- Ort

Unter **Ort** wird der Speicherort der Aufnahme angegeben. Dieser kann sich entweder auf dem eigenen Rechner (lokal) und/oder auf dem Server befinden. Nur Aufnahmen auf dem Server können in Lernaufgaben verwendet werden. Lokale Aufnahmen können in der VR-Anwendung angeschaut werden.

Unter **Optionen** kann die Aufnahme gelöscht werden. Befindet sich die Aufnahme sowohl auf dem Server als auch auf dem eigenen Rechner, kann anschließend entschieden werden, wo die Aufnahme gelöscht werden soll. Die Aufnahme kann nur auf dem Server gelöscht werden, wenn sie in keiner Aufgabe verwendet wird.

Außerdem kann man mit dem Pfeil die Aufnahme herunterladen, wenn sie nur auf dem Server vorhanden ist. Die Aufnahme kann dann in der VR-Anwendung abgespielt werden.

Klickt man auf eine Aufnahme, wählt man diese aus und kann in der Detailansicht **(2)** die Informationen einsehen und überarbeiten.

In der Detailansicht werden die Metadaten zur ausgewählten Aufnahme angezeigt:

- Name der Aufnahme
- Beschreibung der Aufnahme
- Zeitpunkt der Aufnahme
- Dauer der Aufnahme
- in der Aufnahme verwendetes Werkstück
- in der Aufnahme verwendeter Lack
- in der Aufnahme verwendeter Basislack
- Pfad zur Aufnahme
- Vorschaubild der Aufnahme, das am Ende aufgenommen wurde

Über **Aufnahme hochladen** wird die Aufnahme auf den Server hochgeladen.

7 Trainingsanwendung

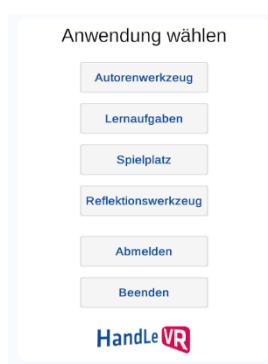
Die Trainingsanwendung kann entweder mit oder **ohne Anmeldung** gestartet werden. Ohne Anmeldung wird der Probiermodus gestartet, in dem keine Ergebnisse gespeichert werden.

Hinweis:



Die persönlichen Zugangsdaten sollte man sich unbedingt merken. Passwörter können bei dieser Anwendung nicht zurückgesetzt werden. Im Falle eines vergessenen Passworts gehen sämtliche Lerndaten verloren und ein neuer Account muss angelegt werden.

Nach dem erfolgreichen Login in die Trainingsanwendung erscheint ein Menü mit verschiedenen auswählbaren Szenarien:



Über den ersten Button gelangt man zurück in das **Autorenwerkzeug**. Der Bereich der Lernaufgaben stellt den Kern der **Trainingsanwendung** dar. Hier befinden sich die zugewiesenen bzw. zu bearbeitenden Lernaufgaben und Übungen, sortiert nach Aufgabenklassen. Die Lackieraufträge der einzelnen Aufgaben werden gespeichert und können in der Reflexionsanwendung abgerufen werden.

Im **Probiermodus** stehen alle verfügbaren Lackierverfahren zur Verfügung. Hier können sämtliche Lackarten und Werkstücke sowie Hilfestellungen verwendet werden.

Ebenso kann ein Lackierauftrag aufgenommen und später im Autorenwerkzeug für das Vorführen verwendet werden.

Die durchgeführten Lackiervorgänge fließen nicht in das Reflexionstool mit ein. Im **Reflektionswerkzeug** werden die Lackierdurchgänge in den Lernaufgaben gespeichert. Die darin aufgeführten Ergebnisse können im Anschluss gemeinsam mit den Auszubildenden besprochen werden. Eine Anleitung des Reflexionstools befindet sich im Kapitel Reflexionsanwendung.

Über **Abmelden** kann der Account abgemeldet und über **Beenden** die Anwendung geschlossen werden.

7.1 Übersicht virtuelle Lackierkabine



Im Zentrum der Kabine steht ein Werkstück, das auf einen Lackierständer gespannt wurde:



Auf der rechten Seite befindet sich ein Monitor mit Informationen und Feedback zur Lernaufgabe. Ebenso dient er als Haupt- bzw. Auswahlmenü.



