

**Analyse und Training bei der Digitalisierung von
Arbeitsprozessen in KMU –
Virtual Reality-basierte Ansätze zur prospektiven und
prozessbezogenen Kompetenzmodellierung und zum
Prozesstraining für digitalisierte Arbeitsprozesse**



Kumulative Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrads der Philosophie (Dr. phil.)
an der Universität Paderborn,
Fakultät für Kulturwissenschaften,
Institut für Humanwissenschaften,
Fach Psychologie,
Fachbereich Arbeits- und Organisationspsychologie

Vorgelegt von:
Sarah Depenbusch, M. Sc.

Paderborn, im Januar 2025

Erstgutachter: Prof. Dr. Niclas Schaper

Zweitgutachter: Prof. Dr. Sven Lindberg

Zusammenfassung

Die Digitalisierung bietet kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) vielfältige Potenziale, um Arbeitsprozesse effektiver und effizienter zu gestalten. Da in digitalisierten Arbeitsprozessen neue Kompetenzanforderungen entstehen, ist es wichtig, die geforderten Kompetenzen bereits vor Umsetzung der Digitalisierungsvorhaben (prospektiv) sowie bezogen auf die zukünftigen bzw. digitalisierten Prozessschritte (prozessbezogen) zu erfassen. Auf diese Weise können Kompetenzentwicklungsbedarfe frühzeitig erkannt werden.

Für die Digitalisierung bzw. digitale Neugestaltung von Arbeitsprozessen werden zunehmend VR-Umgebungen eingesetzt, die ebenfalls ein besonderes Potenzial für die Durchführung einer begleitenden prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung (PKOM) aufweisen. VR-Umgebungen ermöglichen eine immersive und interaktive Simulation von Arbeitsprozessen in dreidimensional nachgebildeten Arbeitsumgebungen. Auf diese Weise können Mitarbeitende als Prozessexpert*innen sowohl besser in die digitale Neugestaltung von Arbeitsprozessen als auch in die begleitende PKOM eingebunden werden. Darüber hinaus können entsprechende VR-Umgebungen zur Erstellung von VR-basierten Avatar-Videos (VRA-Videos) genutzt werden, die im Rahmen von betrieblichen Prozesstrainings zur Förderung des Prozessverständnisses und der Lernmotivation von Mitarbeitenden beitragen können. Obwohl die erwähnte PKOM im Kontext der Digitalisierung von Arbeitsprozessen bedeutsam ist und VR-Umgebungen hierfür besondere Vorteile versprechen, finden sich bislang keine VR-basierten PKOM-Verfahren. Zudem liegen noch keine empirischen Befunde vor, ob VRA-Videos tatsächlich lern- und motivationsfördernd sind und das Prozesstraining effektiv unterstützen können. Die beschriebenen Desiderate werden daher in der vorliegenden Dissertation adressiert.

In Teilstudie 1 erfolgt die Entwicklung eines verallgemeinerbaren Vorgehens zur prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung (zunächst ohne Bezugnahme auf die VR-Umgebung). Das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen dient zugleich als konzeptionelle Grundlage und Vergleichsreferenz für die spätere Durchführung einer PKOM in der VR-Umgebung. Das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen wird in 18 Experteninterviews mit Mitarbeitenden und Führungskräften aus drei KMU durchgeführt und erprobt. In diesem Kontext entstehen prozessbezogene Kompetenzmodelle auf deren Grundlage die Kompetenzentwicklungsbedarfe der Mitarbeitenden in den KMU frühzeitig abgeleitet werden können.

In Teilstudie 2 wird das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen für die Anwendung in einer VR-Umgebung adaptiert. Das resultierende VR-basierte PKOM-Vorgehen wird in neun

Experteninterviews durchgeführt und erprobt. Dabei werden die Mitarbeitenden und Führungskräfte selbst zu „Kompetenzmodellierer*innen“, indem sie geforderte Kompetenzdimensionen den in der VR-Umgebung simulierten Prozessschritten zuordnen. Die resultierenden prozessbezogenen Kompetenzmodelle werden ebenfalls genutzt, um Kompetenzentwicklungsbedarfe der Mitarbeitenden in den KMU abzuleiten. Ein Vergleich der in den Teilstudien 1 und 2 erstellten prozessbezogenen Kompetenzmodellen zeigt, dass bei der VR-basierten PKOM (Teilstudie 2) mehr Kompetenzanforderungen identifiziert wurden als bei der verallgemeinerbaren PKOM (Teilstudie 1). Somit konnten die Kompetenzentwicklungsbedarfe der Mitarbeitenden präziser unter Einsatz einer VR-Umgebung abgeleitet werden.

In Teilstudie 3 werden die VR-Umgebungen der PKOM zur Erstellung VR-basierter Avatarvideos (VRA-Videos) genutzt. Im Rahmen eines online-gestützten Experiments wird untersucht, ob ein VRA-Video im Vergleich zu einem Voice-over-Slides (VOS)-Video (welches den Arbeitsprozess anhand abstrakter und statischer Visualisierungen vermittelt) besser geeignet ist, um das Prozessverständnis und die Lernmotivation zu fördern. Hintergrund für den Vergleich des VRA-Videos mit einem VOS-Video sind divergierende Auffassungen über die Lernförderlichkeit bzw. -hinderlichkeit der im VRA-Video enthaltenen Visualisierungen. Die einfaktorielle ANOVA verdeutlicht, dass das VRA-Video zu signifikant besseren Transferleistungen sowie einer signifikant höheren Aufmerksamkeit, wahrgenommenen Relevanz und Zufriedenheit (motivationale Faktoren) bei den Lernenden führte als das VOS-Video.

