

## Forschungs- und Transferinitiative ASCOT+ Sachbericht zum Verwendungsnachweis (VN)

<b>Projektname (Kürzel)</b>	<b>DigiDIn-Kfz</b>	<b>Berichtszeitraum</b>	<b>01.09.2019-30.06.2023</b>
<b>Einzelvorhaben bzw. Verbundvorhaben</b>	<b>Verbund</b>	<b>Förderkennzeichen</b>	<b>21AP0-04A 21AP0-04B 21AP0-04C</b>
<b>Zuwendungsempfängende</b>	<b>A – PH Ludwigsburg B – TU Dresden C – Universität Erfurt</b>		
<b>Projektleiter*innen bzw. Projektverantwortliche:</b>	<b>A – Prof. Dr. Tobias Gschwendtner B – Prof. Dr. Stephan Abele, Peter Hesse C – Dr. Inga Glogger-Frey</b>		
<b>Laufzeit des (Verbund-) Projekts</b>	<b>A von: 01.05.2019 B von: 01.05.2019 C von: 01.05.2019</b>	<b>A bis: 30.06.2023 B bis: 30.06.2023 C bis: 30.06.2023</b>	
<b>Eingereicht am: (spätestens zum 31.10.2023)</b>	<b>27.10.2023</b>		

### Schlussbericht Teil I - Kurzbericht

Die zentralen Ziele des Verbundprojekts „Digitale Diagnostik und Intervention im Kfz-Wesen“ (DigiDIn-Kfz) bestanden darin, die Erkenntnisse und technologiebasierten Verfahren des Projekts „KOKO Kfz“ der ersten ASCOT-Förderinitiative weiterzuentwickeln. Die durch evidenzbasierte Forschung abgesicherten Ergebnisse sollten so in die Berufsbildungs- und Prüfungspraxis transferiert werden, dass dem dort vorzufindenden Problemdruck Abmilderung geschaffen werden kann. Befunde aus der **Berufsbildungspraxis** machen deutlich, dass gerade die Kfz-Störungsdiagnose als „berufsprofilgebende Fähigkeit“ (Bundesgesetzblatt 2013, S. 1578) bei Kfz-Mechatroniker\*innen nur unbefriedigend während der Ausbildungszeit erlernt wird (Nickolaus et al., 2012). Das heißt die bisher gängige schulische, betriebliche und überbetriebliche Ausbildungspraxis trägt an der Stelle nur begrenzt Früchte. Gleichzeitig werden Potentiale, die bspw. durch kollaboratives Problemlösen gegeben wären, bislang wahrscheinlich noch nicht systematisch aufgegriffen. Auf Seiten der **Prüfungspraxis** bestehen erhebliche Bedarfe an erprobten Instrumenten, mit denen berufsbezogene Fähigkeiten von Auszubildenden in den praktischen Abschlussprüfungen objektiv, reliabel, valide und nicht zuletzt auch ökonomisch erfasst werden können (siehe z.B. Weber et al., 2015; Deutscher & Winther, 2019).

Ausgehend von dieser Problemlage sollten mit DigiDIn-Kfz folgende Forschungs-, Entwicklungs- und Transferleistungen für die **Berufsbildungspraxis** erbracht werden: (1) sollte eine **digitale Lernumgebung** entwickelt werden, in die sowohl die Kfz-Computersimulation aus „KOKO Kfz“ (in einer auf HTML neu programmierten und im Funktionsumfang deutlich erweiterten Version) als auch eine Kollaborationsplattform integriert wird. (2) sollten **vier Trainings**, die die Kfz-Diagnosekompetenz bedeutsam fördern können, entwickelt, deren Wirksamkeit evaluiert und auf der digitalen Lernumgebung implementiert werden; folgende vier Trainings sollten je spezifische Teilkompetenzen der Kfz-Diagnosekompetenz adressieren und teils unterschiedliche instruktionale Zugänge realisieren: Das **Training „basal“** zur Förderung der basalen diagnoserelevanten Rezeptionskompetenz (Beherrschen des Umgangs mit in einem externen Diagnosesystem vorkommenden kurzen Texten, die eine hohe Dichte an Fachbegriffen, Wortlisten sowie zwei- oder

dreidimensionale technische Darstellungen und Diagramme aufweisen), das **Training „komplex“** zur Förderung der komplexen diagnoserelevanten Rezeptionskompetenz (Beherrschen des Umgangs mit elektrischen Anschlussplänen zur Entwicklung geeigneter Messstrategien), das **Training „modellbasiert“** zur Förderung der modellbasierten Diagnosestrategie (Beherrschen der zyklischen Schritte Begründete Vermutung (Hypothese) aufstellen, Messung(en) zur Hypothesenprüfung planen, Messung(en) durchführen und Messergebnis(se) und Hypothese(n) bewerten) und das **Training „Kollaboration“** zur Förderung des kollaborativen Problemlöseprozesses (Erlernen qualitätsorientierter kollaborativer und diagnostischer Aktivitäten, wie Teilen und Elizitieren von diagnoserelevanten Informationen,, Verhandlung über kritisches und effiziente Koordination der Kollaboration). (3) sollten **Fortbildungen** entwickelt, durchgeführt und evaluiert werden, mit denen Ausbilder\*innen und Lehrkräfte befähigt werden, die digitale Lernumgebung sowie die Trainings „basal“, „komplex“ und „modellbasiert“ erfolgreich zu nutzen.

Für die **Prüfungspraxis** sollten folgende Forschungs-, Entwicklungs- und Transferleistungen erbracht werden: (1) soll das videovignettenbasierte Testinstrument zur Messung von Reparaturkompetenzen aus „KOKO Kfz“ datengetrieben optimiert und untersucht werden, inwieweit das Testinstrument (a) sensitiv für Kompetenzunterschiede zwischen Expert\*innen und Noviz\*innen und (b) zur Vorhersage von Leistungen in realen Situationen geeignet ist sowie (c) – und das betrifft zusätzlich auch die Kfz-Computersimulation – sich in das Szenario der praktischen Gesellenprüfungen transferieren lässt. (2) sollen das videovignettenbasierte Testinstrument und die Kfz-Computersimulation in reale Prüfungsdurchläufe der praktischen Abschlussprüfung Teil 2 implementiert und damit Erfahrungswerte gesammelt werden. (3) sollen diese neuen digitalen Prüfungsverfahren der Prüfungspraxis zugänglich gemacht werden.

Die Projektarbeit, die zwischen September 2019 und Juni 2023 stattfand, war sukzessive begleitet durch einen eigens geschaffenen Projektbeirat, dem Mitglieder aus Berufsschulen, Handwerkskammern, IHK (PAL), ZdK und selbständigen Kfz-Meisterbetrieben angehörten. Mit den genannten Institutionen wurde auch außerhalb der Projektbeiratsarbeit z.T. intensiv kooperiert. Darüber hinaus kooperierten wir mit dem Educational Testing Service (ETS) zur Integration der Kollaborationsumgebung EPCAL in unsere digitale Lernumgebung und mit dem IT-Dienstleister Continuum.

Während der Projektlaufzeit wurden für Forschungs-, Entwicklungs- und Transferleistungen für die **Berufsbildungspraxis** parallel zur Neuentwicklung der Kfz-Computersimulation eine Vielzahl konkreter diagnoserelevanter Wissenslücken und z.T. fehlerbehafteter Verhaltensweisen von Kfz-Mechatroniker\*innen zum Ausbildungsende im Rahmen einer umfangreichen qualitativ angelegten Studie identifiziert, für die Zielgruppe geeignete Lösungsbeispiele, Selbsterklärungsprompts, Übungsaufgaben und Feedbackvarianten entwickelt, sowie theorie- und datengetrieben die Qualität von Kollaborationsaktivitäten untersucht. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen bzw. Vorarbeiten wurde die digitale Lernumgebung mit den spezifischen Trainings entwickelt, pilotiert und umfangreich evaluiert. Die Evaluationsergebnisse zeigen, dass es möglich ist, mit diesen relativ kurzen digitalen Trainings (bis max. 8 Unterrichtsstunden) Kompetenzfacetten der Fehlerdiagnosekompetenz und Fehlerdiagnoseleistungen z.T. deutlich zu verbessern. Auf Basis der Trainings wurden Fortbildungen für Ausbilder\*innen und Lehrkräfte, die im Bereich der Kfz-Mechatronik an Berufsschulen und überbetrieblichen Ausbildungsstätten aktiv sind, entwickelt und über die Landesinstitute und das Institut der Deutschen Wirtschaft (Netzwerk Q4.0) erfolgreich disseminiert. Die Fortbildungen gehen nach Projektende weiter. Viele im Projekt entwickelten Lerntools sind langfristig für die Zielgruppe verfügbar.

Für Forschungs-, Entwicklungs- und Transferleistungen im Rahmen der **Prüfungspraxis** führten wir für die videovignettenbasierten Testinstrumente zwei aufwändig angelegte Validierungsstudien mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen sowie eine Feldstudie durch. Die Ergebnisse fallen gemischt, aber insgesamt positiv aus: Zur Validität liegen nun Befunde vor, denen zufolge zahlreiche Handlungsschritte bei der Reparatur von Kraftfahrzeugsystemen gut über videovignettenbasierte Aufgaben am PC erfasst werden können, die zudem als Blaupause bei der Entwicklung künftiger digitaler Prüfungsstationen dienen können. Der Einsatz von vier videovignettenbasierten Tests in insgesamt drei praktischen Gesellenprüfungsdurchläufen stellt einen höchst erfolgreichen Praxistransfer dar, der durch die sehr positiven Rückmeldungen und den Wunsch der Kfz-Innung Region Stuttgart, die digitalen Prüfungsaufgaben auch nach Projektende weiter einzusetzen, noch unterstrichen wird. Technische und organisatorische Hürden

verhinderten einen Prüfungseinsatz der Kfz-Computersimulation; diese müssen in Nachfolgeprojekten (bspw. PISA-VET) überwunden werden.

## Schlussbericht Teil II - Eingehende Darstellung

### **1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele**

*Lesehinweis: Als vorgegebene Ziele listen wir die einzelnen Meilensteine (MS) auf. Unter jedem Meilenstein fassen wir den Stand zum Projektende als Fließtext zusammen. Abweichungen vom beantragten Umfang (z.B. hinsichtlich Stichproben, realisierten Vignetten/Modulen etc.) benennen wir explizit.*

#### **Förderthema A: Interventionen zur Förderung der Kfz-Diagnosekompetenz**

##### **Querschnittsthema Softwareentwicklung (TP Dresden und Ludwigsburg)**

Um die Zugänglichkeit und Verfügbarkeit der Lerninhalte zu maximieren, wurden alle digitalen Instrumente im Projekt in Formaten umgesetzt, die eine webbrowsersbasierte Nutzung erlauben (Gestaltung der Inhalte über XML, Abruf der Inhalte über HTML). Die einfache und unkomplizierte Bereitstellung der Kfz-Computersimulation, Lerninhalte und Prüfungsaufgaben über das Internet hat sowohl für Lernende als auch für Lehrende den Vorteil, dass sie keine zusätzlichen finanziellen oder technischen Hürden überwinden müssen, um auf die Inhalte zugreifen bzw. diese bereitstellen zu können.

##### **Arbeitspaket 1: Weiterentwicklung der Software (von Flash auf HTML) (TP Dresden)**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Arbeitspakets ist vollständig erfüllt.

Das Arbeitspaket „Weiterentwicklung der Software“ betrifft die Weiterentwicklung der Kfz-Computersimulation. Diese wurde vorrangig durch die Modellierung verschiedener Systembestandteile und die Generierung neuer Messdaten durch das Teilprojekt (TP) Dresden vorangetrieben. Dabei wurde zunächst eine Erweiterung der aus vorangegangenen Projekten vorhandenen Messdatenbank beschlossen und mit dem Projektpartner Continuum ein entsprechender Arbeitsplan entwickelt. Zum Jahresende 2019 konnten erste Daten an den Projektpartner übergeben und die Umsetzung der Datenbasis von Adobe Flash auf HTML5 begonnen werden. Bei der Weiterentwicklung wurde ein besonderes Augenmerk auf den Erhalt der bewährten Bedienbarkeit der „alten“ Kfz-Computersimulation, die zuverlässige Einsatzfähigkeit und die schnelle Umsetzung der relevanten Systembausteine, wie Fahrzeugdarstellung oder Messgeräten, gelegt. Neben der Umsetzung der vorhandenen Programmdateien und -funktionalitäten kam es bereits zu Beginn der Arbeiten zu ersten systemischen Veränderungen bezogen auf die zugrundeliegenden Messpunkte und Zusammenhänge. Ein weiterer wichtiger Schritt war die Erneuerung des Expertensystems, da das genutzte System Bosch ESI[tronic] seit 2012 etliche optische und inhaltliche Updates erfuhr und somit der vorhandene Datenstand nicht mehr aktuell war. Nach der Evaluierung der Programmstruktur der aktuellen ESI[tronic]-Version wurden die Daten für die beiden relevanten Fahrzeuge Golf IV und Golf VI durch den Projektpartner in Dresden aufgearbeitet. Anschließend fand die Integration durch die Firma Continuum statt. Aufgrund der großen Datenmenge wurde dieser Prozess über das gesamte Jahr 2020 durchgeführt und konnte im Laufe des Jahres 2021 abgeschlossen werden.

In Zusammenarbeit mit den Projektbeiräten konnten im Rahmen des Projektbeiratstreffens im Juni 2020 sowie bei informellen Treffen Hinweise zu fehlenden Werkzeugen und Funktionen erarbeitet werden. Diese Hinweise konnten nach Absprache und Anpassung durch den IT-Partner im Projekt Continuum ebenfalls umgesetzt werden, so dass u.a. in der neuen Software auf verschiedene Ist-Werte und einen Notizblock zugegriffen werden kann. Um die Nutzung sowohl für Praxispartner als auch für die Erhebungen möglichst übersichtlich und einfach zu gestalten, wurde zudem in mehreren Iterationen die Administrationsebene des

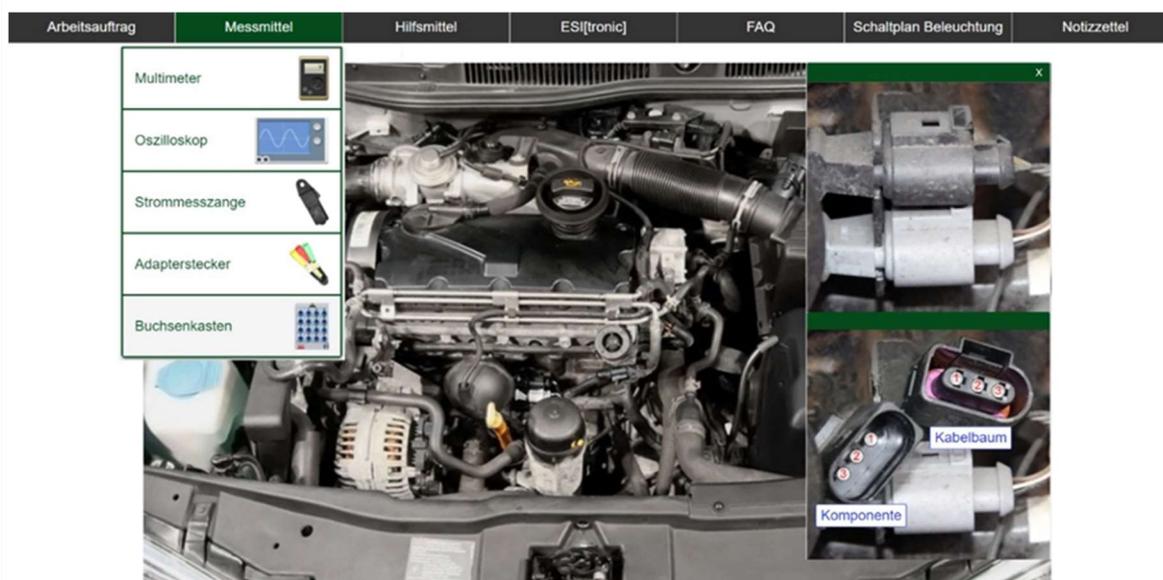
Programms angepasst. Es besteht nun die Möglichkeit, die Fehler als Link zu exportieren und so verschiedenen Nutzergruppen zugänglich zu machen. Durch den Administrator können bei jedem Fehlerfall Parameter wie beispielsweise die Bearbeitungszeit angepasst werden. Insgesamt stellte die Umsetzung der Software einen sehr dynamischen Prozess dar.

Im Jahr 2021 kam es zu weiteren Optimierungen der Kfz-Computersimulation. Aufgrund der Ergebnisse aus den Projektbeiratsitzungen, der Erkenntnisse aus den Cognitive Labs der Kolleg\*innen aus dem TP Ludwigsburg sowie des Feedbacks verschiedener Nutzer\*innen lag ein besonderes Augenmerk auf der Verbesserung der User-Experience. Hierbei wurde besonders auf die Anforderungen der Datenerhebung und der Nutzbarkeit auf verschiedenen Endgeräten eingegangen. Im Zuge dieser größtenteils optischen Veränderungen wurden auch neue Abbildungen eingefügt und vorhandene Abbildungen nachgebessert.

Zusätzlich zu den optischen Anpassungen wurde 2021 die Administrationsmöglichkeiten der Kfz-Computersimulation nochmals erweitert. Beispielsweise wurde die Möglichkeit geschaffen, im Expertensystem unterschiedliche Informationsumfänge zur Verfügung stellen zu können. Um für alle Nutzer\*innen den Funktionsumfang sowie die Grenzen der Simulation (im Vergleich zur Realität) noch deutlicher hervorzuheben, wurden alle relevanten Unterschiede wie bspw. eine dauerhaft konstante Motortemperatur in einem FAQ-Bereich hinterlegt.

Während der gesamten Projektlaufzeit kam es immer wieder zu Fehlerkorrekturen und Optimierungen der Simulationssoftware. So wurden u.a. die Texte in den Arbeitsaufträgen und alle erstellten Fehlerfallszenarien mehrfach systematisch auf Fehler geprüft. Dabei wurden fehlende Inhalte ergänzt, falsche Messwerte korrigiert und Informationsverknüpfung innerhalb des Expertensystems nachgesetzt. So konnte eine weitere Annäherung an die Funktionalität der Original-Software von Bosch erreicht werden.

Die Optimierungen der Benutzerfreundlichkeit und Gebrauchstauglichkeit, des Designs und des Funktionsumfangs wurden bis zum Projektende weitergeführt, so dass mit Projektende ein qualitativ hochwertiges und in der Praxis akzeptiertes Produkt zur Verfügung steht (vgl. Abbildung 1). Dies zeigt sich im Interesse an den angebotenen Fortbildungen in Verbindung mit zahlreichen Nachfragen zur Verfügbarkeit der Produkte. Unsere Kfz-Computersimulation wurde auch im Vorfeld des Bundesleistungswettbewerbes 2022 der Kfz-Mechatroniker\*innen eingesetzt.



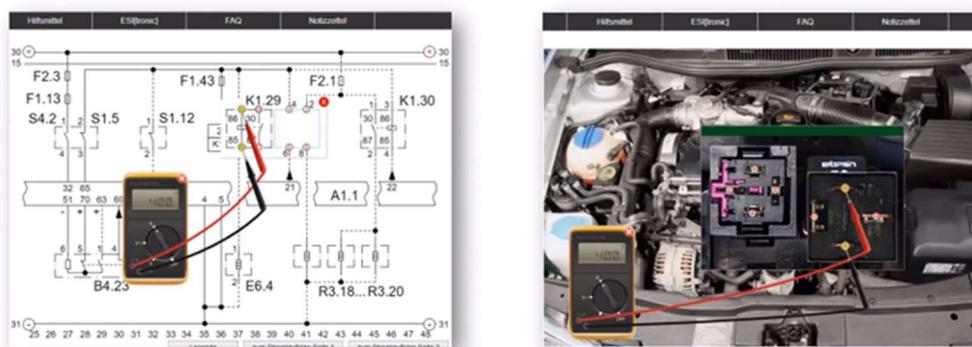
**Abbildung 1:** Kfz-Computersimulation.

**Arbeitspaket 2: Erweiterung der Kfz-Computersimulation zu einer digitalen Lernumgebung (TP Ludwigsburg)**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Arbeitspakets ist vollständig erfüllt und wurde durch die Entwicklung und Programmierung erweiterter Funktionsumfänge und Lerntools sogar übertroffen.