Vom Werkstück ausgehend befindet sich an der hinteren Wand ein Plakat für eine Spritzprobe.

Ein virtueller Ausbildungsmeister begleitet und moderiert die Lernaufgabe. Er gibt Informationen zur Aufgabenstellung und Handlungsanweisungen.

7.2 Lackierpistole als Eingabegerät

Die virtuelle Lackierpistole dient als das Eingabegerät für alle Aktivitäten in der VR-Lackierwerkstatt und bietet die Funktionen

- Auswählen mit dem grünen Strahl,



- Greifen mit der schwarzen Hand,



- Teleportieren,



- Lackieren und



- das Endresultat begutachten.



Dabei ist der Abzugsbügel die Eingabetaste (siehe Markierung).

7.3 Fortbewegung in der Trainingsanwendung

Um sich in der Lackierkabine fortzubewegen, kann man entweder gehen oder sich teleportieren. Die zweite Variante ist insbesondere dann zu empfehlen, wenn nicht mehr genug Platz im realen Raum vorhanden ist.

Der Teleportationsmodus wird über den Farbbehälter der virtuellen Lackierpistole angezeigt. Dort ist dann ein Zeichen zu sehen.

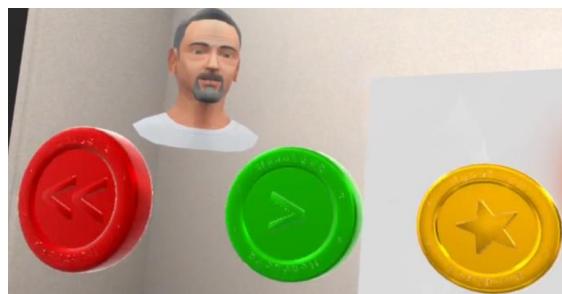
Zum Teleportieren muss man die Lackierpistole auf den Boden richten und den Abzugshebel gedrückt halten. Dann zeigt ein grüner Kreis am Boden die Stelle an, zu der man teleportiert wird, wenn man den Abzugshebel loslässt.



7.4 Interaktionen in der VR-Lackierwerkstatt

Münzen

Die Lernaufgaben bestehen aus unterschiedlichen Teilschritten. Zwischen jedem Teilschritt müssen Münzen eingesammelt werden.



Mithilfe der grünen Münze gelangt man immer in den nächsten Teilschritt, wenn der aktuelle abgeschlossen ist.

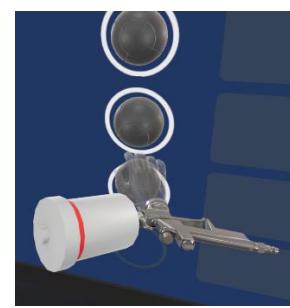
Mit der roten Münze kann man in den vorherigen Teilschritt zurückkehren.

Die goldene Münze wird am Ende jeder Aufgabe angezeigt. Mit ihr wird die Aufgabe abgeschlossen.

Aufgaben

In den Lernaufgaben können unterschiedliche Fragestellungen auftreten, mit denen die Lernenden ihr Wissen überprüfen können:

- Multiple- oder Single-Choice-Aufgaben:



Zur Beantwortung dieser Aufgabe müssen die schwarzen Kugeln mit der Lackierpistole gegriffen und in die Ringe gesteckt werden.

- Sortieraufgaben mit verschiedenen Gegenständen:

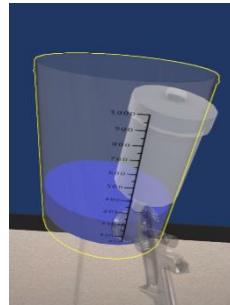


Die Gegenstände müssen gemäß Fragestellung in den beiliegenden Korb gelegt werden. Dazu werden die Gegenstände mit der Lackierpistole gegriffen, wenn die schwarze Hand erscheint. Wurden alle Gegenstände korrekt in den Korb gelegt, wird dieser grün und die Aufgabe wurde erfolgreich abgeschlossen.