Unter Berücksichtigung der Prinzipien multimedialen Lernens (vgl. Mayer, 2014) und ausgewählter Elemente effektiver Instruktionsdesignmodelle (vgl. Cognitive-Apprenticeship-Ansatz von Collins, Brown und Newman, 1989, sowie das 4C/ID-Modell von van Merriënboer, 2020) wurden im TP Ludwigsburg relevante Funktionen für die digitale Lernumgebung festgelegt und programmseitig umgesetzt. Folgende XML-basierte Gestaltungsmöglichkeiten für Lernarrangements in der Lernumgebung sind dabei hervorzuheben: Die durch das TP Dresden weiterentwickelte Kfz-Computersimulation wurde mit allen Funktionalitäten vollständig in die digitale Lernumgebung integriert. Zusätzlich wurden vielfältige innovative Tools entwickelt, die ebenfalls in der digitalen Lernumgebung implementiert wurden, so bspw. ein digitales Messprotokoll zur Dokumentation von Fehlerdiagnoseprozessen während der Fehlerdiagnose. Dieses diente zum einen als instruktionales Element im Rahmen der Intervention „basal“ (siehe weiter unten), um den Auszubildenden ein Werkzeug an die Hand zu geben, das den eigenen Diagnoseprozess bewusster und systematischer beobachten und reflektieren lässt, und zum anderen als diagnostisches Instrument für die Forschenden, um Fehlersuchprozesse der Auszubildenden ggf. eingehender analysieren zu können. Zur Förderung komplexer Rezeptionskompetenzen im Rahmen der Intervention „komplex“ (siehe weiter unten) wurde ein interaktiver Kfz-Stromlaufplan (i-SLP) entwickelt und ebenfalls in die digitale Lernumgebung integriert (vgl. Abbildung 2). Der i-SLP ermöglicht es, sämtliche Messungen, die im simulierten Fahrzeug getätigt werden, simultan im Stromlaufplan zu beobachten et vice versa. Durch das Nebeneinander der Aktionen im simulierten Fahrzeug und im Stromlaufplan können Übersetzungsfehleistungen im Übergang zwischen den verschiedenen Repräsentationsebenen des elektrischen/elektronischen Fahrzeugsystems (Stromlaufplan und reales Fahrzeug) ggf. reduziert werden.

Alle innovativen Tools wurden für die Gestaltung von Teil- und Komplettaufgaben in der digitalen Lernumgebung genutzt und so gestaltet, dass die Funktionsumfänge in der Kfz-Computersimulation und des i-SLP (bspw. Anpassung verfügbarer Messwerkzeuge und/oder Hilfsmittel; Freischaltung/Sperrung der Diagnosesoftware u.v.m.) vollständig nach Bedarf anpassbar sind. Weitere Funktionalitäten umfassen die Gestaltbarkeit von Hot-Spot-Auswahlaufgaben aus Grafiken (bspw. auf Basis von Stromlaufplänen, Einbaulageplänen u.v.m.) oder die zeit- und eventbasierte Aktivierung von Feedback- und Unterstützungsmöglichkeiten oder Lernpfaden bspw. in Abhängigkeit eines spezifischen Antwortverhaltens bei Auswahlaufgaben oder einer ausgeführten Handlung in der Computersimulation und dem i-SLP.



**Abbildung 2:** Interaktiver Stromlaufplan (i-SLP).

## **Interventionen zur Förderung der basalen und komplexen diagnoserelevanten Rezeptionskompetenz (TP Ludwigsburg)**

### **Meilenstein 1: Identifikation berufstextbezogener Rezeptionsbarrieren**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets ist mit Stand 30.10.2023 bis auf das letzte Arbeitspaket „Aufbereitung der Daten für Forschungsdatenmanagement“ vollständig erfüllt (Details siehe dort).

**Arbeitspakete 1 & 2: Erhebungsplanung und Datenerhebung diagnoserelevantes Wissen sowie  
Arbeitspaket 3: Dokumentenanalyse von herstellerübergreifenden Sprachcodes**

Um gezielte Fördermaßnahmen für Kfz-Mechatroniker\*innen mit Schwächen bei der Bewältigung basaler und komplexer Rezeptionsanforderungen im Rahmen der Fehlerdiagnose zu entwickeln, wurden unterschiedliche Zugänge für die Identifikation von Rezeptionsbarrieren genutzt. In einem ersten Schritt wurden anforderungstheoretisch mögliche Barrieren im Diagnoseprozess anhand verschiedener Fehlerfallszenarien in der Kfz-Computersimulation identifiziert. Potenzielle Barrieren beim Lesen und Verstehen elektrischer Stromlaufpläne wurden im Rahmen einer systematischen Analyse von herstellereigenen Stromlaufplänen herausgearbeitet. Analysiert wurden Stromlaufpläne von Mercedes, BMW und Volkswagen sowie des digitalen Expertensystems Bosch ESI[tronic].

Zusammen mit den Vorarbeiten von Gschwendtner, Geißel und Nickolaus (2010) sowie Abele, Walker und Nickolaus (2014) wurden die Erkenntnisse der Arbeitspakete 1 bis 3 genutzt, um einen Test zur Erfassung von basalen und komplexen diagnoserelevanten Rezeptionskompetenzen (DRK) zu entwickeln.<sup>1</sup> Um die konkreten Förderbedarfe der Zielgruppen zu ermitteln, wurde dieser DRK-Test bei 191 Auszubildenden im 3. Lehrjahr eingesetzt.

**Arbeitspakete 4, 5 & 6: Planung, Durchführung und Auswertung einer Cognitive-Lab-Studie**

Nach einer leistungsspezifischen Selektion haben schließlich 24 Auszubildende, die den Ergebnissen im DRK-Test zufolge dem unteren bis mittleren Leistungsspektrum zuzuordnen waren, an der Cognitive-Lab-Studie teilgenommen. Aufgrund von Sättigungstendenzen in den beobachteten konkreten Barrieren im Diagnoseprozess wurde die Cognitive-Lab-Studie auf die Beobachtung von 24 Auszubildenden beschränkt, da die weitere Anhebung der Stichprobengröße auf die im Antrag angegebenen 30 Auszubildenden keine neuen Erkenntnisse erwarten ließ.

Die Cognitive Labs fanden an der Pädagogischen Hochschule (PH) Ludwigsburg statt. Die Durchführungen nahmen je Teilnehmer\*in (TN) drei Zeitstunden in Anspruch. In Phase 1 bearbeiteten die TN jeweils zwei schwere Fehlerszenarien in der Kfz-Computersimulation und verbalisierten dabei ihren Diagnoseprozess laut denkend. Der Diagnoseprozess wurde durch Audio- und Bildschirmaufnahmen festgehalten; zwei Projektmitarbeiter\*innen protokollierten dabei auffällige Handlungen/Äußerungen der TN, die auf Rezeptionsbarrieren hinwiesen. Die im Antrag zusätzlich vorgesehene Aufnahme von Augenbewegungsdaten wurde nicht umgesetzt, da sich hinsichtlich der im Rahmen der Versuchspersonenauswahl identifizierten handlungsleitenden Kognitionen kein Mehrwert für das aufwändige Eye-Tracking-Verfahren ergab.

Phase 2 begann mit der gemeinsamen Betrachtung der Aufzeichnungen und der Erläuterung des Vorgehens in den auffälligen Handlungsausschnitten durch die TN. Die TN wurden dabei aufgefordert, ihre Vorgehensweise zu erläutern, wodurch in den meisten Fällen konkrete fehlerbehaftete Verhaltensweisen und Barrieren abgesichert werden konnten. Im Anschluss unterstützten die Projektmitarbeiter\*innen den weiteren Diagnoseprozess bedarfsgerecht, um potenziell nachgelagerte Barrieren zu identifizieren. Die Ergebnisse der Cognitive-Lab-Studie bildeten das zentrale Kriterium für die inhaltliche Ausrichtung und Gestaltung der Interventionen (im Detail siehe Norwig, Güzel, Hartmann, & Gschwendtner, 2021).

**Arbeitspaket 7: Aufbereitung der Daten für das Forschungsdatenmanagement**

Die Arbeiten zur Aufbereitung der quantitativen Forschungsdaten zum Zweck der Archivierung und der Nachnutzung finden in enger Abstimmung aller beteiligten Projektstandorte mit dem Forschungsdatenzentrum am Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB Berlin) statt. Sie dauern derzeit noch an und werden voraussichtlich bis Dezember 2023 abgeschlossen sein. Hinsichtlich der in den Cognitive Labs erhobenen qualitativen Video- und Audiodaten fand im Rahmen einer von der ASCOT+-Projektkoordination initiierten Informationsveranstaltung der GESIS eine Neubewertung statt: Nach sorgsamer Abwägung von Interessen und Persönlichkeitsrechten der Versuchspersonen, juristischen Bestimmungen zum Datenschutz und wissenschaftlichem Potential der Daten für eine Nachnutzung wurde entschieden, diesen Teil der Daten lediglich zu archivieren, jedoch nicht für Dritte zugänglich zu machen.

## Meilenstein 2: Entwicklung einer Intervention zur Förderung der basalen diagnoserelevanten Rezeptionskompetenz

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets ist vollständig erfüllt.

### **Arbeitspakete 1 & 2: Entwicklung und Validierung der Intervention**

Aufbauend auf den Ergebnissen von Meilenstein 1 wurden das Konzept und die Inhalte der Intervention „basal“ entwickelt. Es haben sich die folgenden drei Teilkompetenzen herauskristallisiert, die für die Bewältigung basaler Anforderungen im Kfz-Fehlerdiagnoseprozess entscheidend sind:

1. Das effiziente Nutzen des Expertensystems Bosch ESI[tronic] für die Fehlersuche.
2. Das Lesen und Verstehen von Messhinweisen und Einbaulagen von Bauteilen, Komponenten und Systemen.
3. Das strategische Nutzen von Messhinweisen und Einbaulagen bei der Fehlereingrenzung.

Diese Teilkompetenzen bauen aufeinander auf, sodass eine vorherige Teilkompetenz die Voraussetzung für eine nachfolgende Teilkompetenz bildet. Entsprechend dieser Teilkompetenzen wurden die Lernmodule der basalen Intervention entwickelt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die entwickelten Lernmodule und ihre konkreten Inhalte.

*Tabelle 1: Überblick zu den entwickelten Lernmodulen und -inhalten der Intervention „basal“.*

Module	Lerninhalte
1. Effizientes Nutzen der ESI[tronic] für die Fehlersuche	Informationsquelle 1: Fehlerspeicher
	Informationsquelle 2: Messhinweise
	Informationsquelle 3: Einbaulageplan von Bauteilen, Komponenten und Systemen
2. Lesen und Verstehen von Messhinweisen und Einbaulagen	Lesetechnik 1: Skimming - überfliegendes Lesen
	Lesetechnik 2: Scanning - suchendes Lesen
	Lesetechnik 3: Genaues Lesen und Verstehen
	Lesetechnik 4: Funktionales Lesen - Umsetzung des Texts in Handlung
3. Strategisches Nutzen von Messhinweisen und Einbaulagen bei der Fehlereingrenzung	Planvolles Vorgehen bei der Fehlersuche
	Ausführung und Überwachung von Messungen
	Bewertung von Messergebnissen

Zur Vermittlung und Einübung der Lerninhalte wurden die verschiedenen didaktischen Elemente der im Querschnittsthema „Softwareentwicklung“ beschriebenen Lernumgebung genutzt. Dazu gehören Einführungsvideos, die einen Überblick über die bevorstehenden Inhalte des Trainings oder des jeweiligen Moduls geben. Des Weiteren werden Erklärvideos und Screencasts verwendet, um diagnoserelevantes Fachwissen und Diagnosestrategien anschaulich zu vermitteln. Die Übungsaufgaben wurden mit zunehmendem Komplexitätsgrad gestaltet. Automatisierte Feedbacks zum Lösungserfolg und Hilfestellungen wurden angeboten, und bei mehrmaligem Scheitern bei der Aufgabenlösung werden die Musterlösung bzw. der Lösungsweg vorgestellt und eine Reflexionsphase angeregt. Zusätzlich gibt es ein integriertes Belohnungssystem, um die Lernmotivation der Teilnehmenden zu steigern. Dieses ermöglicht das Sammeln von Punkten bei der Aufgabenbearbeitung und informiert über den aktuellen Punktestand nach Erreichen eines Teil-Lernziels und am Ende eines Lernmoduls. Die Kfz-Computersimulation und der interaktive Kfz-

<sup>1</sup> Der Test wird in Norwig, Güzel, Hartmann, & Gschwendtner (2021) ausführlich beschrieben.

Stromlaufplan wurden im Rahmen der Erklärvideos bzw. Screencasts sowie für die Entwicklung authentischer und anschaulicher Lern- und Übungsaufgaben eingesetzt.

Das Lernkonzept und ausgewählte Erklärvideos wurden 17 Auszubildenden und fünf Experten aus dem Projektbeirat zur Validierung vorgelegt. Mittels eines Fragebogens wurden mediale und inhaltliche Kriterien exemplarischer Videos bewertet. Die Videos wurden von den Auszubildenden (Mittelwert 2,1; Schulnotensystem 1-6) und den Experten (Mittelwert 2,3) ähnlich gut bewertet. Kleinere Änderungswünsche bezüglich der Videos (z.B. Erhöhung der Sprechgeschwindigkeit) und der Erweiterung der Funktionalität des in der Lernumgebung verwendeten Videoplayers (z.B. die Frage, ob Videos übersprungen werden können) wurden umgesetzt. Darüber hinaus wurden während der Interventionsentwicklung kritische Inhalte in den Erklärvideos und Aufgaben von projektinternen Experten und einem langjährigen Kfz-Meister einer intensiven Prüfung unterzogen und bedarfsbezogen überarbeitet.

### **Arbeitspakete 3 & 4: Implementation und Pilotierung der Lernumgebung**

Die Pilotierung der Technik und der Intervention beschränkte sich auf das Modul 2 der Intervention „komplex“ (siehe den entsprechenden Abschnitt zu Meilenstein 3). Dies war ausreichend, um sowohl die Funktionalität der über alle Themen hinweg technisch identischen Instrumente zu überprüfen als auch ein reibungsloses Test- und Nutzungsverhalten der Auszubildenden im Umgang mit der Intervention zu gewährleisten.

Für eine vollständige Bearbeitung der fertig entwickelten Intervention „basal“ werden ca. sechs Unterrichtsstunden benötigt.

## **Meilenstein 3: Entwicklung einer Intervention zur Förderung der komplexen diagnoserelevanten Rezeptionskompetenz**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets ist vollständig erfüllt.

### **Arbeitspakete 1 & 2: Entwicklung und Validierung der Intervention**

Das Vorgehen bei der Entwicklung der Intervention „komplex“ sowie die genutzten didaktischen Elemente zur Vermittlung der Lerninhalte sind strukturidentisch zur Intervention „basal“ (siehe Meilenstein 2). Die adressierten Teilkompetenzen bzw. die entwickelten Lernmodule und konkreten Lerninhalte sind in Tabelle 2 dargestellt.

*Tabelle 2: Überblick zu den entwickelten Lernmodulen und -inhalten der Intervention „komplex“.*

<b>Module</b>	<b>Lerninhalte</b>
1. Effizientes Nutzen der ESI[tronic] für die Fehlersuche	Informationsquelle 1: Fehlerspeicher
	Informationsquelle 2: Messhinweise
	Informationsquelle 3: Einbaulageplan von Bauteilen, Komponenten und Systemen
	Informationsquelle 4: Stromlaufplan
2. Lesen und Verstehen von Stromlaufplänen	Komponenten im Stromlaufplan und am Fahrzeug finden
	Lesen und Verstehen der Schaltzeichen von Komponenten
	Leistungsarten erkennen, verstehen und Leitungen nachverfolgen
	Mögliche Messtellen aus dem Stromlaufplan entnehmen
3. Nutzen von Stromlaufplänen zum planvollen Vorgehen bei der Fehlereingrenzung	Eigene Messstrategien mit Hilfe des Stromlaufplans entwickeln
	Funktionen und Einsatzmöglichkeiten von Adaptern kennen und bei der Fehlersuche nutzen
	Spannungsfallmessung verstehen und bei der Fehlersuche nutzen

und Vermittlung relevanter Messtechniken	Aus den Schaltzeichen ablesen, ob Widerstandsmessungen an Komponenten durchgeführt werden dürfen
--	---

Wie in den Ausführungen zum Meilenstein 2 erwähnt, wurden die Inhalte in den Erklärvideos und Aufgaben von internen Experten und einem erfahrenen Kfz-Meister geprüft und optimiert.

### **Arbeitspakete 3 & 4: Implementation und Pilotierung der Lernumgebung**

Die einwandfreie Funktion der Technik und das reibungslose Test- und Nutzungsverhalten der Auszubildenden im Umgang mit der Intervention wurden im Rahmen der Pilotierung von Modul 2 überprüft. Das Modul wurde in einer Klasse einer kooperierenden Berufsschule in der Region Stuttgart getestet. Dabei wurde das Design der späteren Evaluationsstudie mit Pre- und Posttest zu Diagnosekompetenzen erprobt, um sicherzustellen, dass (1) die Lernumgebung und die Tests technisch einwandfrei funktionieren, (2) die Auszubildenden die einzelnen Funktionen der Interventionen ohne Probleme nutzen können und (3) die für die bevorstehende Evaluation der Interventionen notwendigen automatisch generierten Datenreporte fehlerfrei sind.

Die vollständige Bearbeitung der fertig entwickelten Intervention „komplex“ erfordert insgesamt ca. acht Unterrichtsstunden.

### **MS 4: Evaluation der beiden Interventionen<sup>2</sup>**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets ist mit Stand 30. Oktober 2023 bis auf das letzte Arbeitspaket „Aufbereitung der Daten für Forschungsdatenmanagement“ vollständig erfüllt (Details siehe dort).

#### **Arbeitspaket 1: Entwicklung und Pilotierung des Tests zur Erfassung der Lesekompetenz technischer Texte**

Ein Großteil des Arbeitspaketes wurde bereits im Rahmen von Meilenstein 1 abgearbeitet. Für die Finalisierung des DRK-Tests im Rahmen der Evaluationsstudie wurden, auf diesen Vorarbeiten aufbauend, eine Selektion basaler und komplexer Items vorgenommen sowie einige neue Items entwickelt, um eine Auswahl zentraler Interventionsinhalte besser abbilden zu können. Der Test wird in Norwig, Güzel, Hartmann, & Gschwendtner (2021) ausführlich beschrieben.

#### **Arbeitspakete 2, 3 & 4: Planung, Durchführung und Auswertung von Studien zur Evaluation der Interventionen „basal“ und „komplex“**

Bei der Ausarbeitung des Versuchsdesigns für die Interventionsstudien wurden A-priori-Poweranalysen gerechnet, um optimale Stichprobenumfänge zu ermitteln. Hierbei ergab sich eine Zielstichprobengröße von insg. 360 Versuchspersonen. Diese im Vergleich zum Antrag ( $N > 160$ ) deutlich größere Stichprobe konnte dank der sehr hohen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Berufsschulen problemlos akquiriert bzw. wegen der Akquise ganzer Klassen sogar übertroffen werden: An der Evaluationsstudie nahmen insgesamt 404 Kfz-Mechatroniker\*innen am Ende ihrer Ausbildung teil. Es wurde ein experimentelles Design mit zwei Experimentalgruppen (Intervention „basal“ und Intervention „komplex“) und einer Vergleichsgruppe sowie Prä- und Posttest gewählt. Als interventionsnahes Evaluationskriterium wurden die Leistungen der TN in den optimierten DRK-Tests herangezogen. Als interventionsferneres Kriterium wurde der Diagnoseerfolg bei der Bearbeitung ausgewählter Fehlerszenarien in der Kfz-Computersimulation genutzt. Durch die Implementation von bis zu drei Paralleltestformen pro Instrument konnten Reihenfolgeeffekte beim Bearbeiten besonders zuverlässig ausgeschlossen werden. Die Vergleichsgruppe hat in ähnlichen Zeitumfängen diagnoserelevante Aufgaben aus beiden Trainings bearbeitet und Feedback zum Lösungserfolg sowie Musterlösungen erhalten, wobei das Lernhandeln primär lehrer\*innengeleitet erfolgte. Dieses Vorgehen sollte eine Abschätzung der

<sup>2</sup> Die Ergebnisse der Evaluationsstudie werden in Güzel, Hartmann, Norwig, & Gschwendtner (2023) detailliert berichtet.

Interventionseffekte der Erklärvideos und der automatisierten Unterstützungsangebote der Lernumgebung ermöglichen.