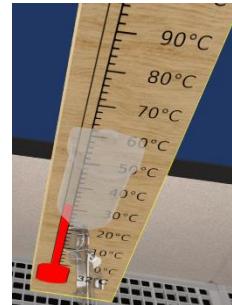
- Schätzaufgaben mit interaktiven Objekten:



Uhr



Messbecher



Thermometer

Die Angaben dieser Symbole können mit der virtuellen Lackierpistole verändert werden, indem jeweils die Zeigereinstellungen, Füllhöhe der Flüssigkeit oder Temperaturangabe mit der Lackierpistole berührt werden. Wenn die Objekte eine gelbe Umrandung erhalten, können die Einstellungen angepasst werden.

Spritzprobe



Wie beim realen Lackieren muss vor dem Lackierauftrag eine Spritzprobe gemacht werden.

Diese kann am Plakat vorgenommen werden, wenn der Ausbildungsmeister dazu aufruft.

Lackierständer

Bevor mit dem Lackieren gestartet werden kann, sollte das Werkstück optimal auf die eigene Größe und die Bedürfnisse ausgerichtet sein.



Höhe und Ausrichtung des Werkstücks können am Lackierständer verändert werden. Kommt man mit der Lackerpistole in die Nähe der Stange, erscheint eine Hand, mit der die Einstellungen vorgenommen werden können.

Hilfestellungen beim Lackieren

Beim Lackieren können verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung stehen.

Je nachdem welche Einstellungen für die Lernaufgabe hinterlegt sind, werden die einzelnen Hilfestellungen permanent, für einen bestimmten Zeitraum oder (wie in der Abbildung rechts) nach eigener Auswahl dargestellt.



Es gibt drei verschiedene Hilfestellungen:

- **Distanzstrahl:** Der Distanzstrahl zeigt den Bereich an, innerhalb dessen die Lackerpistole optimal vom Werkstück entfernt ist.

Dabei bedeutet Blau „zu weit weg“, Grün ist optimal und Rot bedeutet „zu nah am Werkstück“. Der optimale Abstand kann im Lack eingestellt werden und beträgt in der Regel 15 bis 20 cm.



- **Distanzpfeile:** Zwei Pfeile werden auf dem Werkstück angezeigt und gehen aufeinander zu, wenn die Lackerpistole näher an das Werkstück geführt wird. Treffen die Pfeile aufeinander, befindet sich die Lackerpistole im optimalen Abstand zum Werkstück. Der optimale Abstand kann im Lack eingestellt werden und beträgt in der Regel 15 bis 20 cm.



- Winkelstrahl: Der gelbe Strich zeigt den optimalen Winkel der Lackierpistole an. Je weiter der Winkel zwischen Lackierpistole und Werkstück von 90° abweicht, desto deutlicher ist der Lichtstrahl zu sehen. Befindet sich die Lackierpistole im optimalen Winkel, verschwindet er wieder.



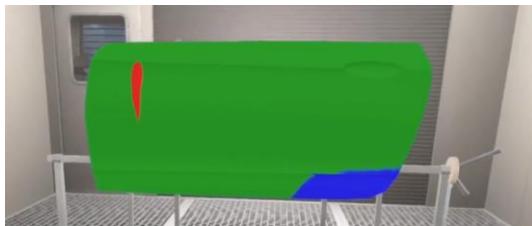
Auswertung

Nach Abschluss des Lackievorgangs werden die Ergebnisse des Farbauftrags in der Auswertung angezeigt.



Der Monitor zeigt unterschiedliche Erfolgskriterien an. Anhand der Anzahl der Lackierpistolen wird die Leistung nach den verschiedenen Parametern ausgewertet.

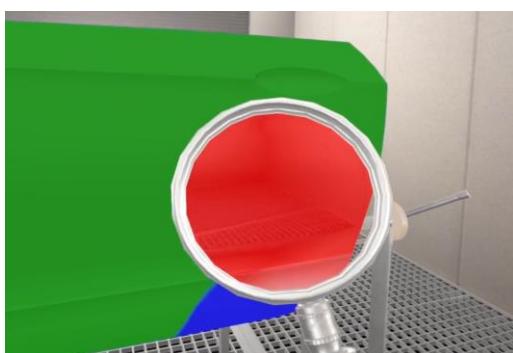
Unten links kann eingestellt werden, ob auf dem Werkstück der Farbauftrag oder die Schichtdicke zu sehen ist. Durch die Lupe ist dann das entsprechende Gegenstück zu sehen. Die Lupe kann auch durch eine Taschenlampe ersetzt werden. Der Bereich, der von der Taschenlampe angestrahlt wird, zeigt die Schichtdicke bzw. den Farbauftrag.