#### **Arbeitspaket 5: Datenauswertung und Publikation**

Die Ergebnisse der Datenauswertung zeigen, dass beide Interventionen zu signifikanten Verbesserungen im entsprechenden DRK-Test und im Diagnoseerfolg bei den Fehlerszenarien in der Kfz-Computersimulation führten (Cohens  $d$  für die Verbesserung der diagnoserelevanten Rezeptionskompetenz: Intervention „basal“ = 0.76, Intervention „komplex“ = 0.70; Pearsons  $r$  für die Verbesserung des Diagnoseerfolgs: Intervention „basal“ = 0.30, Intervention „komplex“ = 0.60). Im Vergleich zur Vergleichsgruppe erzielten die TN der Intervention „komplex“ signifikant bessere Leistungen im DRK-Test (Interaktionseffekt aus Gruppenzugehörigkeit und Messzeitpunkt:  $F[1, 131] = 19.79$ ;  $p < .001$ ,  $\eta^2_p = .02$ ). Demnach gelingt die Förderung von Kompetenzen im Bereich des Lesens, Verstehens und Nutzens von Stromlaufplänen mit der Intervention „komplex“ besser als mit dem lehrer\*innengeleiteten Treatment der Vergleichsgruppe. In allen anderen Evaluationskriterien waren die Lernerfolge der Interventionsgruppe ähnlich positiv wie in der Vergleichsgruppe. Ob leistungsschwächere Auszubildende eher von der basalen Intervention und leistungsstarke eher von der komplexen Intervention profitieren, wurde ebenfalls untersucht. Mögliche leistungsdifferenzierende Effekte der Interventionen konnten, unter Verwendung der aktuell vorliegenden Datenbasis, aufgrund verschiedener Faktoren nicht bestätigt werden:

- Im unteren Kompetenzbereich ist die Datenbasis dünn und es gibt viele Ausreißer.
- Der Kompetenzzuwachs bei mittleren und starken Auszubildenden beschränkt sich hauptsächlich auf einen Bereich mit wenigen Items. Einige dieser Items weisen relativ geringe Trennschärfen auf und können daher nicht hinreichend zwischen unterschiedlich starken Auszubildenden differenzieren.
- Die Abbildung von Kompetenzzuwächsen bei den bereits zum Studienbeginn kompetenteren Auszubildenden ist durch die Maximalpunktzahl der Tests begrenzt.

Die Ergebnisse der Interventionsstudien wurden für einen Beitrag mit dem Titel „Berufsspezifische Kompetenzen digital erwerben? Effekte multimedialer Interventionen zur Förderung der Fehlerdiagnosekompetenz bei Kfz-Mechatroniker\*innen“ in der *Zeitschrift für Pädagogik* aufbereitet, der am 24. September 2023 zur Veröffentlichung angenommen wurde (Güzel, Hartmann, Norwig, & Gschwendtner, 2023).

Den gesamten Entwicklungsstrang bzw. dessen Elemente, bestehend aus der Cognitive-Lab-Studie, den entwickelten Lerntools, den Interventionsstudien und deren Befunde stellten wir u.a. auf der Sektionstagung Berufs- und Wirtschaftspädagogik in Bamberg im September 2021, dem Digitalkongress des Zentrums für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL) Baden-Württemberg im Oktober 2021, der ASCOT+-Zwischentagung in Bonn im Juni 2022, der ASCOT+-Abschlusstagung im April 2023, den Fortbildungen (siehe unten) sowie in mehreren Projektbeiratstreffen einem breiten Fachpublikum bestehend aus Wissenschaftler\*innen und Praktiker\*innen vor.

#### **Arbeitspaket 6: Aufbereitung der Daten für das Forschungsdatenmanagement**

Die Arbeiten zur Aufbereitung der quantitativen Forschungsdaten zum Zweck der Archivierung und der Nachnutzung finden in enger Abstimmung aller beteiligten Projektstandorte mit dem Forschungsdatenzentrum am Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB Berlin) statt. Sie dauern derzeit noch an und werden voraussichtlich bis Dezember 2023 abgeschlossen sein.

### **Meilenstein 5: Nachhaltigkeit durch Fortbildungen (TP Dresden, TP Ludwigsburg)**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets ist mit Stand 30. Oktober 2023 bis auf die Arbeitspakete „Datenauswertung, statistische Auswertung und Publikationen“ und „Aufbereitung der Daten für Forschungsdatenmanagement“ vollständig erfüllt (für Details siehe die jeweiligen Arbeitspakete).

#### **Arbeitspakete 1 & 2: Entwicklung und Durchführung der Fortbildung**

Unsere Fortbildungen starteten im Großraum Stuttgart/Ludwigsburg im August 2022 mit einer Fortbildung für Kfz-Fachleiter\*innen aus Baden-Württemberg im Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL),

Außenstelle Esslingen Zell. Weitergeführt wurde diese im Dezember 2022 im Rahmen einer Kfz-Lehrer\*innenfortbildung des ZSL zu FluidSIM.

Die eigentliche Fortbildung für Ausbilder\*innen und Lehrkräfte erfolgte einige Monate später in Zusammenarbeit mit dem Projekt Netzwerk 4.0 des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW) Köln. Der Erstkontakt zum Projekt wurde auf der ASCOT+-Zwischentagung im Juni 2022 in Bonn geknüpft. Zur Vorbereitung der geplanten gemeinsamen Fortbildung wurde der Kontakt im November und Dezember 2022 intensiviert und erste Rahmenbedingungen für eine gemeinsame Entwicklung einer Weiterbildungsmaßnahme für (über-)betriebliche Ausbilder\*innen und Berufsschullehrkräfte abgesteckt. Die inhaltliche Erarbeitung und Umsetzung der Fortbildungsinhalte erfolgte im engen Austausch mit dem Netzwerk Q4.0 zwischen 01/23 und 05/23. Der erste Fortbildungsdurchlauf konnte schließlich am 08.05 starten und endete am 31.05.2023. Die Fortbildung unter dem Titel: „Diagnosekompetenzen in der Kfz-Ausbildung digital fördern“ findet im Blended-Learning-Format statt, in dem sich gemeinsame Online-Workshops mit Selbstlernphasen abwechseln. Der erste Durchlauf wurde unter Leitung von jeweils zwei Mitgliedern aus den Projekten Netzwerk Q4.0 und DigiDIn-Kfz durchgeführt. Inhaltlich werden den Teilnehmenden im Kurs praxisrelevante Forschungsergebnisse (z.B. typische Barrieren im Diagnoseprozess von Auszubildenden) präsentiert und unter Einbezug der Erfahrungen der Teilnehmenden diskutiert und kritisch reflektiert. Weiterhin lernen die Teilnehmenden die im Projekt entstanden Produkte (weiterentwickelte Kfz-Computersimulation und die drei digitalen Lerneinheiten/Interventionen zur Förderung von Diagnosekompetenzen) kennen und anwenden. Abschließend erhalten die Teilnehmenden die Möglichkeit, den Transfer der Produkte in ihre eigene Ausbildungspraxis konkret zu planen und diesen Plan im Rahmen der Fortbildung, unter Einbezug aller Teilnehmenden und Trainer\*innen, kritisch zu reflektieren. Die Produkte werden den Teilnehmenden nach der Fortbildung zur weiteren Verwendung zur Verfügung gestellt. Gerahmt wird das gesamte Fortbildungsprogramm durch eine Lernplattform. Eine ausführliche Darstellung der Fortbildung findet sich mit folgendem Link: <https://netzwerkq40.de/de/trainings/handwerk-bau/diagnosekompetenzen-in-der-kfz-ausbildung-digital-foerdern/#event-0>

**Arbeitspakete 3 & 4: Datenauswertung, Publikation und Forschungsdatenmanagement**

Am Ende der Fortbildung wurde den Teilnehmenden ein Evaluationsbogen mit 29 Aussagen zu den Dimensionen „Inhalte der Fortbildung“, „Lernplattform und eingesetzte Medien“ und „Veranstaltung und Kompetenz des Trainers/der Trainerin“ zur Bewertung vorgelegt, die sie auf einer Skala von 1 (trifft nicht zu) bis 4 (trifft voll zu) bewerten sollten.

Die Teilnehmer\*innen bewerteten die Fortbildung abschließend wie folgt; in der Tabelle 3 sind die Mittelwerte dargestellt.

*Tabelle 3: Fragebogen zur Evaluation der Fortbildung und Mittelwerte je Item.*

Frage	Mittelwert
Die Inhalte des Trainings waren aktuell.	3,2
Das fachliche Niveau des Trainings war angemessen.	3,8
Die Lernziele waren mir vorab bekannt.	3,2
Die Inhalte der Selbstlernphasen und der Gruppenlernphasen waren gut aufeinander abgestimmt.	3,4
Ich kann das Gelernte gut auf meinen Arbeitsalltag als Ausbilder/Ausbilderin beziehen.	3
Insgesamt bin ich mit dem Q 4.0 Training zufrieden.	3,4
Die Möglichkeit, nach Abschluss mehrerer Q 4.0 Weiterbildungsformate ein offizielles Zertifikat zu erhalten, motiviert mich zur Teilnahme an weiteren Q 4.0 Formaten.	3
Der Umgang mit der Lernplattform ist mir leicht gefallen.	3

Die Medien waren technisch einwandfrei abrufbar.	2,8
Die Inhalte der Videos "Einführung in die Simulation" habe ich gut verstanden	3,6
Ich denke, dass die Videos zur "Einführung in die Simulation" geeignet sind, um die Bedienung der Simulation zu erklären.	3,4
Die Aufgaben zwischen den Videos haben mir geholfen, die Bedienung der Simulation besser zu verstehen.	3,6
Ich empfand die Simulation als zu komplex.	2,6
Ich denke, dass die Simulation dafür geeignet ist, um die Diagnosekompetenz von Auszubildenden zu fördern.	2,4
Ich würde die Simulation in der Ausbildung einsetzen, wenn diese fehlerfrei funktioniert.	3,6
Die Aufgaben im Praxis-Logbuch haben mir geholfen, die Lerninhalte auf meine Ausbildungspraxis zu übertragen.	2,6
Die Veranstaltungen waren gut strukturiert (ein roter Faden war erkennbar).	3,4
Die Inhalte wurden verständlich aufbereitet.	3,4
Der Bezug zur Ausbildungspraxis wurde in den Gruppenlernphasen hergestellt.	3
Offene Fragen aus den Selbstlernphasen wurden geklärt.	3,2
Die Teilnehmenden wurden aktiv in die Gestaltung mit eingebunden.	3,8
Es gab ausreichend Gelegenheit zum Austausch mit den anderen Teilnehmenden.	3,8
Der Trainer/die Trainerin war kompetent.	4
Der Trainer/die Trainerin gab gezieltes Feedback zu den Aufgaben des Praxis-Logbuchs.	2,4
Der Trainer/die Trainerin beantwortete Fragen umfassend und präzise.	3,8
Der Trainer/die Trainerin hat mich und andere motiviert.	3,8
<b>Gesamt (Mittelwert aller Items; gerundet auf zweite Nachkommastelle)</b>	<b>3,28</b>

Aus weiterem Feedback, das während der Kursdurchführung mehrfach von den Teilnehmenden eingeholt wurde, konnten weitere wertvolle Hinweise für die Anpassung der Fortbildung gewonnen werden.

Beispielhaft seien hier nur einige wenige besonders wichtige Punkte genannt:

- Änderung der inhaltlichen Gliederung der Fortbildung
- Fehlerbehebung (Bugfixing) in der Kfz-Computersimulation
- Änderung der Fortbildungszeiten (Termine besser in Nachmittagsstunden)
- Höherer Fokus auf Austausch und Praxistransfer, weniger inhaltliche Darstellung der Forschungsergebnisse

Diese Erkenntnisse aus dem ersten Durchlauf flossen von Juni bis September 2023 in die Überarbeitung der Fortbildung ein. Für Oktober und November 2023 wird ein weiterer für die Teilnehmenden kostenfreier Fortbildungsdurchlauf in diesem Jahr erfolgen. Im Jahr 2024 sollen zwei weitere Fortbildungsdurchläufe (Mit Startdatum 1x Ende März und 1x Ende Oktober) angeboten werden. Diese Durchläufe werden, aufgrund der ausgelaufenen Projektlaufzeiten, im Marktmodell (mit Teilnehmer\*innengebühren) durchgeführt. Eine darüber hinausreichende Verstetigung der Fortbildung orientiert sich am tatsächlichen Bedarf.

Die Bewerbung der Fortbildung erfolgt u.a. über die Webseite des Netzwerk Q4.0

(<https://netzwerkq40.de/de/trainings/handwerk-bau/diagnosekompetenzen-in-der-kfz-ausbildung-digital->

[foerdern/](#)), die Fortbildungsdatenbank des Sächsischen Landesamtes für Schule und Bildung, die Fachschaft der Kfz-Lehrer\*innen in Baden-Württemberg, die Startseite der BMBF-ASCOT+-Initiative ([ascot-vet.net](https://ascot-vet.net)), das Forum für AusbilderInnen des BIBB (<https://www.foraus.de/de/q-4-0-training-diagnosekompetenzen-in-der-kfz-ausbildung-digital-foerdern-180992.php>), dem Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbes (ZDK) sowie über weitere Kanäle der Öffentlichkeitsarbeit der Projektpartner der PH Ludwigsburg und der TU Dresden. Darüber hinaus wurden der Projekt-Praxisbeirat sowie weitere Praxispartner über die Fortbildung informiert.

Angesichts des geringen Rücklaufs sind eine Publikation der Ergebnisse und eine Aufbereitung der Daten zur Nachnutzung in einer Forschungsdatenbank nicht zielführend. Die Daten werden lediglich archiviert. Ggf. werden belastbarere Daten im zweiten Durchlauf der Fortbildung generiert und publiziert.

## **Interventionen zur Förderung der modellbasierten Diagnosestrategie (TP Dresden und Freiburg/Erfurt)**

### **Meilenstein 1: Entwicklung geeigneter Lösungsbeispiele und der Intervention**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets ist mit Stand 30.10.2023 bis auf das letzte Arbeitspaket „Aufbereitung der Daten für Forschungsdatenmanagement“ vollständig erfüllt (Details siehe dort).

#### ***Arbeitspaket 1: Entwicklung von Lösungsbeispielen für 4 Diagnosefälle***

Die Ausgestaltung der „Intervention zur Förderung der modellbasierten Diagnosestrategie“ (TP Freiburg) erforderte zunächst die Klärung des Lerngegenstandes "modellbasierte Diagnosestrategie" im interdisziplinären Team. Auf Basis wissenschaftlicher Theorien und Modelle wurden eine für Auszubildende verständliche Diagnosestrategie entwickelt und konkrete und daraus beobachtbare Diagnosehandlungen zur späteren Bewertung abgeleitet.

Die dabei entstandenen Lehrinhalte wurden evaluiert und anschließend wurden mehrere Lösungsbeispiele entworfen. Zeitgleich wurden inhaltlich und lehr-lernpsychologisch sinnvolle Selbsterklärungsaufgaben entwickelt. Da sich ein Lösungsbeispiel, das die strategische Diagnose eines geeigneten Störungsfalles modelliert, als länger und umfassender als erwartet herausstellte, wurden nur zwei statt wie geplant vier Lösungsbeispiele entwickelt. Diese ergänzen sich inhaltlich und vom Schwierigkeitsgrad her sinnvoll.

#### ***Arbeitspakete 2 & 3: Validierung der Lösungsbeispiele durch Experten & Implementation der Lösungsbeispiele in digitale Lernumgebung, Pilotierung (5 Probanden) der Technik***

Das erste technisch umgesetzte Beispiel inklusive Instruktion und Selbsterklärungsaufgaben konnte zum Jahresende 2019 hin von zwei Experten validiert werden. Für die Kfz-spezifisch validierte Diagnosestrategie wurden im Jahr 2020 Lernmaterialien in Form von Instruktionsvideos und zwei videobasierten Lösungsbeispielen entwickelt und im Austausch mit einem Experten mehrfach evaluiert. Für das Lernmaterial wurden außerdem lehr-lernpsychologisch sinnvolle Übungs- und Selbsterklärungsaufgaben entwickelt. Anschließend wurden Wissenstests zur Erfassung der Diagnosekompetenz der Kfz-Auszubildenden teilweise neu und teilweise aufbauend auf vorherigen Projekten weiterentwickelt. Diese Wissenstests wurden in einer ersten Erhebung im Mai 2020 pilotiert und weiter verfeinert. Das Lernmaterial und die Wissenstests wurden anschließend gemeinsam mit einer ersten Version der weiterentwickelten Kfz-Computersimulation in eine Online-Umfrageumgebung eingebettet. Die Implementation in die digitale Lernumgebung war zum Zeitpunkt noch nicht möglich, da die Umgebung erst im Entstehen war.

#### ***Arbeitspakete 4 & 5: Pilotierung der Lösungsbeispiele mit >40 Auszubildenden & Datenauswertung, statistische Auswertung, Publikation***

Im Herbst 2020 konnte eine umfassende Pilotierung des Lernmaterials und der Wissenstests mit 80 Auszubildenden im 4. Lehrjahr erfolgen. In der Studie wurde die Wirksamkeit von Modellierungsbeispielen zur Vermittlung einer modellbasierten Kfz-Diagnosestrategie untersucht. In einem Messwiederholungsdesign wurden an zwei Erhebungstagen das Diagnosewissen und die Diagnosefähigkeit getestet. Dabei wurden die

Auszubildenden in drei Bedingungen eingeteilt. Zwei Bedingungen erhielten Selbsterklärungsaufforderungen, so genannte Prompts, Gruppe drei war die Kontrollgruppe. Insgesamt wurden 67 Auszubildende getestet und folgendermaßen in drei Gruppen aufgeteilt:

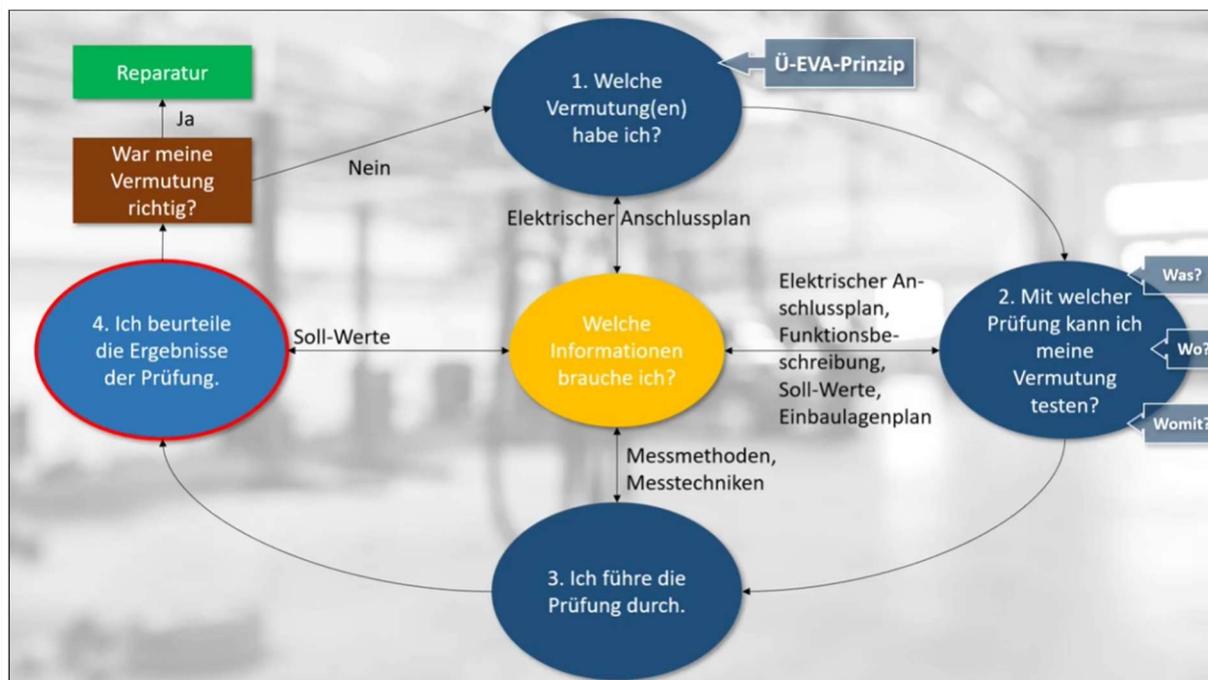
- 1)  $n = 21$  Experimentalgruppe 1 mit Instruktionvideos zur Strategie + Modellierungsbeispielen mit retrospektiven SE-Prompts
- 2)  $n = 25$  Experimentalgruppe 2 mit Instruktionvideos zur Strategie + Modellierungsbeispielen mit antizipatorischen SE-Prompts
- 3)  $n = 21$  Kontrollgruppe (Instruktionvideos zur Strategie, aber keine Modellierungsbeispiele = keine Prompts)

Die zu vermittelnde Diagnosestrategie wurde auf theoretischer Grundlage mit Hilfe von Fachexperten entwickelt. Sie sieht vor, dass die Diagnostizierenden zyklisch vier Schritte durchlaufen, bis die Störungsursache gefunden wurde.

Diese vier Schritte sind:

- 1) Hypothese aufstellen
- 2) Messungen zur Hypothesenprüfung planen
- 3) Messung durchführen
- 4) Messergebnisse und Hypothese bewerten

Hinzu kamen verschiedene Konzepte zur Erstellung von Hypothesen und zur Planung der Messungen. Zur Hypothesenplanung bedienten wir uns des bei den Auszubildenden bekannten Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe-Prinzips (EVA). Es beschreibt die Aufgaben verschiedener Komponenten und Systeme und bringt diese so in einen systemischen Zusammenhang. Dieses erweiterten wir um die Übertragungskomponenten und vermitteln das Ü-EVA-Prinzip (vgl. Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Übertragung-Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe (Ü-EVA) Prinzip.

Zur besseren Planung der notwendigen Messungen vermittelten wir den Auszubildenden drei Leitfragen.

- 1) Was soll gemessen werden? Zur Festlegung der zu messenden physikalischen Größe.
- 2) Wo soll gemessen werden? Zur Festlegung der Messstellen.
- 3) Womit soll gemessen werden? Zur Festlegung der Messgeräte.

Zur Vermittlung der Strategie erhielten alle drei Bedingungen fünf Instruktionvideos mit ca. 35 Minuten Gesamtdauer. Nach jedem Video erhielten die Auszubildenden Übungsaufgaben zum jeweils vermittelten Strategiestritt. Im Anschluss an diese Sequenz wurden den zwei Experimentalgruppen videobasierte

Modellierungsbeispiele gezeigt, in denen ein Experte in der Kfz-Computersimulation unsere Strategie anwendet. Dabei wurde je Diagnoseschritt ein Video gezeigt, in dem der Experte neben den Handlungen seine kognitiven Prozesse verbalisiert. Pro Modellierungsbeispiel wurden bis zu 12 Videos gezeigt und die Bearbeitungsdauer der Beispiele und der zugehörigen Selbsterklärungsaufforderungen lag bei etwa 90 Minuten. Die Kontrollgruppe erhielt die beschriebenen Modellierungsbeispiele nicht und bekam stattdessen die Möglichkeit, die in den Modellierungsbeispielen vorgestellten Fehlerfälle selbständig in der Simulation zu bearbeiten.

Bis einschließlich Juni 2021 wurden die erhobenen Daten bereinigt, aufbereitet und statistischen Analysen unterzogen. Die Auswertungen führten zu der erfolgreichen Veröffentlichung des folgenden Artikels: Meier, J., Spliethoff, L., Hesse, P., Abele, S., Renkl, A., & Glogger-Frey, I. (2022). Promoting car mechatronics apprentices' diagnostic strategy with modeling examples: Development and evaluation of a simulation-based learning environment. *Studies in Educational Evaluation*, 72, 101117. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2021.101117>.

Als wichtigste Ergebnisse fanden wir zwei Haupteffekte des Zeitpunktes auf das Diagnosewissen. Auszubildende erwerben Wissen über die vermittelte Strategie, können dieses aber nicht erfolgreich bei der eigenständigen Diagnose einsetzen. Es zeigte sich ebenfalls, dass die Modellierungsbeispiele keinen positiven Effekt auf den Lern-, also den Diagnoseerfolg hatten.

## **Meilenstein 2: Evaluation der Intervention**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets ist mit Stand 30.10.2023 bis auf das letzte Arbeitspaket „Aufbereitung der Daten für Forschungsdatenmanagement“ vollständig erfüllt (Details siehe dort).

### ***Arbeitspaket 1: Datengetriebene Weiterentwicklung Überarbeitung der Intervention / Lösungsbeispiele***

Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse erfolgte in der zweiten Jahreshälfte 2021 eine umfassende Überarbeitung der gesamten Intervention. Ein besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die Überarbeitung bzw. Neu-Konzeption der zu vermittelnden Diagnosestrategie gelegt. Diese wurde in enger Zusammenarbeit verschiedenen Fachexperten verkürzt und noch stärker auf die Einbindung systemischer Zusammenhänge bei der Störungsdiagnose fokussiert.

### ***Arbeitspakete 2 bis 5: Datengetriebene Weiterentwicklung Überarbeitung der Intervention / Lösungsbeispiele, Pilotierung der überarbeiteten Intervention mit >40 Auszubildenden, Datenerhebung bei 120 Probanden (3 Bedingungen à 40 Probanden), Datenauswertung, statistische Auswertung und Publikationen***

Im Frühjahr 2022 folgte nach den notwendigen Vorbereitungen (z.B. Rekrutierung von Schulen) eine erneute Evaluation der überarbeiteten Intervention. Anschließend konnte dann auch die Datenerhebung zur Evaluation der entwickelten Intervention Mitte Juli 2022 erfolgreich beendet werden. Auch in dieser Studie wurde im Prä-Post-Design untersucht, ob Modellierungsbeispiele in speziellen Formaten positive Effekte auf die Vermittlung einer Kfz-Diagnosestrategie haben. Dabei wurden 119 Auszubildende an zwei Tagen, mit vier Tagen Pause zwischen den Erhebungen, untersucht. Die Auszubildenden wurden einer der drei Bedingungen zugordnet:

- 1)  $n = 39$  in Bedingung mit Instruktionsvideos zur Strategie + Modellierungsbeispielen mit sequentiellen SE-Prompts
- 2)  $n = 43$  in Bedingung mit Instruktionsvideos zur Strategie + Modellierungsbeispielen mit kontrastierenden SE-Prompts
- 3)  $n = 37$  in Kontrollgruppe (Instruktionsvideos zur Strategie aber keine Modellierungsbeispiele = keine Prompts)

Die überarbeitete Strategie (vgl. Abbildung 5) beschränkt sich nun auf drei einmalig zu durchlaufende Schritte. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Hypothesenformulierung. Die Auszubildenden sollen ihre formulierten Hypothesen auf Basis ihres Verständnisses des betroffenen Kfz-Systems (mentales Modell) begründen. Die

Auszubildenden sollen nach der Neuformulierung der Strategie für eine vorhandene Störung folgende Schritte einmalig durchlaufen:

- 1) alle Hypothesen formulieren und begründen
- 2) alle notwendigen Messungen zur Hypothesenprüfung planen
- 3) alle Messungen durchführen und die Messergebnisse bewerten

Zur Unterstützung bei der Bearbeitung der Schritte gaben wir den Auszubildenden auch in dieser Erhebung Leitfragen an die Hand. Die Leitfragen zur Hypothesenformulierung lauteten:

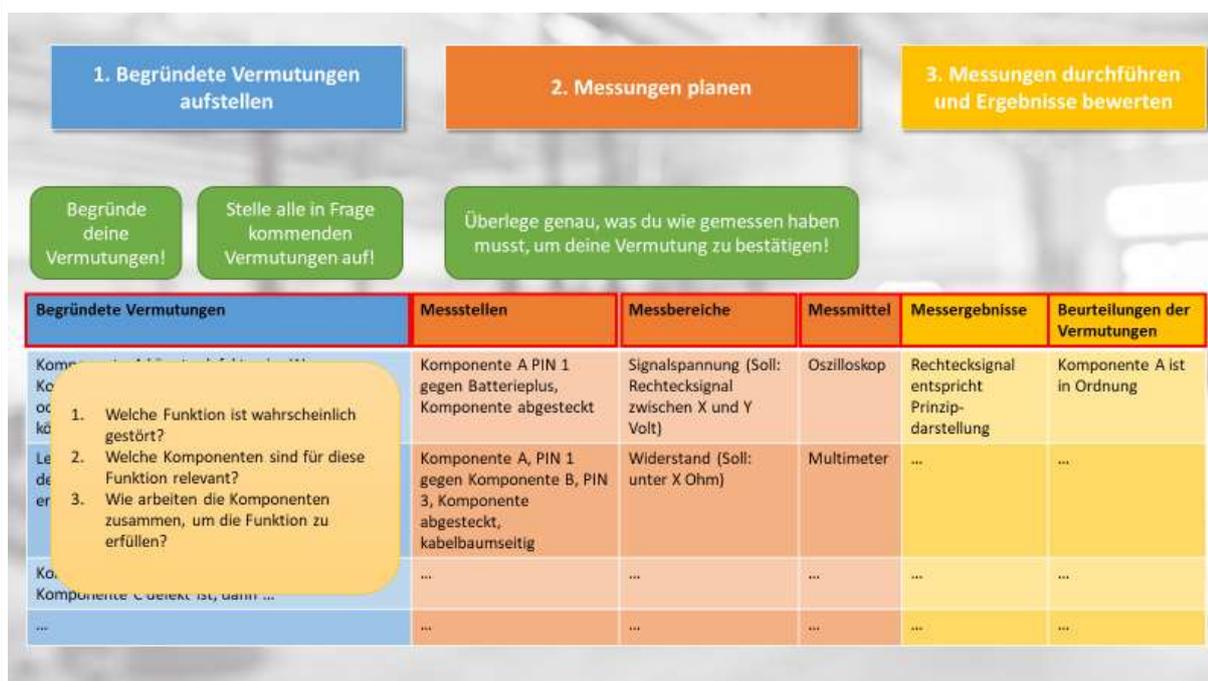
- Welche Funktion ist wahrscheinlich gestört?
- Welche Komponenten sind für diese Funktion relevant?
- Wie arbeiten die Komponenten zusammen, um die Funktion zu erfüllen?

Zur Planung der Messungen erhielten die Auszubildenden folgende Leitfragen:

- Was genau musst du messen?
- Wie musst du messen?
  - o Welche Messstelle(n)?
  - o Welche(s) Messmittel?
  - o Welche(r) Messbereich(e)?

Zur besseren Visualisierung unserer Strategie und zur Strukturierung des Diagnoseprozesses setzen wir zusätzlich einen Prüfplan ein (vgl. Abbildung 5). Dieser ist den Auszubildenden so oder in ähnlicher Form aus dem Arbeitsalltag bekannt.

Zur Vermittlung unserer Strategie kamen, wie schon bei der ersten Erhebung, Instruktionsvideos, Modellierungsbeispiele und Selbsterklärungsprompts zum Einsatz. Nach zwei Einführungsvideos folgten die Instruktionen zur Diagnosestrategie und die zugehörigen Modellierungsbeispiele. Nach jedem Modellierungsbeispiel erhielten die Teilnehmer\*innen der Experimentalgruppen verschiedene Selbsterklärungsprompts, während die Kontrollgruppe nach den Instruktionsvideos sofort die in den Modellierungsbeispielen vorgestellten Störungsfälle in der Kfz-Computersimulation bearbeiten konnte.



**Abbildung 4:** Modellbasierte Diagnosestrategie inkl. Messplan

Nach einer sehr komplexen Datenaufbereitung konnten im November 2022 die Ergebnisse präsentiert werden. Es zeigen sich erneut zwei Haupteffekte des Zeitpunktes. Die Intervention zeigte sich wirksam auf das Diagnosewissen und die Diagnosefähigkeiten der Auszubildenden. Zusätzlich konnte ein Interaktionseffekt von Zeitpunkt und Modellierungsbeispielen nachgewiesen werden. Es zeigte sich, dass das Diagnosewissen der

Auszubildenden, die mit Modellierungsbeispielen lernten, im Vergleich zu denen, die ohne solche Beispiele lernten (Kontrollgruppe), signifikant stärker anstieg.

Weiterhin haben wir die Ergebnisse der ersten Studie aus dem Jahr 2020 erneut analysiert. Diese Ergebnisse wurden bei der EARLI SIG 6/7 im August 2022 in Bern sowie bei der BWP-Sektionstagung 2022 in Freiburg einem wissenschaftlichen Fachpublikum präsentiert. Aus den gewonnenen Daten entstand ein zweiter Artikel, der die Bearbeitung unterschiedlicher Selbsterklärungsprompts behandelt und somit einen stärkeren pädagogisch-psychologischen Fokus hat. Dieser wurde im August 2023 bei *Instructional Science* unter dem Titel „Better Self-Explaining Backwards or Forwards? Prompting Self-Explanation in Video-Based Modelling Examples for Learning a Diagnostic Strategy“ zur Veröffentlichung angenommen (doi wird sein: 10.1007/s11251-023-09651-7). Seit Mai 2023 befindet sich außerdem ein Artikel unter dem Arbeitstitel „Video-Based Modelling Examples and Comparative Self-Explanation Prompts for Teaching a Complex Problem-Solving Strategy“ beim *Journal of Computer Assisted Learning* im Begutachtungsprozess (die aktuelle zweite Überarbeitung erfordert eher kleinere Veränderungen).

Julius Meier hat Ende September 2023 erfolgreich mit Hilfe der aus dem Projekt entstandenen Publikationen promoviert.

### **Meilenstein 3: Nachhaltigkeit durch Fortbildungen**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets ist mit Stand 30.10.2023 bis auf das letzte Arbeitspaket „Aufbereitung der Daten für Forschungsdatenmanagement“ vollständig erfüllt. Die Ausführungen zu dem Meilenstein haben wir gebündelt weiter oben unter gleicher Überschrift untergebracht.

### **Erfassung und Interventionen zur Förderung des kollaborativen Diagnoseprozesses (TP Dresden & TP Erfurt)**

#### **Meilenstein 1: Entwicklung und Validierung des Verfahrens zur Erfassung des kollaborativen Kfz-Diagnoseprozess**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets ist mit Stand 30.10.2023 bis auf das letzte Arbeitspaket „Aufbereitung der Daten für Forschungsdatenmanagement“ vollständig erfüllt (Details siehe dort).

#### ***Arbeitspaket 1: Implementation der Kfz-Computersimulation in EPCAL inkl. Pilotierung und Qualitätssicherung***

Die Implementation der Simulation in die Kollaborationsplattform des Educational Testing Service (ETS): Platform for Collaborative Assessment and Learning (EPCAL, Hao et al., 2017b) sowie die Pilotierung und Qualitätssicherung erfolgte zweigeteilt: 1) im Zeitraum von 09/19 bis 12/19 und 2) im Zeitraum von 11/20 bis 02/21. Innerhalb des ersten Zeitraums wurden zwei Kollaborationsszenarien entwickelt, in der Simulation umgesetzt und in EPCAL implementiert. Im zweiten Zeitraum wurde die Pilotierung abgeschlossen. Insgesamt erfolgte die Pilotierung in drei Schritten: 1. Pilotierung durch studentische Hilfskräfte des Projekts (1 Dyade); 2. nach 1. Überarbeitung erfolgte eine weitere Pilotierung mit zwei Dyaden an einem kooperierenden Berufsschulzentrum (BSZ); 3. nach 2. Überarbeitung weiterer Durchlauf mit weiteren zwei Dyaden an einem kooperierenden BSZ. In diesen Durchläufen wurde neben technischen Anpassungen an der Simulation und EPCAL sowie inhaltlichen Anpassungen an den Kollaborationsszenarien auch das Bewertungsschema getestet und überarbeitet.

#### ***Arbeitspaket 2: Theoriebasierte Entwicklung des Bewertungsschemas (Qualitätsdimensionen, -kriterien, Rating, Scoring)***

Im Zeitraum von 01/20 bis 12/20 erfolgte die theoriebasierte Entwicklung des Schemas zur Bewertung der Qualität des kollaborativen Kfz-Diagnoseprozesses. Zur Erfassung der in kollaborativen Problemlöseprozessen vorliegenden doppelten Belastung durch inhalts- und interaktionsbezogene Anforderungen (double load vgl. Kirschner et al., 2018) entwickelten wir theoriebasiert ein Schema, das sowohl diagnostische als auch

kollaborative Aktivitäten im Prozess messbar macht und damit die Voraussetzung für eine Bewertung des Gesamtprozesses der kollaborativen Kfz-Störungsdiagnose darstellt.

Unter Rückgriff auf das Model for Collaborative Diagnostic Reasoning (CDR, vgl. Radkowsch et al., 2022) konnten die kollaborativen Aktivitäten *Teilen von Informationen (sharing)*, *Elizitieren von Informationen (elicitation)*, *Verhandlung (negotiation)* und *Koordination der Kollaboration (coordination)* als potentiell bedeutend identifiziert werden. Ergänzt durch die Aktivität *Aufrechterhaltung der Kommunikation (maintaining communication)*; vgl. Hao et al., 2017a) konnte eine umfassende Klassifikation kollaborativer Aktivitäten im Prozess der Kfz-Störungsdiagnose abgebildet werden.

Als relevante Hauptkategorien für diagnostische Aktivitäten im Prozess wurden entsprechend Abele (2018) und Radkowsch et al. (2022) die drei Kategorien: *Hypothesen generieren (generating hypotheses)*, *Evidenzen generieren (generating evidence)* und *Evidenzen interpretieren (interpreting evidence)* identifiziert. Aufgrund des hohen Abstraktionsniveaus dieser Kategorien wurde eine weitere datengetriebene Spezifizierung von Subkategorien vorgesehen, die dem Vorgehen nach Mayring (2010) zur Erstellung eines Kodierschemas folgt.

Weiterhin wurde ein grundsätzliches Scoring entwickelt, welches ausgehend von individuell auf das jeweilige Kollaborationsszenario (siehe unten) zugeschnittenen Expertenlösungen den korrekten Austausch lösungsrelevanter Inhalte im Prozess bewertbar macht (siehe Radkowsch et al., 2023 Manuskript zur Veröffentlichung eingereicht).

Das Bewertungsschema sowie (vorläufige) Ergebnisse stellten wir u.a. auf der ASCOT+-Zwischentagung in Bonn im Juni 2022, der EARLI SIG 14 in Paderborn im August 2022, der Sektionstagung Berufs- und Wirtschaftspädagogik in Freiburg im September 2022 sowie mehreren Projektbeiratstreffen einem breiten nationalen und internationalen Fachpublikum bestehend aus Wissenschaftler\*innen und Praktiker\*innen vor.

### ***Arbeitspakete 3 bis 6: Erhebungsplanung, Absprachen mit Schulen, Datenerhebung an Kooperationschulen (100 Probanden, 50 Kollaborationsprotokolle), datengetriebene Weiterentwicklung und Validierung des Verfahrens***

Die Erhebungsplanung, Absprachen mit Schulen sowie die Datenerhebung einer ersten Erhebungswelle erfolgten im Zeitraum von 08/20 bis 09/21. Eine zweite Datenerhebung erfolgte zur Absicherung der Datenquantität und Datenqualität in 04/22. In Verbindung damit erstreckte sich die Datenauswertung und die damit einhergehende datengetriebene Weiterentwicklung des Verfahrens, mit Unterbrechungen, über den Zeitraum zwischen 11/20 bis 06/22.

Im Rahmen der ersten Datenerhebung konnten 43 Kollaborationsprotokolle erhoben werden. Hiervon erfüllten allerdings nur 26 Protokolle die Mindestanforderungen an die Datenqualität und konnten somit in die Analysen einbezogen werden. Gründe für die erhöhte Drop-Out-Rate finden sich vor allem in der Tatsache, dass die Erhebungen aufgrund der Covid-19-Pandemie nur durch eine online zugeschaltete Versuchsleitung überwacht werden konnten.

Zur Absicherung der Datenqualität konnten im Rahmen der zweiten Datenerhebung 38 weitere Kollaborationsprotokolle in die Analysen einbezogen werden. Somit konnten insgesamt 64 Kollaborationsprotokolle (128 Auszubildende der Kfz-Mechatronik) bis 06/22 ausgewertet und zur Adaption des Bewertungsschemas verwendet werden.

Das Bewertungsschema zeigte sich eine gute Interrater-Reliabilität mit einem Cohen's Kappa zwischen .79 und .85. Gleichzeitig zeigte sich die Methode geeignet, um Differenzen zwischen den untersuchten Kollaborationsprotokollen aufzuzeigen. Die Analysen der Dyaden bestätigten ein geringes Leistungsniveau in Bezug auf kollaborative Kfz-Störungsdiagnosen unter Auszubildenden der Kfz-Mechatronik. Hierbei konnten diverse förderfähige Defizite im Prozess identifiziert werden. Es konnte u.a. festgestellt werden, dass es den Auszubildenden allgemein schwerfällt, die für die Störungsdiagnose relevanten Inhalte auszutauschen, was vor allem in Anbetracht dessen schwer wiegt, dass diese Inhalte empirisch einen starken Zusammenhang zur Leistung (Erfolg/Misserfolg bei der Identifikation der Störungsursache) in der Störungsdiagnose aufweisen.

Anhand der gewonnenen Ergebnisse konnte das Bewertungsschema weiterentwickelt werden. Die aus der Validierung des Verfahrens abgeleitete Erstellung des Bewertungsschemas fand, mit Unterbrechungen, zwischen 02/21 und 06/22 statt.