Ebenso wird die Schichtdicke des lackierten Werkstücks anhand einer Heatmap abgebildet. Die angezeigten Farben geben eine erste Rückmeldung zum Ergebnis:

- Blau = zu dünn
- Rot = zu dick
- Grün = optimal

Zusätzlich kann man mit der Lupe das Lackierergebnis auf dem Werkstück ansehen.



Selbsteinschätzung

Nachdem ein Lackierauftrag beendet wurde, kann eine Selbsteinschätzung eingebaut werden. Die Lernenden können dann ihrer Leistung entsprechend keine bis drei goldene Lackierpistolen greifen und in den Korb legen.

Je mehr Lackierpistolen sich am Ende im Korb befinden, desto besser wird die eigene Leistung eingeschätzt.



8 Reflexionsanwendung

Mit der Reflexionsanwendung können Lehrende die Lackierleistung innerhalb der Lernaufgaben gemeinsam mit den Auszubildenden oder mit einer Gruppe von Auszubildenden nachbesprechen. Das System speichert hierfür alle Lackierarbeiten, die in den Lernaufgaben in VR durchgeführt wurden.

Die gesammelten Daten sind Grundlage für Reflexionsprozesse, die individuell oder in Gesprächen mit anderen Auszubildenden oder den Lehrenden stattfinden. Kompetenzlücken, aber auch Fortschritte können diskutiert und in darauffolgenden Aufgaben und Übungen gezielt adressiert werden, indem zusätzliche Hilfen bzw. Übungen integriert oder bei steigender Kompetenz das Schwierigkeitsniveau erhöht wird. Feedbackgespräche anhand der gesammelten Daten ermöglichen die Rückkopplung zwischen Lackapplikation und Güte der Lackierung.

Zur Besprechung der Lernleistung wird der Lackierauftrag als VR-Aufnahme präsentiert und mit den unterschiedlichen Auswertungsparametern während des Farbauftrags und als Endresultat angezeigt.

Dabei handelt es sich um eine Desktop-Anwendung, die in mehrere Bereiche aufgeteilt ist:

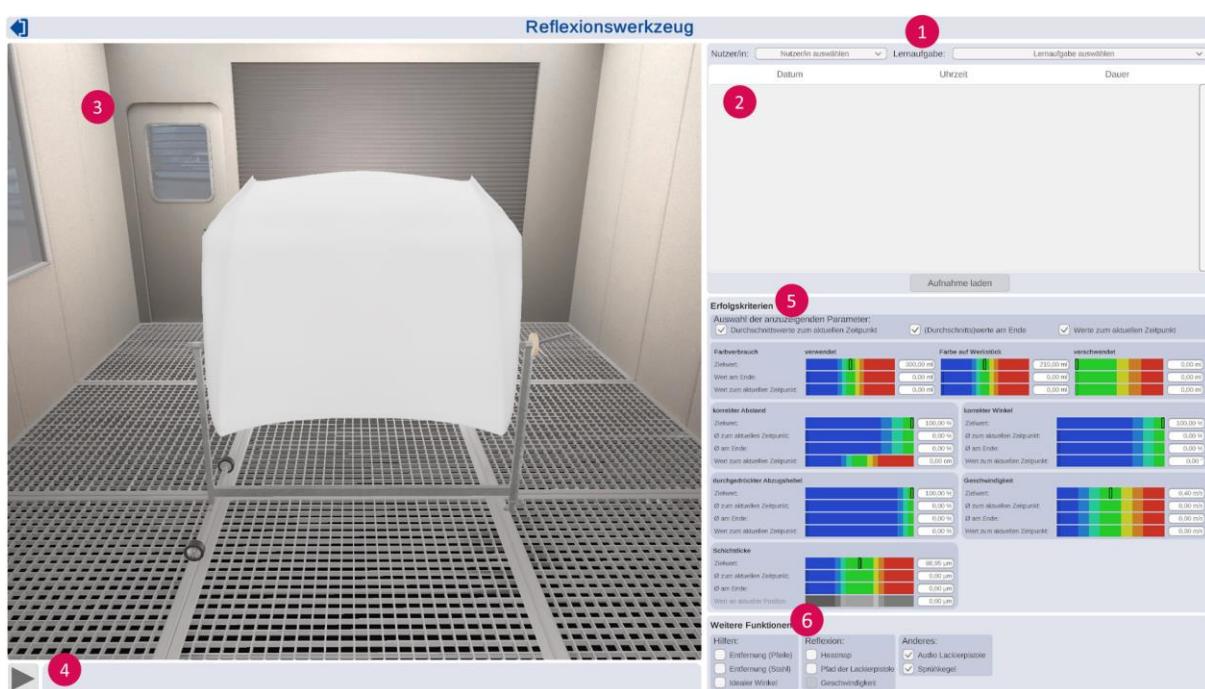
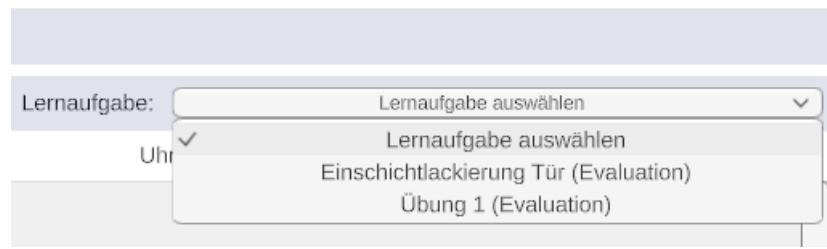