Wie erwartet zeigte sich im Prozess, dass sich die Aktivitäten „Teilen von Informationen“, „Elizitieren von Informationen“, „Verhandlung“, „Koordination der Kollaboration“ und „Aufrechterhaltung der Kommunikation“ dazu eignen, den kollaborativen Anteil im kollaborativen Kfz-Störungsdiagnoseprozess erschöpfend zu klassifizieren.

Im Bereich der diagnostischen Aktivitäten wurden die Kategorien „Hypothesen generieren“, „Evidenzen generieren“ und „Evidenzen interpretieren“ um die Kategorie „Sonstiges“ ergänzt. Weiterhin konnten datengetrieben relevante Subkategorien für die Kategorie „Evidenzen generieren“ („Identifizieren der Ausgangssituation“, „Planen und Durchführen von Hypothesentests“, „Testergebnisse präsentieren“) und „Evidenzen interpretieren“ („Evidenzen evaluieren“, „Nennen oder Ausschließen von Störungsursachen“, „Entwickeln/Nennen eines Reparaturvorschlages“) gefunden werden.

In den Analysen zeigte sich auch, dass die Dyaden sich in den untersuchten Aktivitäten unterscheiden. Dabei konnte jedoch kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Performanz (Erfolg in den Störungsdiagnosen) und der Häufigkeit der gezeigten Aktivitäten der Dyaden festgestellt werden. An dieser Stelle erfordert es weitere Untersuchungen.

Mittels des Scorings konnte jedoch ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Performanz der Dyaden und des korrekten Austauschs lösungsrelevanter Inhalte festgestellt werden. Diese Erkenntnisse wurden zur Erstellung des Bewertungsschemas und der daran anschließenden Intervention zur Förderung des kollaborativen Kfz-Störungsdiagnoseprozesses eingesetzt.

Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse der Validierung findet sich in: Radkowitz, A., Rexhäuser, D., Richters, C., Glogger-Frey, I., & Abele, S. (2023). Investigating collaborative diagnostic problem solving in automotive malfunction diagnosis: Deriving starting points for instructional support. Manuskript zur Veröffentlichung eingereicht.

Ergebnisse der Validierung des Bewertungsschemas stellten wir u.a. auf der ASCOT+-Abschlussstagung (online) im April 2023, der EARLI in Thessaloniki (Griechenland) im August 2023, der Fachtagung der Pädagogischen Psychologie (PAEPS) in Kiel im September 2023 sowie mehreren Praxisbeiratstreffen einem breiten nationalen und internationalen Fachpublikum bestehend aus Wissenschaftler\*innen und Praktiker\*innen vor.

## **Meilenstein 2: Entwicklung geeigneter Kollaborationsbeispiele und der Interventionen**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets ist mit Stand 30.10.2023 bis auf das letzte Arbeitspaket „Aufbereitung der Daten für Forschungsdatenmanagement“ vollständig erfüllt (Details siehe dort).

### ***Arbeitspakete 1 & 2: Entwicklung der Kollaborationsbeispiele und Interventionen & Implementation der Interventionen in digitale Lernumgebung, Pilotierung der Technik***

Die Entwicklung von Kollaborationsbeispielen und der Interventionen lief, teilweise bereits parallel zur Validierung des Verfahrens, im Zeitraum von 05/22 bis 10/22 ab. Wir entwickelten die Interventionen zur Förderung des Prozesses des kollaborativen diagnostischen Problemlösens anhand des zuvor entwickelten Bewertungsschemas sowie der festgestellten Defizite, die Auszubildende im Kollaborationsprozess zeigen (vgl. Radkowitz et al., 2023). Die Interventionen bestand aus einer Instruktionsphase sowie einer Trainings- und Anwendungsphase. In der Instruktionsphase erhielten alle Auszubildenden eine Strategie zum erfolgsförderlichen Verhalten in kollaborativen diagnostischen Problemlöseprozessen bei der Diagnose von Kfz-Störungen. Die Strategieinstruktion erfolgte papierbasiert mit der Möglichkeit zur individuellen Bearbeitung des Lernmaterials durch die Auszubildenden (z.B. Anfertigen von Markierungen und Notizen). In einem umfangreichen Text wurden den Auszubildenden Grundsätze des kollaborativen Diagnostizierens, eines idealtypischen Ablaufs einer kollaborativen Kfz-Störungsdiagnose sowie wichtige Ziele, Strategien und

Erfolgsindikatoren in den einzelnen Phasen einer kollaborativen Kfz-Störungsdiagnose instruiert. Die gesamte instruierte Strategie stand den Auszubildenden anschließend in einer zusammengefassten Übersicht als Bewertungsschema zur Verfügung (siehe Abbildung 6). Für die Instruktionsphase war eine Bearbeitungszeit von max. 30 Minuten vorgesehen (durchschnittlich verbrachten die Auszubildenden in der Interventionsstudie 15 Minuten mit der Bearbeitung (Rexhäuser et al., 2023a, in Vorbereitung)).

Übernehmen Sie Verantwortung!    Teilen Sie Ihr Wissen!    Fragen Sie nach!    Sagen Sie, was Sie machen!    Äußern Sie Ihre Meinung!

**Idealtypischer Prozess einer gemeinsamen Fehlersuche:**

Schritt	1. Klärung der Ausgangssituation	2. Austausch begründeter Vermutungen über die Fehlerursache	3. Planen und Durchführen von Tests	4. Bewertung der Testergebnisse
<b>Ziel</b>	Gemeinsames Verständnis von Problemstellung und Ausgangssituation erlangen	Nachvollziehbare Vermutungen zur Fehlerursache identifizieren	Tests planen und durchführen	Testergebnisse in Bezug zu den Vermutungen zur Fehlerursache bewerten
<b>Strategie</b>	Relevante Informationen austauschen: • Fahrzeugdaten • Kundenbeanstandung • Fahrzeugzustand	Vermutungen austauschen: • Nachvollziehbare Begründungen • Relevanz der Vermutungen • Reihenfolge der Bearbeitung der Vermutungen festlegen	Relevante Inhalte austauschen: • Testgröße • Testort • Testbedingungen • Sollwerte • Testergebnisse / Istwerte	Bewertungen austauschen: • Soll-Ist-Wert-Abgleiche • Bauteile als Fehlerursache benennen / ausschließen • Reparaturvorschlag besprechen
<b>Erfolgreich, wenn ...</b>	Beiden Partner:innen liegen alle relevanten Informationen vor	Alle bekannten Vermutungen wurden ausgetauscht und begründet, Bearbeitungsreihenfolge wurde festgelegt	Notwendige Tests wurden durchgeführt, alle relevanten Testergebnisse wurden ausgetauscht	Bauteil wurde als Fehlerursache bestimmt, Reparaturvorschlag wurde formuliert

**Abbildung 5:** Bewertungsschema zur instruierten Strategie

In der Trainingsphase erfolgte eine Einteilung in drei Gruppen (2 Interventionsgruppen und Kontrollgruppe). Beide Interventionsgruppen erprobten die instruierte Strategie an je zwei praktischen ausgearbeiteten Lösungsbeispielen (Worked Examples), die jeweils untergliedert in vier Prozessschritte (vgl. Schritte im Bewertungsschema) Auszüge aus einer Textkommunikation einer kollaborativen Kfz-Störungsdiagnose zeigten (siehe Abbildung 7). Die Aufgabe der Auszubildenden bestand darin, mithilfe des Bewertungsschemas zu beurteilen, wie gut die dargestellte Kollaboration abgelaufen ist, was aus ihrer Sicht gut und was nicht gut funktioniert hat. Die Bewertung erfolgte in Einzelarbeit und ist in die Kollaborationsplattform integriert. Nachdem die Auszubildenden ihre Bewertung zu den jeweiligen Abschnitten eingegeben und abgesendet hatten, erhielten sie eine Musterbewertung, um ihre Eingabe reflektieren zu können. Die beiden Gruppen unterschieden sich darin, wie spezifisch die Bewertung der gezeigten Kollaborationsbeispiele zu erfolgen hatte. Genauer gesagt wurde die 1. Interventionsgruppe sehr spezifisch nach ihrer Bewertung von bestimmten Handlungen/Verhaltensweisen befragt (z.B. *“Was macht der Werkstatt-Mitarbeiter in der dargestellten Kommunikation falsch und was macht der Hotline-Mitarbeiter, um den Fehler auszugleichen?”*). Die 2. Interventionsgruppe erhielt hingegen nur sehr globale (allgemeine) Fragen (*“Welcher Schritt der Kfz-Störungsdiagnose wird hier durchlaufen? Was läuft dabei gut oder schlecht?”*). In beiden Bedingungen standen den Auszubildenden je 15 Minuten Bearbeitungszeit pro Worked Example zur Verfügung.

**Leon (Werkstatt):**

Guten Morgen,

wir haben einen Golf 4 in die Werkstatt bekommen. Der Kunde hat mitgeteilt, dass das Fahrzeug weniger Leistung hat und die Motorkontrolllampe dauerhaft leuchtet. Ich habe eine Probefahrt gemacht und kann den Fehler so bestätigen.

Die Schlüsselnummer lautet 0603 560 2004. Der Motorcode ist AXR.

Ich habe bereits den Fehlerspeicher ausgelesen. Es ist ein Fehler vorhanden: 4625 Ladedruckventil Unterbrechung/Masseschluss.

**Timo (Hotline):**

Guten Morgen,

vielen Dank für die Informationen. Einen Moment bitte, ich suche im System nach dem Fahrzeug und dem Fehlercode.

Erklären Sie, warum Leon und Timo den ersten Schritt „Klärung der Ausgangssituation“ hier gut durchlaufen. Beziehe Sie sich dabei auf die relevanten Informationen, die Leon zu Beginn teilt.

**Musterantwort:**

„Leon und Timo klären die Ausgangssituation zu Beginn ihrer gemeinsamen Diagnose sehr gut, weil Leon direkt zu Beginn alle relevanten Informationen zum Fahrzeug (Schlüsselnummer und Motorkennbuchstabe) teilt. Er beschreibt außerdem die Kundenbeanstandung vollständig und erklärt, dass er die Beanstandung nachvollziehen konnte. Weiterhin teilt Leon den Fehlerspeichereintrag selbstständig, sodass Timo alle relevanten Informationen für den 1. Schritt vorliegen.“

**Abbildung 6:** Worked Example mit spezifischer Selbsterklärungsaufgabe und Musterlösung

Die Kontrollgruppe erprobte die instruierte Strategie innerhalb ihrer Dyaden an zwei simulierten kollaborativen Kfz-Störungsdiagnosefällen in der Kollaborationsplattform. Hierzu standen den Dyaden ebenfalls je Diagnosefall 15 Minuten Bearbeitungszeit zur Verfügung (Time-on-task konstant). Die Anwendungsphase war anschließend wieder für alle Gruppen identisch und beinhaltete die kollaborative Bearbeitung eines Kfz-Störungsdiagnosefalls in Dyaden. Die Bearbeitung fand in der Kfz-Computersimulation innerhalb der Kollaborationsplattform statt. Zur Bearbeitung standen 30 Minuten zur Verfügung.

Mit dem oben skizzierten Setting führten wir bei Kfz-Mechatroniker\*innen im 2. Ausbildungsjahr eine Pilotstudie in 09/22 in einer Berufsschulklasse an 16 Auszubildenden (= 8 Dyaden) durch. Hierbei zeigte sich die grundsätzliche Wirksamkeit der Intervention. Aus der Pilotierung konnten Anpassungsbedarfe für die nachfolgende, umfassende Evaluationsstudie abgeleitet werden; diese beliefen sich vor allem auf sprachliche Anpassung zur Verbesserung der Verständlichkeit der Lernmaterialien. Wir präsentierten die Intervention sowie die Ergebnisse der Pilotierung auf der 17. Ingenieurpädagogischen Jahrestagung im Juni 2023 in Dresden und haben einen entsprechenden Beitrag zur Veröffentlichung im Tagungsband eingereicht: Rexhäuser, D., Radkowitzsch, A., Richters, C., Glogger-Frey, I., Meier, J. & Abele, S. (2023b). Förderung des kollaborativen diagnostischen Problemlösens bei Kfz-Mechatroniker/innen – Ein prozessbasierter Ansatz. Manuskript zur Veröffentlichung eingereicht.

### **Meilenstein 3: Evaluation der Interventionen**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets ist mit Stand 30.10.2023 bis auf das letzte Arbeitspaket „Aufbereitung der Daten für Forschungsdatenmanagement“ und die Publikation, vollständig erfüllt (Details siehe dort).

#### ***Arbeitspakete 1 & 2: Erhebungsplanung, Absprache mit Schulen & Datenerhebung bei 120 Personen (3 Bedingungen à 40 Probanden)***

Der Gesamtprozess der Evaluation der Intervention (Erhebungsplanung, Testentwicklung, Absprache mit Schulen, Datenerhebung, Datenauswertung, Publikationen und Datenmanagement) lief im Zeitraum zwischen 09/22 und 06/23 ab.

Die Evaluation der Interventionen, deren Ablauf jener in der Pilotierung glich, erfolgte als computergestütztes Quasi-Experiment im Prä-Post-Design mit drei Versuchsbedingungen und wurde in jeweils zwei Sitzungen an sächsischen Berufsschulen durchgeführt. In der ersten Sitzung wurde ein Pretest durchgeführt. In der zweiten Sitzung fanden die Interventionen und der Posttest statt. Zwischen beiden Sitzungen lagen acht Tage. Die Sitzungen wurden während der regulären Berufsschulzeit in den Klassenräumen der Auszubildenden durchgeführt. Insgesamt untersuchten wir neun Berufsschulklassen von Auszubildenden der Kfz-Mechatronik aus vier Berufsschulzentren im Bundesland Sachsen. Alle Materialien, mit Ausnahme der Instruktion der Strategie zur kollaborativen Kfz-Störungsdiagnose, wurden den Auszubildenden dabei in digitaler Form präsentiert.

Die Datensätze von 154 Auszubildenden und damit 77 Dyaden wurden in die Analysen einbezogen. Die Datensätze von 35 Teilnehmenden wurden ausgeschlossen. Datensätze wurden ausgeschlossen, wenn die Teilnehmenden weniger als 75 % aller Aufgaben bearbeiteten, sich in einer Dyade mit einem Mitglied des Teams der Versuchsleitung befanden oder wenn sie selbst Mitglieder des Versuchsteams waren. Die Zuweisung von Mitgliedern des Versuchsteams zu den Dyaden war notwendig, wenn die Klasse eine ungerade Anzahl von Auszubildenden hatte. Das Alter der Studienteilnehmer\*innen lag zwischen 17 und 37 Jahren ( $M = 19,8$ ;  $SD = 3,05$ ), 145 waren männlich und neun weiblich. Zum Zeitpunkt der Studie befanden sich die Teilnehmenden im dritten Jahr ihrer dualen Ausbildung zum/r Kfz-Mechatroniker\*in. Für die meisten der Auszubildenden ( $n = 136$ ) war Deutsch die einzige Erstsprache, 18 gaben eine weitere Erstsprache an. Die meisten Auszubildenden ( $n = 117$ ) hatten einen Schulabschluss der Mittleren Reife, 23 Auszubildende ein Abitur und 14 Auszubildende einen Hauptschulabschluss.

Ablauf der Interventionsstudie: In der ersten Sitzung wurde das allgemeine Vorwissen der Auszubildenden über Kfz-Diagnosen mit einem Vorwissenstest sowie die allgemeinen Kooperationsfähigkeiten mit einer Selbsteinschätzungsskala ermittelt. Weiterhin erfolgte der Pretest zu wiederholt gemessenen Merkmalen (Individuell: Motivation; Zufriedenheit und subjektive Einschätzung der Qualität der Zusammenarbeit; Fähigkeiten zur Beschreibung und Anwendung der Kollaborationsstrategie; Dyaden: simulationsbasierte kollaborative Kfz-Störungsdiagnose). In der zweiten Sitzung fanden die Interventionen statt und die

Teilnehmenden bearbeiteten den Posttest zu wiederholt gemessenen Merkmalen. Weiterhin wurde die wahrgenommene kognitive Belastung erhoben. Während der Interventionsphase erhielten alle Teilnehmer\*innen eine Unterweisung in einer komplexen Strategie zur kollaborativen Kfz-Störungsdiagnose bei Kraftfahrzeugen und wurden anschließend einer von drei zur Pilotstudie identischen Bedingungen zugewiesen. Die erste Gruppe trainierte die unterwiesene Strategie anhand von Beispielen (Worked Examples) und spezifischen/stark geführten Selbsterklärungsaufgaben ( $n = 54$ ; 27 Dyaden). Die zweite Gruppe trainierte die angeleitete Strategie mit Beispielen und globalen/schwach geführten Selbsterklärungsaufgaben ( $n = 48$ ; 24 Dyaden). Die Auszubildenden in den Interventionsgruppen bearbeiteten die Beispiele dabei individuell. Die Kontrollgruppe trainierte die instruierte Strategie anhand von zwei simulierten kollaborativen Kfz-Störungsdiagnosefällen innerhalb ihrer Dyaden ohne die Bearbeitung von Beispielen und Selbsterklärungsaufgaben ( $n = 52$ ; 26 Dyaden).

### **Arbeitspaket 3: Datenauswertung und Publikation**

Die Ergebnisse der Evaluationsstudie zeigen, dass die Auszubildenden nach der Intervention in allen Gruppen signifikant mehr relevante Inhalte in den Dyaden korrekt austauschen als vor der Intervention ( $F(1,74) = 21.27, p < .001$ ). Dieser Effekt war in den Interventionsgruppen mit Kollaborationsbeispielen signifikant größer als ohne Beispiele ( $F(2,74) = 3.82, p = .026$ ). Es machte dabei keinen signifikanten Unterschied, ob stark oder schwach geführte Selbsterklärungsaufgaben bearbeitet wurden ( $p = .732$ ). Nach der Intervention tauschten die Gruppen mit den Kollaborationsbeispielen in allen Prozessschritten mehr korrekte Inhalte aus, mit Ausnahme der Inhalte, die sich auf die Interpretation von Evidenzen bezogen. Die Gruppen entwickelten sich hinsichtlich der Verteilung ihrer kollaborativen und diagnostischen Aktivitäten zwischen Prä- und Posttest vergleichbar. Die Analysen zeigten keine signifikante Veränderung hinsichtlich der erzielten diagnostischen Genauigkeit zwischen Prä-Test und Post-Test ( $V = 278, p = .190$ ). Auch zwischen den Gruppen gab es hierbei keine signifikanten Unterschiede ( $p = .142$ ). Im Gegensatz zu den erwarteten Ergebnissen gab es jedoch einen positiven Trend bei der diagnostischen Genauigkeit in der Kontrollgruppe und einen negativen Trend in den Gruppen mit den Kollaborationsbeispielen. Die wahrgenommene extrinsische kognitive Belastung war in der Kontrollgruppe am höchsten ( $M = 3,55, SD = 1,25$ ) und in der Gruppe mit stark angeleiteten Selbsterklärungsaufforderungen am niedrigsten ( $M = 3,04, SD = 1,18$ ). In Bezug auf die wahrgenommene intrinsische kognitive Belastung zeigte sich ein ähnliches Ergebnis.

Eine Publikation zur Evaluationsstudie, die eine ausführlichere Darstellung und Diskussion der Ergebnisse beinhaltet, befindet sich gegenwärtig in Vorbereitung und soll unter dem Special Issue: "Digital Collaborative Learning in General, Higher, and Business Education" Ende 2023 im Journal *Frontiers in Psychology* eingereicht werden: Rexhäuser, D., Radkowitz, A., Richters, C., Glogger-Frey, I., Meier, J., & Abele, S. (2023a). Fostering collaborative diagnostic problem-solving using computer-supported collaborative learning with worked examples and self-explanation prompts: How much guidance is required?. Manuskript in Vorbereitung.

### **Arbeitspaket 4: Aufbereitung der Daten für Forschungsdatenmanagement**

Die Arbeiten zur Aufbereitung der quantitativen Forschungsdaten zum Zweck der Archivierung und der Nachnutzung finden in enger Abstimmung aller beteiligten Projektstandorte mit dem Forschungsdatenzentrum am Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB Berlin) statt. Sie dauern derzeit noch an und werden spätestens bis Anfang des Jahres 2024 abgeschlossen sein.

## **Förderthema B: Technologiebasierte Verfahren aus KOKO Kfz für Abschlussprüfungen (TP der PH Ludwigsburg)**

### **Meilenstein 1: Optimierung des vignettenbasierten Testinstruments zur Erfassung des reparaturbezogenen Handlungswissens**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets ist erfüllt. Geringfügige Abweichungen im Funktionsumfang sind in den jeweiligen Abschnitten unten beschrieben.

### **Arbeitspakete 1 & 2: Reanalysen, Identifikationen von Schwachstellen und Optimierung des vignettenbasierten Kompetenztests**

Die auf Teilstichproben von 58 bis 237 Personen basierenden Excel-Daten aus KOKO Kfz wurden in ein vollständig maschinenlesbares Format überführt und mit der Statistiksoftware R unter Anwendung klassischer und probabilistischer statistischer Verfahren ausgewertet. Die Skalenreliabilitäten liegen im für Kompetenztests typischen Bereich und bieten Potential für Optimierungen (Cronbachs  $\alpha$ : .42 ... .59; Guttman's Lambda 6: .47 ... .69; EAP-Reliabilität: .64 ... .74). Für die Optimierung erschien eine Vereinheitlichung der gegebenen Itemformate unter Beibehaltung der vollen inhaltlichen Breite aussichtsreich und angesichts der angestrebten (teil-)automatisierten Auswertung auch notwendig. Hierzu wurden sämtliche Testitems, die bisher in verschiedenen offenen, halboffenen und geschlossenen Formen vorlagen, durch systematische Analyse der Antworten der Probanden aus der ersten Förderphase in ein einheitliches geschlossenes Antwortformat überführt, wobei besonders „attraktive“ Präkonzepte als Distraktoren genutzt wurden. Die fachliche Angemessenheit und Aktualität der Inhalte wurde durch enge Zusammenarbeit mit Projektbeirat Thomas Trzebiatowski, Kfz-Meister sowie ehemaliger Dozent und Ausbilder bei der Handwerkskammer (HWK) Stuttgart, sichergestellt. Zwei Projektbeiratstreffen wurden genutzt, um alle Inhalte der digitalen Instrumente auch von den anderen Projektbeiräten hinsichtlich Praxisrelevanz, inhaltlicher Nähe zu Themen der Ausbildung und Bedeutung für den Prüfungseinsatz bewerten zu lassen. Für fünf vignettenbasierte Testblöcke ergaben sich mittlere bis hohe Übereinstimmungen der Inhalte mit den Anforderungen in Ausbildung, Prüfungen und Berufspraxis; diese Testblöcke erwiesen sich für einen zukünftigen Einsatz im Rahmen der praktischen Abschlussprüfungen als aussichtsreich:

1. Abgasanlage
2. Beleuchtungsanlage
3. Bremsanlage
4. Spurstange und Lenkung
5. Steuerriemen

Zwei weitere, stärker an Service als an Reparaturen orientierte Aufgabenblöcke (Reifenservice, Bremsenservice) erwiesen sich nach Ansicht der Experten als für den Prüfungseinsatz wenig geeignet und wurden daher nicht weiter aufbereitet. Nach einer systematischen Identifikation von Schwachstellen im Videomaterial der oben genannten fünf Videovignetten wurden bestehende Videosequenzen unter Verwendung vorhandenen Rohmaterials neu geschnitten, optimiert und mit neuen Inhalten ergänzt. Zum Zwecke der Neuanfertigung von Fotos und Videos sowie für die spätere Validierung mittels eines Vergleichs zu Reparaturhandlungen am echten Fahrzeug wurden ein Pkw Volkswagen Golf VI angeschafft.

### **Arbeitspaket 3: Programmseitige Anpassung an die identifizierten Optimierungsmöglichkeiten**

Zur kompletten technischen Neuprogrammierung der Instrumente wurde ein Auftrag an den im AZAP ausgewiesenen Kooperationspartner Continuum vergeben. Zur Programmierung der Videovignetten wurden „Drehbücher“ für die genannten fünf Fahrzeugsysteme durch das TP der PH Ludwigsburg angefertigt. Diese wurden in Kooperation mit Continuum in Testblöcke überführt, wobei das gesamte, ursprünglich Flash-basierte Instrument HTML-basiert neu entwickelt wurde. Um den Kostenrahmen einhalten zu können, wurden die dafür nötigen XML-Steuerdateien nach Anweisung von Continuum überwiegend in Eigenarbeit an der PH Ludwigsburg erstellt.

## **Meilenstein 2: Validierung des vignettenbasierten Testinstruments zur Erfassung des reparaturbezogenen Handlungswissens**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets ist vollständig erfüllt.

### **Arbeitspakete 1, 2 & 3: Planung, Durchführung und Auswertung der 1. Validierungsstudie**

In 2021 wurde die erste von zwei Validierungsstudien zum videovignettenbasierten Kompetenztest durchgeführt und ausgewertet. Im Zentrum der Studie stand der Vergleich der Testleistungen von

Auszubildenden des Kfz-Handwerks mit den Leistungen fachfremder Auszubildender aus dem Bereich Elektrotechnik, die jeweils am Ende ihrer Ausbildung standen (sog. Known-Groups-Validierung). Anders als in der Meilensteinplanung anvisiert, konnten bei der Stichprobenakquise coronabedingt statt 200 Auszubildenden (100 pro Gruppe) nur 188 Versuchsteilnehmer\*innen gewonnen werden (128 Auszubildende des Kfz-Handwerks und 60 Auszubildende Elektroniker\*innen). Infolge der robusten Effekte ergaben sich aus der etwas kleineren Stichprobe und dem unbalancierten Verhältnis der Teilstichproben jedoch keine negativen Auswirkungen auf die Auswertung der Ergebnisse. Mit geeigneten statistischen Verfahren (Welsh-Test) wurden potentielle Verzerrungen aufgrund ungleicher Stichprobengrößen ausgeglichen. Im Online- bzw. Mischunterricht bearbeiteten die Versuchspersonen jeweils mindestens zwei von insgesamt fünf videovignettenbasierten Tests zu den Themenblöcken *Abgasanlage*, *Beleuchtung*, *Bremse*, *Spurstange/Lenkung* und *Steuerriemen*. Bei allen fünf Themenblöcken zeigte sich der erwartete Gruppenunterschied statistisch signifikant in mittlerer bis starker Ausprägung (Cohens  $d$ : 0.61 ... 1.11). Auf Ebene der Einzelaufgaben (Items) schnitten die Kfz-Auszubildenden bei 65 der 80 Testitems tendenziell bis deutlich besser ab als die Elektroniker\*innen; bei 15 Items zeigten sich keine bzw. erwartungswidrige Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Datenauswertung wurde 2021 abgeschlossen.

#### **Arbeitspakete 4 bis 10: Optimierung des Instruments; Planung, Durchführung und Auswertung der 2. Validierungsstudie**

Auf Basis der Erkenntnisse der ersten Validierungsstudie wurden die Aufgabentexte und Abbildungen einzelner Testitems überarbeitet. Zum Zwecke der Validierung wurden zwei weitere Pkw Volkswagen Golf VI sowie zwei Motoren angeschafft; außerdem wurden unter Einsatz von Originalteilen zwei Realmodelle der Frontbeleuchtung angefertigt. Geeignete Motorständer wurden von unserem Projektpartner Thomas Trzebiatowski für die Dauer der Datenerhebung kostenfrei zur Verfügung gestellt. Finanzielle Einsparungen ergaben sich durch die Anschaffung von nur zwei statt der beantragten fünf VW Golf (zzgl. des aus Eigenmitteln angeschafften Fahrzeugs). Ein Teil der eingesparten Gelder wurde in Abstimmung mit dem BIBB für die Anschaffung der vorgenannten Motoren, Transportkosten für Fahrzeuge und Materialien, Corona-Schnelltests für die Studienteilnehmer\*innen und den Kauf von Kleinteilen und Verbrauchsmaterialien für die zweite Validierungsstudie verwendet. Die Datenerhebung fand im November 2021 in den Werkstatträumen der Bildungsakademie (BiA) der Handwerkskammer in Stuttgart-Weilimdorf statt. Auszubildende lösten praktische Hands-On-Aufgaben (Arbeitsproben) an jeweils zwei von insgesamt sechs Fahrzeugstationen zu den vier Themen *Beleuchtung*, *Bremse*, *Spurstange/Lenkung* und *Steuerriemen*, und bearbeiteten anschließend die vignettenbasierten Computer-Kompetenztests zu denselben Themen. Das fünfte Thema („Abgasanlage“) wurde in der Studie nicht berücksichtigt, da am echten Kraftfahrzeug eine einmal erfolgte Instandsetzung der Abgasanlage nur mit erheblichem zeitlichem, personellem und materiellem Aufwand rückgängig gemacht werden könnte. Dies wäre aber erforderlich gewesen, um das Fahrzeug nach jeder Versuchsperson wieder in den Ausgangszustand zurückzusetzen.

Ziel der zweiten Validierungsstudie war ein Vergleich der Performanz bei der praktischen Arbeit mit den Leistungen im videovignettenbasierten Computertest, um zu beurteilen, inwieweit letzterer dieselben Kompetenzen misst, die sich beim praktischen Arbeiten am Kfz manifestieren. Herausforderungen bei der Planung der Erhebung und Abweichungen vom ursprünglichen Meilensteinplan ergaben sich aus dem zeitlich stark eingeschränkten Zugang zu den Werkstatträumen der BiA, die infolge von aufgrund der Corona-Pandemie verschobenen Lehrgängen im vierten Quartal 2021 sehr stark belegt waren. Eine Erhebung über zwei Wochen hinweg war nicht möglich, daher kam ein komprimiertes und äußerst personalintensives Erhebungsdesign mit mehreren parallelen Prüfungsstationen zum Einsatz. Der Ablauf der Kompetenzmessung an den Arbeitsstationen wurde eigenständig von der AG Technik in Form ausführlicher Ablaufpläne, Arbeitsanweisungen und standardisierter Prüfungsprotokolle konzipiert. Die Prüfenden waren erfahrene Kfz-Meister der Handwerkskammer Stuttgart, die schon mehrfach an der Durchführung von praktischen Gesellenprüfungen beteiligt waren, unterstützt von Mitarbeitenden der AG Technik. Vor Beginn der Studie fanden mehrere Treffen mit den Prüfern, eine Besichtigung der Räumlichkeiten der BiA sowie eine Prüferschulung durch den Projektmitarbeiter Stefan Hartmann statt.

Das Erhebungsdesign war statt für die beantragten 130 Personen für eine Testung von 120 Auszubildenden ausgelegt; 99 Personen trugen sich in die Anmelde Listen ein, 91 Auszubildende des dritten Ausbildungsjahres aus fünf verschiedenen Berufsschulklassen aus Schulen in Ludwigsburg und Stuttgart/Bad Cannstatt nahmen letztlich an der Datenerhebung teil. Die Diskrepanz von rund 30 Personen ergab sich vorwiegend infolge krankheitsbedingter Abwesenheit in der vierten Welle der Corona-Pandemie.

Die gefundenen Zusammenhänge zwischen den Punktzahlen im videobasierten Test mit den Reparaturleistungen am realen Fahrzeug(system) waren durchgängig positiv, jedoch in ihrer Ausprägung geringer, als man es für zwei Tests erwarten würde, die im Wesentlichen das selbe Konstrukt messen sollen ( $.21 \leq r \leq .36$ ;  $.012 \leq p \leq .136$ ). Die Haupteffekte der Stationen „Bremsanlage“ und „Spurstange“ erwiesen sich als nicht signifikant. Eine Poweranalyse ergab, dass auch eine Erhöhung der Stichprobe auf die ursprünglich beantragte Personenzahl bei Weitem nicht ausreichend gewesen wäre, um die Ergebnisse auf dem Fünf-Prozent-Niveau gegen den Zufall abzusichern. Auf der Ebene einzelner Handlungsschritte am Fahrzeug(system) bzw. deren Bewertung im videobasierten Instrument ergab sich ein gemischtes Bild. Bei einer Reihe von Reparaturhandlungen ließ sich sehr gut von der Beantwortung des videobasierten Items auf die Fähigkeit der Auszubildenden schließen, die Handlung selbst real auszuführen; bei mehreren Items war dies hingegen nicht gegeben. Als mögliche Gründe für Letzteres wurden die Iteminhalte, mögliche Testmodus-Effekte (Computer vs. Arbeitsprobe) und ggf. damit im Zusammenhang stehende konfundierende Variablen, Einschränkungen der Trennschärfe bzw. Reliabilität sowie eine potentiell unzureichende Validität der Arbeitsproben selbst identifiziert. Die Datenauswertung wurde 2022 abgeschlossen.

#### ***Arbeitspaket 11: Abschließende Datenauswertung und Publikation der Ergebnisse***

Die Ergebnisse der ersten Validierungsstudie wurden auf der Sektionstagung Berufs- und Wirtschaftspädagogik präsentiert (Hartmann & Gschwendtner, 2021). Die Ergebnisse der zweiten Validierungsstudie wurden auf zwei Tagungen präsentiert (Sektionstagung Berufs- und Wirtschaftspädagogik: Hartmann & Gschwendtner, 2022; Internationale Fachtagung der European Association for Research in Learning and Instruction [EARLI]: Hartmann, Güzel, & Gschwendtner, 2023) sowie in der Fachzeitschrift *Empirical Research in Vocational Education and Training* zur Publikation angenommen (Hartmann, Güzel, & Gschwendtner, in Druck). Ein Überblick über beide Validierungsstudien inklusive zentraler Ergebnisse wurde in der Zeitschrift *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis* publiziert (Hartmann, Güzel, & Gschwendtner, 2023).

#### ***Arbeitspaket 12: Programmseitige Anpassung an die identifizierten Optimierungsmöglichkeiten***

Die Erkenntnisse aus den beiden Validierungsstudien wurden genutzt, um optimierte Varianten der vier Testblöcke *Beleuchtungsanlage*, *Bremsanlage*, *Spurstange/Lenkung* und *Steuerriemen* zu erstellen. Testitems, deren Messverhalten sich in den Validierungsstudien als nicht hinreichend sensitiv für Unterschiede zwischen Expert\*innen (Kfz-Mechatroniker\*innen) und Noviz\*innen erwies und deren Antwortmuster keine hinreichende Vorhersagequalität für reales Reparaturverhalten aufwiesen, wurden aus den Instrumenten entfernt. Bei den so erstellten Kurzversionen der Testblöcke ist davon auszugehen, dass reparaturbezogene Fähigkeiten mit ihnen reliabler, valider und ökonomischer erfasst werden.

#### ***Arbeitspaket 13: Aufbereitung der Daten für Forschungsdatenmanagement***

Die Arbeiten zur Aufbereitung der Forschungsdaten zum Zweck der Archivierung und der Nachnutzung finden in enger Abstimmung aller beteiligten Projektstandorte mit dem Forschungsdatenzentrum am Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB Berlin) statt. Sie sind zum Zeitpunkt der Berichtsstellung bereits weit fortgeschritten und werden voraussichtlich bis Dezember 2023 abgeschlossen sein.

### **MS 3: Anpassung des optimierten und validierten vignettenbasierten Testinstruments zur Erfassung des reparaturbezogenen Handlungswissens und der Kfz-Computersimulation an die inhaltlichen und prozessualen Notwendigkeiten der Prüfungspraxis**

Die ursprüngliche Zielsetzung des Maßnahmenpakets wurde weitgehend erfüllt. Grund für kleinere Abweichungen vom beantragten Umfang waren einerseits technische und organisatorische Hürden bei der Umsetzung einer simulationsbasierten Prüfungsaufgabe und andererseits die Geschäftsaufgabe des mit der technischen Umsetzung betrauten Unternehmens *Continuum* (siehe die folgenden Abschnitte für Details).

#### ***Arbeitspakete 1 bis 5: Optimierung, Vorbereitung und Erprobung der Kfz-Computersimulation in der Prüfungspraxis***

In enger Abstimmung mit dem Prüfungsausschuss der Kfz-Innung Region Stuttgart wurden die Möglichkeiten eines Einsatzes der Kfz-Computersimulation in der praktischen Gesellenprüfung (Teil 2) ausgelotet. Die Kfz-Innung präferierte dabei einen vom beantragten Zeitplan abweichenden zweistufigen Einsatz der digitalen Instrumente in der Prüfungspraxis, d.h. zunächst den Prüfungseinsatz des Vignettentests in 2022 und zusätzlich dazu eine Prüfstation mit Fehlerfällen der Kfz-Computersimulation in 2023. Für letztere wurden bis kurz vor Projektende intensive Vorbereitungen getroffen und Gespräche geführt; dabei wurde ein Einsatz in der praktischen Gesellenprüfung im Februar 2023 anvisiert. Der Innung wurde im Juli 2022 eine simulationsbasierte Prüfungsaufgabe angeboten, in der eine Fehlersuche an der Motorelektronik in Einzelschritten am Computer umgesetzt war. Jede Messung stellte hierbei eine eigenständige Teilaufgabe dar. Eine der Realität entsprechende vollständig freie Fehlersuche (ohne Unterteilung in Teilaufgaben) ließ sich wegen der immensen Anzahl und Komplexität der möglichen Lösungswege in der Simulation nicht realisieren. Der mit der programmierseitigen Umsetzung betraute Projektpartner *Continuum rich media lab* bestätigte, dass für eine vollautomatische Auswertung der entstehenden Datenfülle nur technische Lösungen mit Künstlicher Intelligenz infrage kommen. Diese erfordern auswertungsseitig allerdings eine komplette Neuprogrammierung und konnten aufgrund der zeitlichen und materiellen Grenzen sowie nicht zuletzt wegen der Geschäftsaufgabe von Continuum vor Projektende nicht umgesetzt werden. Eine weitere Hürde stellte die von der Innung gewünschte unterschiedliche Gewichtung von Teilhandlungsschritten dar, die mit der vorhandenen technischen Lösung nicht umsetzbar ist. Als problematisch erwies sich auch, dass alle Auszubildenden in der Prüfung mit der Simulationsoberfläche vertraut sein müssen, damit ihre Testleistungen diagnosebezogene Kompetenzen widerspiegeln und nicht (zusätzlich auch) Kenntnisse im Umgang mit dem PC und/oder mit der Computersimulation. Entsprechende Schulungen der Auszubildenden erfordern eine konzertierte Schulbeteiligung im Vorfeld des Prüfungstages, was sich insgesamt wegen besonders dichter Zeitpläne im Winterhalbjahr 2022/2023 als sehr schwierig darstellte. Auch der Versuch, durch ein Verschieben des Einsatzes auf die Prüfung im Juni 2023 eine größere zeitliche Flexibilität zu erhalten, führte wegen der oben genannten ungelösten technischen, materiellen und organisatorischen Probleme nicht zum Erfolg.

#### ***Arbeitspakete 6 - 11: Optimierung, Vorbereitung und Erprobung der videovignettenbasierten Aufgaben in der Prüfungspraxis***

Die programmseitige Anpassung des videovignettenbasierten Instruments an die inhaltlichen und prozessualen Notwendigkeiten der Prüfungspraxis sind vollständig abgeschlossen. Zur Erfüllung inhaltlicher Kriterien wurden die vier videobasierten Aufgabenblöcke zu den Themen *Beleuchtung, Bremse, Spurstange/Lenkung* und *Steuerriemen* in Zusammenarbeit mit der Kfz-Innung Region Stuttgart jeweils um zusätzliche Testitems ergänzt. Es wurde ein Punkteschema mit unterschiedlicher Gewichtung für die Teilaufgaben erstellt. Dieses wurde in eine Syntax der freien Statistiksoftware R überführt. Mit dieser ist es möglich, die von der Prüfungsplattform im CSV-Format ausgegebenen Ergebnisse (Aufgabe richtig/Aufgabe falsch) automatisch einzulesen und in Gesamtpunktzahlen zu transformieren. In jeder der vier Prüfungsstationen kann eine Gesamtpunktzahl von 100 Punkten erreicht werden, womit sich die Ergebnisse problemlos in das Auswertungsschema der gesamten Prüfung integrieren lassen. Wegen der

Geschäftsaufgabe der mit den programmierseitigen Arbeiten beauftragten Firma Continuum konnte das Teilziel, zum Projektende eine vollautomatisierte Ausgabe der Prüfungsergebnisse direkt in die Computerplattform zu implementieren, nicht erfüllt werden.