Abbildung 11: Benutzeroberfläche Reflexionsanwendung

- 1 Nach dem Öffnen muss die Person, die die Rolle **(eingeschränkte/r) Ausbildungsmeister/in** innehat, zunächst ein Auszubildendenprofil aus der Liste der vorhandenen Profile auswählen. Bei den Auszubildenden dagegen werden nur die persönlichen Lerndaten angezeigt. Anschließend kann eine Lernaufgabe über das Dropdown-Menü ausgewählt werden:



Dort werden alle zugewiesenen **Lernaufgaben** aufgeführt, bei denen eine VR-Aufnahme entstanden ist. Aufnahmen entstehen immer im Hintergrund, wenn ein Farbauflage erfolgt.

2

Innerhalb der Lernaufgaben werden alle **Durchgänge** gespeichert und nach Datum, Uhrzeit, Dauer und Versuch sortiert:

Nutzer/in:	Ausbildungsmeister	Lernaufgabe:	Übung 1 (Evaluation)
Datum	Uhrzeit	Dauer	
08.12.2021	13:28:02	00:00:34	
08.12.2021	13:29:15	00:01:05	

Aufnahme laden

Sie können dann gezielt zur Ansicht ausgewählt werden. Über **Aufnahme laden** wird die Aufnahme vorbereitet. Dies kann je nach Länge der Aufnahme einige Sekunden in Anspruch nehmen.

3

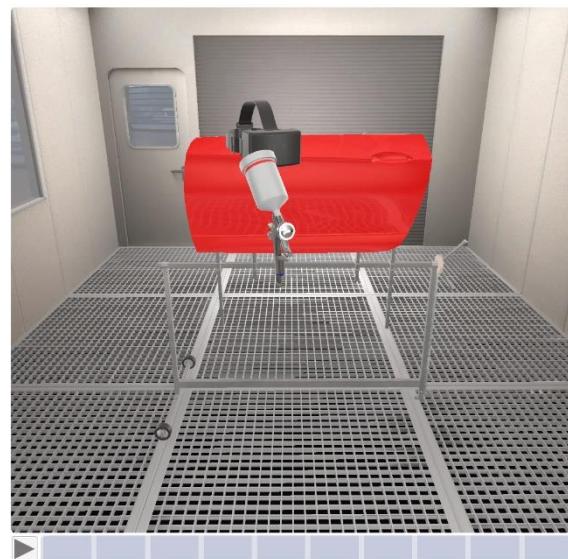
Die Aufnahme des ausgewählten Durchgangs der Lernaufgabe wird (links) im Videofenster geladen.

4

Die Aufnahme kann über den **Play-Button** unten gestartet oder pausiert werden. Während die Aufnahme läuft, kann man beobachten, wie das Werkstück in VR lackiert wird.