Für die vorerst letzten beiden Prüfungsdurchgänge im Februar und Juni 2023 wurden der Innung von den vier Prüfungsstationen jeweils zwei Versionen angeboten: Eine Langversion mit allen Aufgaben und eine optimierte Version, in der auf Basis der Ergebnisse der Validierungsstudien einzelne Aufgaben entfernt worden waren. Die Entscheidung, welche Versionen in den Prüfungen zum Einsatz kommen sollen, lag beim Prüfungsausschuss der Innung. Diese entschied sich für alle Stationen für die Langversion. Die vignettenbasierten Prüfungsstationen kamen in drei praktischen Gesellenprüfungen (Teil 2) zum Einsatz:

- Februar 2022 (zwei Stationen, 314 Prüfungsteilnehmer\*innen)
- Februar 2023 (zwei Stationen, 304 Prüfungsteilnehmer\*innen)
- Juni 2023 (vier Stationen, 141 Prüfungsteilnehmer\*innen)

Die Implementation der digitalen Prüfungsstationen in die aus klassischen Arbeitsproben bestehende praktische Gesellenprüfung wurde von der Innung sehr positiv aufgenommen. Statistische Analysen der Zusammenhänge zwischen den klassischen und den computerbasierten Prüfungsergebnissen belegen, dass sich die auf Videovignetten basierten Aufgaben gut in die Prüfung integrieren und die Fähigkeiten der Kfz-Mechatroniker\*innen zum Ende der Ausbildung mit gleich guter Trennschärfe messen wie die traditionellen Arbeitsproben: Die Trennschärfen aller Prüfungsstationen (computerbasiert und real) reichen von .23 bis zu .56 und betragen im Mittel .44. Die Trennschärfen der beiden computerbasierten Prüfungsstationen liegen dabei im Mittelfeld (Spurstange: .43; Steuerriemen: .46). Durch die automatische Punktevergabe gewährleisteten die computerbasierten Stationen eine optimale Durchführungs- und Auswertungsobjektivität. Gleichzeitig entlasten die computerbasierten Stationen, die gruppenweise bearbeitet werden können, die ehrenamtlichen Prüfer\*innen erheblich und vereinfachen den eng getakteten und personell anspruchsvollen Prüfungsablauf. Von der Innung wurde daher der Wunsch geäußert, die Aufgaben auch in zukünftigen Prüfungen nutzen zu können. Hierzu wurden in Zusammenarbeit mit dem BIBB Maßnahmen eingeleitet, die ein Webhosting der digitalen Prüfungsstationen über das Projektende hinaus gewährleisten.

### **Arbeitspaket 12: Aufbereitung der Daten für Forschungsdatenmanagement**

Hinsichtlich der in den Prüfungen erhobenen Daten fand im Rahmen einer von der ASCOT+-Projektkoordination initiierten Informationsveranstaltung der GESIS und in Abstimmung mit der Kfz-Innung Region Stuttgart eine Neubewertung statt: Nach sorgsamer Abwägung von Interessen und Persönlichkeitsrechten der Versuchspersonen, juristischen Bestimmungen zum Datenschutz und wissenschaftlichem Potential der Daten für eine sinnvolle Nachnutzung wurde entschieden, die Prüfungsergebnisse lediglich zu archivieren, jedoch nicht für Dritte zugänglich zu machen. Ein Überblick über die Ergebnisse der Prüfungseinsätze wurde in der Zeitschrift *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis* publiziert (Hartmann, Güzel, & Gschwendtner, 2023).

## **2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises**

### **Projektleitungen**

Prof. Dr. Tobias Gschwendtner (Teilprojektleiter TP PH Ludwigsburg; Verbundkoordinator)

Prof.in Dr. Inga Glogger-Frey (Teilprojektleiterin TP Erfurt; zu Beginn des Projekts TP Freiburg)

Prof. Dr. Stephan Abele (Teilprojektleiter TP TU Dresden)

### **Beschäftigte TVöd/TV-L E12-E15**

Dr. Stefan Hartmann (TP Ludwigsburg): zwischen 1. Juni 2020 und 30. November 2021 sowie 01. Februar 2022 und 30. Juni 2023 100% VZÄ (Elternzeit vom 01.12.2021 bis 31.01.2022)

Emre Güzel (TP Ludwigsburg) zwischen 1. September 2019 und 31. März 2020 75% VZÄ und zwischen 1. April 2020 und 30. Juni 2023 100% VZÄ

Kerstin Norwig (TP Ludwigsburg): zwischen 1. September 2019 und 30. Juni 2020 40% VZÄ, zwischen 1. Juli 2020 und 30. September 2020 50% VZÄ, zwischen 1. Dezember 2020 und 31. Dezember 2020 50% VZÄ, zwischen 1. Januar 2021 und 31. Juli 2021 10% VZÄ, zwischen 1. Januar 2022 und 31. Oktober 2022 10% VZÄ

Martin Müller (TP Ludwigsburg): zwischen 1. November 2021 und 30. April 2022 sowie zwischen 1. Oktober 2022 und 31. Oktober 2022 25% VZÄ

Luca Spliethoff (TP Dresden): zwischen 01. September 2019 und 30. September 2021 75% VZÄ

Dave Rexhäuser (TP Dresden): zwischen 01. November 2021 und 30. September 2022 75% VZÄ, zwischen 01. Oktober 2022 und Juni 2023 90% VZÄ

Peter Hesse (TP Dresden): zwischen 01. August 2019 und 30. Juni 2023 100% VZÄ

Ricarda Lehmann (TP Dresden): zwischen 01. Oktober 2021 und 31.12.2021 25% VZÄ

Diana Vogel-Blaschka (TP Dresden): zwischen 01. März 2023 und 14. April 2023 10% VZÄ, zwischen 15. April 2023 und 30. Juni 2023 30% VZÄ

Louise Kaseler (TP Dresden): zwischen 01. April 2022 und 03. Februar 2023 20% VZÄ

Julius Meier (TP Erfurt): 15. September bis 31. Dezember 2021 25 % VZÄ (Uni Freiburg), 1. Januar 2022 bis 30. April 2022 50 % VZÄ (Uni Freiburg), 1. Mai 2022 bis 31. Mai 2022 25 % VZÄ (Uni Freiburg), 15. Juni bis 30. Juni 2022 50 % VZÄ (Uni Erfurt), 1. Juli 2022 bis 30. April 2023 25 % VZÄ (Uni Erfurt)

#### **Studentische Hilfskräfte**

Josef Baumeister (TP Ludwigsburg)

Sezai Kitis (TP Ludwigsburg)

Sven Hirt (TP Ludwigsburg)

Diverse studentische Hilfskräfte aufgrund fehlender Einverständniserklärungen ohne namentliche Nennung in den Teilprojekten: Dresden, Erfurt, Freiburg.

#### **Beschäftigungsentgelte**

Thomas Trzebiatowski (Kfz-Meister)

#### **Auftragsvergaben**

Bildungsakademie der Handwerkskammer Region Stuttgart

Continuum

Wolfgang Hesse

### **3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

#### **Förderthema A: Interventionen zur Förderung der Kfz-Diagnosekompetenz**

Trotz der praktischen Bedeutsamkeit der Kfz-Diagnosekompetenz von Kfz-Mechatroniker\*innen haben Vorstudien um die Arbeitsgruppe von Nickolaus gezeigt, dass nur sehr wenige Auszubildende zum Ausbildungsende ein wünschenswertes Kompetenzniveau erreichen (Nickolaus et al., 2012). Die Studienergebnisse offenbarten die Notwendigkeit gezielter Maßnahmen zur Förderung der Kfz-

Diagnosekompetenz. Feindiagnostische Aussagen zu konkreten Misserfolgsursachen der Auszubildenden bei der Fehlerdiagnose konnten die Studien allerdings nicht erbringen.

Im Projekt *DigiDIn-Kfz* wurden eine Vielzahl konkreter diagnoserelevanter Wissenslücken und z.T. fehlerbehafteter Verhaltensweisen von Kfz-Mechatroniker\*innen zum Ausbildungsende identifiziert. U.a. aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde eine digitale Lernumgebung, in die eine Kfz-Simulation sowie eine Kollaborationsplattform implementiert wurde, mit spezifischen Trainings entwickelt und evaluiert. Die Trainings basieren auf Erklärvideos, Modellierungsbeispielen, Selbsterklärungsprompts und Übungsaufgaben mit unterschiedlichen Feedbackvarianten. Das Training „basal“ befähigt Auszubildende, die Fehlerursache in einfacheren Fehlerszenarien zu identifizieren, in welchen die Messhinweise des Expertensystems eine erfolgreiche Diagnose des Defekts ermöglichen. Mit Hilfe der Trainings „komplex“ und „modellbasierte Diagnosestrategie“ werden die Auszubildenden in die Lage versetzt, schwierigere Fehlerszenarien erfolgreich zu bearbeiten, bei denen die Hinweise des Expertensystems für den Diagnoseerfolg insuffizient sind und das Lesen von Schaltplänen zur selbständigen Entwicklung, Durchführung und Reflexion von geeigneten Messstrategien bzw. eine spezifische Diagnosestrategie erforderlich ist. Die Interventionen wurden erfolgreich evaluiert. Die Evaluationsergebnisse zeigen, dass es möglich ist, mit relativ kurzen digitalen Trainings (bis max. 8 Unterrichtsstunden) Diagnosekompetenzen deutlich zu verbessern.

Auf Basis der Trainings wurden Fortbildungen für Ausbilder\*innen und Lehrkräfte, die im Bereich der Kfz-Mechatronik an Berufsschulen und überbetrieblichen Ausbildungsstätten aktiv sind, entwickelt und über die Landesinstitute und dem Institut der Deutschen Wirtschaft erfolgreich disseminiert.

Zusätzlich zu den oben skizzierten Aktivitäten beschäftigten wir uns mit dem kollaborativen Problemlösen. Dazu wurde in diesem Projekt erstmals für die Domäne der Kfz-Mechatronik ein Instrument (Bewertungsschema) bzw. eine Kollaborationsumgebung entwickelt, mit denen Kollaborationsaktivitäten gemessen werden können, sowie zwei Interventionen zur Förderung der Kollaborationsqualitäten und des kollaborativen Diagnoseerfolgs. Aus diesen ersten Arbeiten, die sowohl erwartungskonforme als auch erwartungswidrige Befunde zu Tage förderten, lassen sich vielfältige Anschlussforschungen realisieren.

### **Förderthema B: Technologiebasierte Verfahren aus KOKO Kfz für Abschlussprüfungen**

In der Prüfungspraxis besteht ein erheblicher Bedarf an erprobten Instrumenten, mit denen berufsbezogene Fähigkeiten von Auszubildenden objektiv, reliabel, valide und ökonomisch erfasst werden können (siehe z.B. Weber et al., 2015; Deutscher & Winther, 2019). Im Zuge der Digitalisierung, die in den Pandemie Jahren noch eine Beschleunigung erfahren hat, werden zur Wissens- und Kompetenzerfassung zunehmend auch computerbasierte Instrumente eingesetzt. Im Kfz-Handwerk ist die Anzahl der Auszubildenden, die an digitalen Gesellenprüfungen teilgenommen haben, von 1.200 im Jahr 2019 auf 5.500 im Jahr 2021 gestiegen (Datensystem Auszubildende [DAZUBI], BIBB, 2023). Der Einsatz computerbasierter Tests betrifft bisher jedoch ausschließlich den schriftlichen Prüfungsteil. In den praktischen Prüfungen werden bisher klassische Arbeitsproben und Fachgespräche präferiert. Der immer schwerer zu deckende Bedarf an kompetenten Prüfer\*innen und der Wunsch nach Prüfungsstationen mit nachgewiesener Messgüte hat auch in Bezug auf den praktischen Prüfungsteil ein Umdenken zur Folge. Jedoch wird digitalen Prüfungen nur dann die für einen erfolgreichen Praxiseinsatz nötige Akzeptanz zuteil werden, wenn belegt wird, dass sie messgenaue und aussagekräftige Ergebnisse liefern, die den klassischen Prüfungsformaten mindestens ebenbürtig sind (Hartmann, Güzel, & Gschwendtner, 2023). Hierzu konnte das Teilprojekt der PH Ludwigsburg wertvolle Erkenntnisse liefern. In zwei aufwändig angelegten Validierungsstudien mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen sowie einer Feldstudie wurde untersucht, inwieweit eine Messung berufsbezogener Fähigkeiten mit computerbasierten Aufgaben (a) für Kompetenzunterschiede zwischen Expert\*innen und Noviz\*innen sensitiv ist, (b) zur Vorhersage von Leistungen in realen Situationen geeignet ist sowie (c) sich in das Szenario der praktischen Gesellenprüfungen transferieren lässt. Trotz pandemiebedingter Einschränkungen bei der Akquise von Versuchspersonen und Personal sowie bei der Nutzung von Räumen konnten dank der hohen Kooperationsbereitschaft der Praxispartner Stichproben in einem zur Erreichung der Projektziele notwendigen Umfang für die Studienteilnahme gewonnen werden.

Die konstruierten Instrumente, zu denen nun belastbare Befunde vorliegen, decken jedoch nur einen vergleichsweise kleinen Teil der Inhalte ab, die in den praktischen Gesellenprüfungen zur Leistungsmessung herangezogen werden. Zwar werden mit *Beleuchtung, Bremse, Lenkung* und Ventiltrieb (*Steuerriemen*) zentrale Prüfungsthemen adressiert, jedoch fehlen weitere digitale Prüfungsstationen, beispielsweise zur Motorelektronik, zu Sicherheits- und Komfortsystemen oder zur Hochvolttechnik (Elektromobilität). Aus den Erkenntnissen des Projekts können jedoch allgemeine Hinweise abgeleitet werden, wie solche Stationen gestaltet sein müssten, um messtheoretische und praktische Anforderungen gut zu erfüllen. Auch die Kfz-Computersimulation, die anders als vorgesehen letztlich nicht in der Prüfung eingesetzt wurde, birgt hier noch Potentiale – vorausgesetzt, dass die identifizierten technischen und organisatorischen Hürden überwunden werden können.

## **4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans**

### **Förderthema A: Interventionen zur Förderung der Kfz-Diagnosekompetenz**

Aus dem Projekt geht eine zur digitalen Lernumgebung erweiterte Kfz-Computersimulation hervor, die an Berufsschulen, in der betrieblichen und überbetrieblichen Ausbildung bei Kfz-Mechatroniker\*innen sowie in der Hochschullehre einfach und reibungslos nutzbar ist. Die auf dieser Lernumgebung implementierten Trainings zur Förderung von elementaren Kompetenzfacetten der Kfz-Diagnosekompetenz – der basalen und komplexen diagnoserelevanten Rezeptionskompetenz und der modellbasierten Diagnosestrategie – sind theoretisch fundiert und empirisch als sehr lernwirksam evaluiert.

Die im Projekt entwickelten Produkte zur Förderung der Kfz-Diagnosekompetenz können über die folgenden Wege/Links abgerufen werden:

#### **Einführung in die Lernplattform/Kfz-Computersimulation:**

[https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase Fehlerf%C3%A4lle-Einf%C3%BChrung\\_IW](https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase_Fehlerf%C3%A4lle-Einf%C3%BChrung_IW)

#### **Störungsfreie Simulation:**

<https://kfz-simulation.webspace.tu-dresden.de/>

#### **Bearbeitbare Fehlerszenarien:**

Fehlerfall FM 08 (Basal): Einspritzventil 2 defekt (Einspritzventil):

[https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase Fehlerfall-f08 IW](https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase_Fehlerfall-f08_IW)

Fehlerfall FM 33 (Basal): Magnetspule defekt (Abgasrückführungs-Magnetventil):

[https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase Fehlerfall-f33 IW](https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase_Fehlerfall-f33_IW)

Fehlerfall FM41 (Komplex): Unterbrechung Leitung Steuergerät Pin 22 – Kabelbaum Pin4 (Relais k 130):

[https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase Fehlerfall-f41 IW](https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase_Fehlerfall-f41_IW)

Fehlerfall FM 07 (Modellbasiert): Sicherung F1.32 defekt (Steuergerät):

[https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase Fehlerfall-f07 IW](https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase_Fehlerfall-f07_IW)

#### **Intervention „basal“:**

Modul 1: Effizientes Nutzen der ESI[tronic] für die Fehlersuche: [https://sim.bfzonline.de/IW/#/Modul1-Basal IW](https://sim.bfzonline.de/IW/#/Modul1-Basal_IW)

Modul 2: Wichtige Informationen der ESI[tronic] lesen, verstehen und in Handlungen umsetzen:

[https://sim.bfzonline.de/IW/#/Modul2-Basal IW](https://sim.bfzonline.de/IW/#/Modul2-Basal_IW)

Modul 3: Planvolle Fehlersuche: [https://sim.bfzonline.de/IW/#/Modul3-Basal IW](https://sim.bfzonline.de/IW/#/Modul3-Basal_IW)

#### **Intervention „komplex“:**

Modul 1: Effizientes Nutzen der ESI[tronic] für die Fehlersuche: [https://sim.bfzonline.de/IW/#/Modul1-Komplex\\_IW](https://sim.bfzonline.de/IW/#/Modul1-Komplex_IW)

Modul 2: Lesen und Verstehen von Stromlaufplänen: [https://sim.bfzonline.de/IW/#/Modul2-Komplex\\_IW](https://sim.bfzonline.de/IW/#/Modul2-Komplex_IW)

Modul 3: Nutzen von Stromlaufplänen zum planvollen Vorgehen bei der Fehlereingrenzung und Vermittlung relevanter Messtechniken: [https://sim.bfzonline.de/IW/#/Modul3-Komplex\\_IW](https://sim.bfzonline.de/IW/#/Modul3-Komplex_IW)

#### **Intervention „modellbasierte Diagnosestrategie“ und „Kollaboration“:**

Das Bewertungsschema zur Kollaboration ist u.a. in der folgenden Veröffentlichung enthalten: Radkowitzsch, A., Rexhäuser, D., Richters, C., Glogger-Frey, I., & Abele, S. (2023). *Investigating collaborative diagnostic problem solving in automotive malfunction diagnosis: Deriving starting points for instructional support*. Manuskript zur Veröffentlichung eingereicht.

Die Interventionen sind erhältlich unter: <https://tu-dresden.de/gsw/ew/ibbd/bp/forschung/Projekte/abgeschlossene-projekte/digidin-kfz>

An den Projektstandorten Ludwigsburg und Dresden besteht großes Interesse sowohl seitens der Projektbeteiligten als auch der Praxiskooperationspartner, die Interventionen "basal", "komplex" und „modellbasierte Diagnosestrategie“ im Rahmen der Ausbildung von Kfz-Mechatroniker\*innen einzusetzen. In Zusammenarbeit mit dem Projekt 'Netzwerk Q 4.0', dem Institut der deutschen Wirtschaft (IW) und den Bildungswerken der Wirtschaft wurde eine Fortbildung für Lehrer\*innen und Ausbilder\*innen entwickelt und im Mai 2023 erstmals durchgeführt. Die Fortbildung wird derzeit optimiert und im Oktober 2023 erneut angeboten. Informationen sowie die Anmeldung zur Fortbildung erfolgen über den folgenden Link oder individuelle Anfrage bei den Projektverantwortlichen: <https://netzwerkq40.de/de/trainings/handwerk-bau/diagnosekompetenzen-in-der-kfz-ausbildung-digital-foerdern/#event-0>.

Mit der Fortbildung sollen die im Projekt entwickelten basalen, komplexen und modellbasierten Interventionen sowie vier ausgewählte Fehlerfälle in der Kfz-Computersimulation in die Breite transferiert werden, so dass möglichst viele Bildungsakteur\*innen und insbesondere Kfz-Mechatroniker\*innen im Rahmen ihrer Ausbildung davon profitieren können. Die notwendigen Vorarbeiten, wie die Migration der Tools auf die Server des Instituts der deutschen Wirtschaft, wurden bereits begonnen und teilweise abgeschlossen.

#### **Förderthema B: Technologiebasierte Verfahren aus KOKO Kfz für Abschlussprüfungen**

Die Ergebnisse fallen gemischt, aber insgesamt positiv aus: Zur Validität liegen nun Befunde vor, denen zufolge zahlreiche Handlungsschritte bei der Reparatur von Kraftfahrzeugsystemen gut über videovignettenbasierte Aufgaben am PC erfasst werden können. Dies gilt allerdings nicht für alle Teilhandlungen. Wenngleich die entwickelten Instrumente also auch zum Projektende noch Optimierungspotential aufwiesen, können die gut funktionierenden Testitems als Blaupause bei der Entwicklung künftiger digitaler Prüfungsstationen dienen. Der Einsatz von vier videobasierten Tests in drei praktischen Gesellenprüfungen stellt einen höchst erfolgreichen Praxistransfer dar, der durch die sehr positiven Rückmeldungen und den Wunsch der Kfz-Innung Region Stuttgart, die digitalen Prüfungsaufgaben auch nach Projektende weiter einzusetzen, noch unterstrichen wird.