Ebenso gibt es **Sprungmarken**, die es ermöglichen, innerhalb der Aufnahme die Sequenz bzw. Abschnitte zu wechseln.

Wird mit der rechten Maustaste in das Videofenster geklickt und die Maustaste gedrückt gehalten, kann man mit den Tasten „W“, „S“, „D“ und „A“ die Position in der Lackierkabine verändern.



5

Während die Aufnahme läuft, werden die **Erfolgsfaktoren** angezeigt:



Die Parameter ändern sich analog zum Farbauftrag und sind identisch mit den Auswertungsparametern in VR. Gleiches gilt für die farbliche Kodierung (blau - grün - rot).

In der Kopfzeile der **Erfolgskriterien** können die angezeigten Parameter angepasst und die Informationen reduziert werden.

6

Zusätzlich können **weitere Funktionen** in der VR-Aufnahme eingeschaltet oder ausgeschaltet werden.

Weitere Funktionen

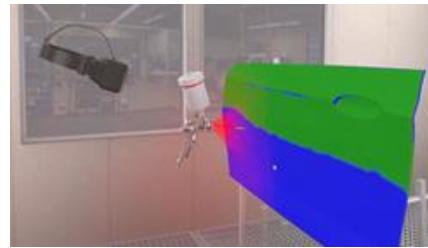
Hilfen:	Reflexion:	Anderes:
<input type="checkbox"/> Entfernung (Pfeile)	<input type="checkbox"/> Heatmap	<input checked="" type="checkbox"/> Audio Lackierpistole
<input type="checkbox"/> Entfernung (Stahl)	<input type="checkbox"/> Pfad der Lackierpistole	<input checked="" type="checkbox"/> Sprühkegel
<input type="checkbox"/> Idealer Winkel	<input type="checkbox"/> Geschwindigkeit	

So können unter „Hilfen“ die bekannten Hilfestellungen (siehe Kapitel Trainingsanwendung) eingeschaltet werden:

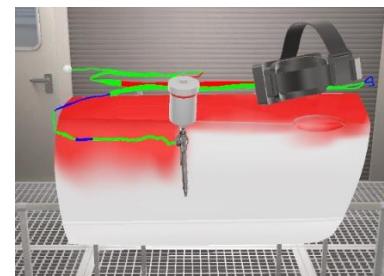
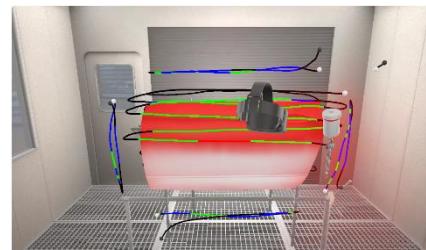
- die **Distanzpflege**, die anzeigen, ob im optimalen Abstand lackiert wurde. Je näher die Pfeile beieinander sind, desto besser wurde der Abstand eingehalten.
- der **Distanzstrahl**, der während des Farbauftrags den korrekten Abstand anzeigt. Wenn der Strahl im grünen Bereich ist, wurde der richtige Abstand eingehalten.
- der **Winkelstrahl**, bei dem während des Farbauftrags ein Lichtstrahl eingeblendet wird, der anzeigt, ob im optimalen Winkel lackiert wurde. Je deutlicher der Strahl zu sehen ist, desto weniger wurde der optimale Winkel eingehalten.

Darüber hinaus können unter **Reflexion** verschiedene Funktionen zur Ergebnisvisualisierung aktiviert werden:

- die **Heatmap**, die mithilfe der Farben Blau, Grün und Rot anzeigt, ob die Schichtdicke zu gering, optimal oder zu dick ist.



- der **Pfad**, der durch die Farben Rot, Grün und Blau anzeigt, dass die Lackierpistole zu nah, optimal oder zu weit weg vom Werkstück gehalten wurde. Sobald der Abzugshebel gedrückt wird, erscheint eine weiße Kugel. Wird er losgelassen, erscheint eine schwarze Kugel.
- die **Geschwindigkeit** der Lackierpistole, die durch die Dicke des Pfades visualisiert wird. Diese Option ist nur aktivierbar, wenn „Pfad der Lackierpistole“ aktiviert ist.



Schließlich können das **Geräusch** sowie der **Sprühkegel der Lackierpistole** de- bzw. aktiviert werden.