## **5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Es sind uns keine solchen Ergebnissen bekannt.

## 6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

- Gschwendtner, T. (2020). *Digitale Lernmöglichkeiten für Kfz-Kompetenzen*. <https://www.ascot-vet.net/ascot/de/ascot-projekte/digidin-kfz/interview-digitale-lernmoeglichkeiten-fuer-kfz-kompetenzen/digitale-lernmoeglichkeiten-fuer-kfz-kompetenzen.html>
- Güzel, E., Hartmann, S., Norwig, K., Gschwendtner, T. (in Druck). Berufsspezifische Kompetenzen digital erwerben? Effekte multimedialer Interventionen zur Förderung der Fehlerdiagnosekompetenz bei Kfz-Mechatroniker\*innen. In: S. Seeber, B. Ziegler & U. Weyland (Hrsg.), *Zeitschrift für Pädagogik (Beiheft 62)*.
- Hartmann, S., Güzel, E., & Gschwendtner, T. (in Druck). Digital measurement of hands-on performance? Ecological validation of a computer-based assessment of automotive repair skills. *Empirical Research in Vocational Education and Training*.
- Hartmann, S., Güzel, E., & Gschwendtner, T. (2023). Berufsbezogene Fähigkeiten digital messen. Herausforderungen, Möglichkeiten und Grenzen am Beispiel videovignettenbasierter Prüfungsaufgaben für das Kfz-Handwerk. *BWP Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 52 (3), 26-30.
- Hartmann, S., & Gschwendtner, T. (2023). Von Präkonzepten der Auszubildenden hin zu einem prüfungstauglichen Kompetenzmessinstrument (Arbeitstitel). In BiBB (Hrsg.), *Berufsbildungsforschung – Rezeption, Translation, Transfer - Welche Wechselwirkungen entfalten sich zwischen Berufsbildungsforschung, Wissenschaft, Politik und Praxis?* Manuskript in Vorbereitung.
- Hartmann, S., & Gschwendtner, T. (2022). *Premiere für digitale Prüfungsstationen in der praktischen Kfz-Gesellenprüfung*. [https://www.ascot-vet.net/ascot/de/ascot-projekte/digidin-kfz/digidin-Videoreparaturtest\\_in\\_praktischerPruefung/digidin-Videotest-in\\_praktischerPruefung-node.html](https://www.ascot-vet.net/ascot/de/ascot-projekte/digidin-kfz/digidin-Videoreparaturtest_in_praktischerPruefung/digidin-Videotest-in_praktischerPruefung-node.html)
- Hartmann, S., Güzel, E., Müller, M., & Gschwendtner, T. (2021). *Reparaturkompetenz von Kfz-Mechatroniker/innen per Videovignetten-Test messen*. <https://www.ascot-vet.net/ascot/de/ascot-projekte/digidin-kfz/digidin-Videovignettentest-evaluiert/digidin-Videovignettentest-evaluiert-node.html>
- Hartmann, S., & Gschwendtner, T. (2021). *Video-Reparaturtest für angehende Kfz-Mechatroniker/innen optimiert: Prüfungstool für Gesellenprüfungen*. <https://www.ascot-vet.net/ascot/de/ascot-projekte/digidin-kfz/video-reparaturtest-fuer-angeh-gstool-fuer-gesellenpruefungen/video-reparaturtest-fuer-angeh-gstool-fuer-gesellenpruefungen>
- Hesse, P., Kaseler, L., Meier, J., Müller, R., & Abele, S. (2022). Logfile- und blickdatenbasierte Erfassung des Diagnoseprozesses von Experten in einer Kfz-Computersimulation. In S. Schumann, S. Seeber, & S. Abele (Hrsg.), *Digitale Transformation in der Berufsbildung: Konzepte, Befunde und Herausforderungen* (Band 41, S. 165-188). Bielefeld: wbv Media GmbH & Co. KG. <https://doi.org/10.3278/9783763971381>
- Hesse, P., Kaseler, L., Müller, R., & Abele, S. (2023). Logfile- und blickdatenbasierte Erfassung des Diagnoseprozesses von Experten in einer Kfz-Computersimulation. In B. Zinn, R. Tenberg, & D. Pittich (Hrsg.), *Technikdidaktik – Erweiterung des Lehrens und Lernens durch Technologien: Book of Abstracts zum 7. Technikdidaktik-Symposiums vom 23. bis 25. November 2022 an der Universität Stuttgart*. (S. 63-64). <https://doi.org/10.48513/joted.v11i2.267>
- Meier, J., Hesse, P., Abele, S., Renkl, A., & Glogger-Frey, I. (in press). Better self-explaining backwards or forwards? Prompting self-explanation in video-based modelling examples for learning a diagnostic strategy. *Instructional Science*. <https://doi.org/10.1007/s11251-023-09651-7>
- Meier, J., Hesse, P., Abele, S., Renkl, A., & Glogger-Frey, I. (2023b). *Video-Based Modelling Examples and Comparative Self-Explanation Prompts for Teaching a Complex Problem-solving Strategy*. Manuskript in Überarbeitung.
- Meier, J., Spliethoff, L., Hesse, P., Abele, S., Renkl, A., & Glogger-Frey, I. (2022). Promoting car mechatronics apprentices' diagnostic strategy with modeling examples: Development and evaluation of a simulation-based learning environment. *Studies in Educational Evaluation*, 72(72), [101117]. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2021.101117>
- Norwig, K., Güzel, E., Hartmann, S., & Gschwendtner, T. (2021). „Tools to tap into the content of human minds“: Think-Aloud-Interviews und Cognitive Labs als zentrale Bausteine zur Identifikation von Barrieren in Fehlerdiagnoseprozessen bei Auszubildenden des Kfz-Handwerks und zur Entwicklung

adressatenspezifischer Lehr-/Lernarrangements. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 117(4), 658-693.

- Radkowitzsch, A., Rexhäuser, D., Richters, C., Glogger-Frey, I., & Abele, S. (2023). *Investigating collaborative diagnostic problem solving in automotive malfunction diagnosis: Deriving starting points for instructional support*. Manuskript zur Veröffentlichung eingereicht.
- Rexhäuser, D., Radkowitzsch, A., Richters, C., Glogger-Frey, I., Meier, J., & Abele, S. (2023a). *Fostering collaborative diagnostic problem-solving using computer-supported collaborative learning with worked examples and self-explanation prompts: How much guidance is required?*. Manuskript in Vorbereitung.
- Rexhäuser, D., Radkowitzsch, A., Richters, C., Glogger-Frey, I., Meier, J., & Abele, S. (2023b). *Förderung des kollaborativen diagnostischen Problemlösens bei Kfz-Mechatroniker/innen – Ein prozessbasierter Ansatz*. Manuskript zur Veröffentlichung eingereicht.
- Spliethoff, L., Glogger-Frey, I., & Abele, S. (2021). *Wie bearbeiten Auszubildende gemeinsam berufliche Probleme? Kollaboration bei der Diagnose von Kfz Störungen*. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis: BWP ; Zeitschrift des Bundesinstituts für Berufsbildung*, 50(1), 35-36.
- Spliethoff, L., & Abele, S. (2022). *Measuring Professional Competence Using Computer-Generated Log Data*. In M. Goller, E. Kyndt, S. Paloniemi, & C. Damşa (Hrsg.), *Methods for Researching Professional Learning and Development* (Band 33, S. 165-186). Heidelberg: Springer Link.

## 7. Wichtigste Tagungen, auf denen das Projekt durch eigene Beiträge vertreten war

- Sektionstagung Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Bamberg, September 2021
- Digitalkongress des Zentrums für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL), Baden-Württemberg, Oktober 2021
- BWP-Sektionstagung, Freiburg i. Br., April 2022
- ASCOT+-Zwischentagung, Bonn, Juni 2022
- EARLI SIG 6/7, Bern (Schweiz), August 2022
- EARLI SIG 14, Paderborn, August 2022
- Sektionstagung Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Freiburg i. Br., September 2022
- ASCOT+-Abschlusstagung, virtuell, April 2023
- 17. Ingenieurpädagogische Jahrestagung, Dresden, Juni 2023
- EARLI, Thessaloniki (Griechenland), August 2023
- PAEPS, Kiel, September 2023

## Zusätzliche zu Kap. 6 (Teil II - Eingehende Darstellung) zitierte Literatur

- Abele, S., Walker, F., & Nickolaus, R. (2014). *Zeitökonomische und reliable Diagnostik beruflicher Problemlösekompetenzen bei Auszubildenden zum Kfz-Mechatroniker*. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 28(4), 167-179.
- Bundesgesetzblatt (2013). *Verordnung über die Berufsausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker und zur Kraftfahrzeugmechatronikerin*. BGBl. I, 29, 1578-1595. Online-Dokument: [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBl#\\_bgbl\\_%2F%2F\\*%5B%40att\\_r\\_id%3D%27bgbl113s1578.pdf%27%5D\\_\\_1601361310368](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl#_bgbl_%2F%2F*%5B%40att_r_id%3D%27bgbl113s1578.pdf%27%5D__1601361310368) (Zugriff am 29.09.2020).
- Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). *Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics*. In L. B. Resnick (Hrsg.), *Knowing, learning, and instruction* (S. 453-494). Hillsdale: Erlbaum.

- Bundesinstitut für Berufsbildung [BIBB] (2023). *Datensystem Auszubildende [Dazubi]. Abschlussprüfungen, Prüfungsteilnehmer/-innen sowie erfolgreiche Prüfungsteilnahmen (Absolventen/Absolventinnen) nach Geschlecht*. Available online: [www.bibb.de/de/1864.php](http://www.bibb.de/de/1864.php)
- Deutscher, V., & Winther, E. (2019). Zentrale Abschlussprüfungen in der Berufsausbildung – ein Plädoyer. *BWP*, 48(6), 11-15. Available online: <https://www.bwp-zeitschrift.de/dienst/publikationen/de/10704>
- Gschwendtner, T., Geißel, B., & Nickolaus, R. (2010). Modellierung beruflicher Fachkompetenz in der gewerblich-technischen Grundbildung. In: E. Klieme, D. Leutner, & M. Kenk (Hrsg.), *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes* (56. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik). Weinheim u. a.: Beltz, 258-269.
- Hao, J., Chen, L., Flor, M., Liu, L., & von Davier, A. A. (2017a). CPS-Rater: Automated sequential annotation for conversations in collaborative problem-solving activities. *ETS Research Report Series, 2017(1)*, 1-9.
- Hao, J., Liu, L., von Davier, A. A., Lederer, N., Zapata-Rivera, D., Jakl, P., & Bakkenson, M. (2017b). EPCAL: ETS platform for collaborative assessment and learning. *ETS Research Report Series, 2017(1)*, 1-14.
- Mayer, R. E. (2014). Multimedia instruction. In: J. Spector, M. Merrill, J. Elen, & M. Bishop (Hrsg.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (S. 385-399). Springer: New York.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim/Basel: Beltz.
- Nickolaus, R., Abele, S., Gschwendtner, T., Nitzschke, A., & Greif, S. (2012). Fachspezifische Problemlösefähigkeit in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen –Modellierung, erreichte Niveaus und relevante Einflussfaktoren. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW)*, 108(2), 243-272.
- Radkowitzsch, A., Sailer, M., Fischer, M. R., Schmidmaier, R., & Fischer, F. (2022). Diagnosing Collaboratively: A Theoretical Model and a Simulation-Based Learning Environment. In F. Fischer, & A. Opitz (Hrsg.), *Learning to Diagnose with Simulations: Examples from Teacher Education and Medical Education* (S. 123–141). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-89147-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-89147-3_10)
- van Merriënboer, J. J. G. (2020). Das Vier-Komponenten Instructional Design (4C/ID) Modell. In H. Niegemann, & A. Weinberger (Hrsg.), *Handbuch Bildungstechnologie* (S. 153-170). Springer: Berlin.
- Weber, W., Schmidt, T., Abele, S., Heilig, S., Sarnitz, A., & Nickolaus, R. (2015). Kompetenzzuschreibungen von Ausbildern: Analyse zur Güte von Ausbilderurteilen. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 111(1), 125-136. <https://doi.org/10.25162/zbw-2015-0007>

## Tabellarische Übersicht zu den erteilten Lizenzen im Projekt

Projektergebnisse/ Projektprodukte	Lizenz (Vorgabe laut Zuwendungsbescheid <b>CC BY-SA 4.0</b> )			Kommentare/Begründung
	Geplant	Nicht geplant	Vorhanden (Link bitte einfügen)	
Weiterentwickelte Kfz-Computersimulation			<b>Störungsfreie Simulation:</b> <a href="https://kfz-simulation.webspace.tu-dresden.de/">https://kfz-simulation.webspace.tu-dresden.de/</a>  <b>Bearbeitbare Fehler Szenarien:</b>  Fehlerfall FM 08 (Basal): Einspritzventil 2 defekt (Einspritzventil): <a href="https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase_Fehlerfall-f08_IW">https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase_Fehlerfall-f08_IW</a>	Die Kfz-Computersimulation ist sowohl im störungsfreien Modus (d.h. ohne aufgeschaltete Fehlerfälle) als auch für vier Fehlerfälle (Fehlerfall Motormanagement (FM) 7, FM 8, FM 33, FM 41), die im Rahmen der Lehrerfortbildung durch das Institut der deutschen Wirtschaft (IW) relevant sind, mit der Lizenz CC BY-SA 4.0 versehen.  Für jene Fehlerfälle in der Kfz-

			<p>Fehlerfall FM 33 (Basal): Magnetspule defekt (Abgasrückführungs- Magnetventil):</p> <p><a href="https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase_Fehlerfall-f33_IW">https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase_Fehlerfall-f33_IW</a></p> <p>Fehlerfall FM41 (Komplex): Unterbrechung Leitung Steuergerät Pin 22 – Kabelbaum Pin4 (Relais k 130):</p> <p><a href="https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase_Fehlerfall-f41_IW">https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase_Fehlerfall-f41_IW</a></p> <p>Fehlerfall FM 07 (Modellbasiert): Sicherung F1.32 defekt (Steuergerät):</p> <p><a href="https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase_Fehlerfall-f07_IW">https://filecard.de/continuum/intervention/2022-03-16/#/Selbstlernphase_Fehlerfall-f07_IW</a></p>	<p>Computersimulation, die für aktuelle und anvisierte zukünftige Prüfungszwecke sowie für anvisierte Forschungsprojekte (bspw. eigene oder PISA-VET) entwickelt wurden, wird keine Lizenzierung eingeplant, da diese nicht an Dritte bzw. bilateral nur der Prüfungsinstitution (bspw. Kfz- Innung) übergeben werden.</p> <p>„Entwickelte Testaufgaben für den Einsatz in Zwischen- und Abschlussprüfungen sind von dieser Regelung (Lizenzvergabe; d.V.) ausgenommen und nur den entsprechenden verantwortlichen Stellen zur Verfügung zu stellen.“ (BMBF-Vorgaben (Nebenbestimmungen für Zuwendungen auf Ausgabenbasis (NABF))</p>
<p>Digitale Trainingseinheit zur Förderung basaler diagnoserelevanter Rezeptionskompetenz</p>			<p>Modul 1: Effizientes Nutzen der ESI[tronic] für die Fehlersuche:</p> <p><a href="https://sim.bfzonline.de/W/#/Modul1-Basal_IW">https://sim.bfzonline.de/W/#/Modul1-Basal_IW</a></p> <p><a href="https://www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik">https://www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik</a></p> <p>Modul 2: Wichtige Informationen der ESI[tronic] lesen, verstehen und in Handlungen umsetzen:</p> <p><a href="https://sim.bfzonline.de/W/#/Modul2-Basal_IW">https://sim.bfzonline.de/W/#/Modul2-Basal_IW</a></p> <p><a href="https://www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik">https://www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik</a></p> <p>Modul 3: Planvolle Fehlersuche:</p> <p><a href="https://sim.bfzonline.de/W/#/Modul3-Basal_IW">https://sim.bfzonline.de/W/#/Modul3-Basal_IW</a></p> <p><a href="https://www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik">https://www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik</a></p>	<p>CC BY-SA 4.0</p>

			<a href="https://www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik">2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik</a>	
Digitale Trainingseinheit zur Förderung komplexer diagnoserelevanter Rezeptionskompetenz			<p>Modul 1: Effizientes Nutzen der ESI[tronic] für die Fehlersuche:</p> <p><a href="https://sim.bfzonline.de/W/#/Modul1-Komplex_IW">https://sim.bfzonline.de/W/#/Modul1-Komplex_IW</a></p> <p><a href="https://www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik">https://www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik</a></p> <p>Modul 2: Lesen und Verstehen von Stromlaufplänen:</p> <p><a href="https://sim.bfzonline.de/W/#/Modul2-Komplex_IW">https://sim.bfzonline.de/W/#/Modul2-Komplex_IW</a></p> <p><a href="https://www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik">https://www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik</a></p> <p>Modul 3: Nutzen von Stromlaufplänen zum planvollen Vorgehen bei der Fehlereingrenzung und Vermittlung relevanter Messtechniken:</p> <p><a href="https://sim.bfzonline.de/W/#/Modul3-Komplex_IW">https://sim.bfzonline.de/W/#/Modul3-Komplex_IW</a></p> <p><a href="https://www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik">https://www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-chemie-physik-und-technik/technik</a></p>	CC BY-SA 4.0
Digitale Trainingseinheit zur Förderung der modellbasierten Kfz-Diagnosestrategie			<a href="https://t1p.de/modelldiagnose">https://t1p.de/modelldiagnose</a>	CC BY-SA 4.0
Digitales Messinstrument zur Erfassung der kollaborativen Kfz-Diagnose			<p>Übersicht:</p> <p><a href="https://tu-dresden.de/gsw/ew/ibbd/bp/forschung/Projekte/abgeschlossene-projekte/digidin-kfz">https://tu-dresden.de/gsw/ew/ibbd/bp/forschung/Projekte/abgeschlossene-projekte/digidin-kfz</a></p> <p>Digitale Trainingseinheit (inkl. Messinstrument):</p> <p><a href="https://ascot-phlb.azurewebsites.net/a">https://ascot-phlb.azurewebsites.net/a</a></p>	CC BY-SA 4.0

			<p><a href="https://ascot-phlb.azurewebsites.net/author/start?tIId=78&amp;klassenId=387&amp;returnUrl=%2Ftestlauf%2F78%2F387">uth/start?tIId=78&amp;klassenId=387&amp;returnUrl=%2Ftestlauf%2F78%2F387</a></p> <p>Kollaborativen Kfz-Diagnose (Beispielstörung)</p> <p><a href="https://ascot-phlb.azurewebsites.net/author/start?tIId=61&amp;klassenId=115&amp;returnUrl=%2Ftestlauf%2F61%2F115">https://ascot-phlb.azurewebsites.net/author/start?tIId=61&amp;klassenId=115&amp;returnUrl=%2Ftestlauf%2F61%2F115</a></p>	
Digitale Trainingseinheit zur Förderung der kollaborativen Kfz-Diagnose			<p>Übersicht:</p> <p><a href="https://tu-dresden.de/gsw/ew/ibbd/bp/forschung/Projekte/abgeschlossene-projekte/digidin-kfz">https://tu-dresden.de/gsw/ew/ibbd/bp/forschung/Projekte/abgeschlossene-projekte/digidin-kfz</a></p> <p>Digitale Trainingseinheit (inkl. Messinstrument):</p> <p><a href="https://ascot-phlb.azurewebsites.net/author/start?tIId=78&amp;klassenId=387&amp;returnUrl=%2Ftestlauf%2F78%2F387">https://ascot-phlb.azurewebsites.net/author/start?tIId=78&amp;klassenId=387&amp;returnUrl=%2Ftestlauf%2F78%2F387</a></p> <p>Kollaborativen Kfz-Diagnose (Beispielstörung)</p> <p><a href="https://ascot-phlb.azurewebsites.net/author/start?tIId=61&amp;klassenId=115&amp;returnUrl=%2Ftestlauf%2F61%2F115">https://ascot-phlb.azurewebsites.net/author/start?tIId=61&amp;klassenId=115&amp;returnUrl=%2Ftestlauf%2F61%2F115</a></p>	CC BY-SA 4.0
Weiterentwickelter digitaler Video-Vignettest zur Reparaturkompetenz		X		„Entwickelte Testaufgaben für den Einsatz in Zwischen- und Abschlussprüfungen sind von dieser Regelung (Lizenzvergabe; d.V.) ausgenommen und nur den entsprechenden verantwortlichen Stellen zur Verfügung zu stellen.“ (BMBF-Vorgaben (Nebenbestimmungen für Zuwendungen auf Ausgabenbasis (NABF))
Fortbildungen		X		Die Fortbildungen wurden vom Institut der deutschen Wirtschaft (IW) in Kooperation mit unserem Verbundprojekt entwickelt. Bestandteile der Fortbildungen sind die Produkte und Tools, die weiter oben bereits unter CC-BY SA 4.0 lizenziert wurden.

				<p>Informationen sowie die Anmeldung zur Fortbildung erfolgen über den folgenden Link oder individuelle Anfrage bei den Projektverantwortlichen: <a href="https://netzwerkq40.de/de/trainings/handwerk-bau/diagnosekompetenzen-in-der-kfz-ausbildung-digital-foerdern/#event-0">https://netzwerkq40.de/de/trainings/handwerk-bau/diagnosekompetenzen-in-der-kfz-ausbildung-digital-foerdern/#event-0</a></p>
--	--	--	--	--