Schlüsselwörter: Prospektive und prozessbezogene Kompetenzmodellierung, Virtual Reality, Nutzerakzeptanz, Lernvideo, Prozessverständnis, Lernmotivation

Abstract

Digitalization offers small and medium-sized enterprises (SMEs) the potential for making work processes more effective and efficient. Since new competencies are required in digitalized work processes, it is important to identify these competency requirements before the digitalization project is implemented (prospective) as well as in relation to the future or digitalized process steps (process-related). In this way, competency development needs can be identified at an early stage.

VR environments are increasingly used for the digitalization of work processes, but also offer special potential for the accompanying prospective and process-related competence modeling (PCM). VR environments allow an immersive and interactive simulation of work processes in three-dimensional simulated work environments. In this way, employees can be better integrated as process experts in the digitalization of work processes as well as in PCM. In addition, VR environments can be used to create VR-based avatar videos (VRA videos), which can be used as part of process training to improve employees' understanding of work processes and to increase their motivation to learn. Although PCM is important in the context of digitization of work processes and VR environments promise particular advantages, there are no VR-based PCM methods available yet. Furthermore, there are no empirical findings on the learning and motivational benefits of VRA videos for process training. Therefore, the described desiderata are addressed in this doctoral thesis.

Study 1 was dedicated to the development of a generalizable approach for prospective and process-related competence modelling (PCM). The generalizable PCM approach also serves as a conceptual basis and comparative reference for the subsequent implementation of PCM in the VR environment. The generalizable PCM approach is implemented and tested in 18 expert interviews with employees and managers of three SMEs. In this context, process-related competency models are created based on which the competence development needs of the employees in the SMEs can be derived.

In study 2, the generalizable PCM approach is adapted for use in a VR environment. The resulting VR-based PCM approach is implemented and tested in nine expert interviews in the same SMEs. During the interviews, the employees and managers themselves become "competency modelers" by assigning the required competency dimensions to the process steps simulated in the VR environment. The resulting process-related competency models are also used to derive the competency development needs of the employees in the SMEs. A comparison of the process-related competency models created in studies 1 and 2 shows that more competency requirements were identified in the VR-based PCM (study 2) than in the

generalizable PCM (study 1). Accordingly, employees' competency development needs could be derived more precisely using VR (study 2).

In study 3, the VR environments that had previously been employed for PCM (in study 2) are used to create VR-based avatar videos (VRA videos). In the context of an online-based experiment, it is investigated whether a VRA video is more effective to promote employees' process understanding and motivation to learn than a voice-over-slides (VOS) video (which conveys the work process using static and abstract visualizations). The reason for comparing the VRA video with the VOS video is that there are differing views about the learning benefits and disadvantages of the visualizations contained in the VRA video. The results of one-way ANOVA show that the VRA video led to significantly better transfer scores as well as significantly higher scores in attention, perceived relevance and learner satisfaction (motivational variables) than the voice-over-slides video (VOS video).

Keywords: Prospective and process-related competency modeling, virtual reality, user acceptance, learning video, process understanding, motivation to learn

Manuskripte und Beiträge

Die folgenden Manuskripte sind im Rahmen der Dissertation entstanden und in nationalen und internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht bzw. eingereicht:

Depenbusch, S., Bender, E., & Schaper, N. (2021). Prospektive und prozessbezogene Kompetenzanalyse im Digitalisierungskontext – Gestaltung und Erprobung eines Vorgehens. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 75(4), 405-423. <https://doi.org/10.1007/s41449-021-00276-5>

Depenbusch, S., Schaper, N., & Schumacher, J. P. (2023). Virtual reality for prospective and process-related competence modeling – piloting a participatory approach and investigating user acceptance of the applied VR-tool. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 77(3), 350-374. <https://doi.org/10.1007/s41449-023-00355-9>

Depenbusch, S., Schaper, N., Schürmann, M., & Schumacher, J. P. (2024). VR-based Avatar Videos as an Effective Tool for Process Training in the Context of Digitalization. Eingereicht bei *Frontiers in Psychology*.

*Diese Manuskripte sind Teil der kumulativen Dissertation. Bei der Manuskripterstellung waren die Aufgaben zwischen den Autoren wie nachfolgend beschrieben verteilt. Insgesamt fallen 90 % des Arbeitsaufwands auf Sarah Depenbusch.

Manuskript 1. Konzeptualisierung: Depenbusch, Schaper, Bender; Datenerhebung: Depenbusch, Bender; Festlegung des Auswertungsdesigns: Depenbusch, Schaper, Bender; statische Auswertung: Depenbusch; Verschriftlichung des Manuskripts: Depenbusch; Überprüfung und Überarbeitung des Manuskripts: Bender, Depenbusch, Schaper

Manuskript 2: Konzeptualisierung: Depenbusch, Schaper; Datenerhebung: Depenbusch; Festlegung des Auswertungsdesigns: Depenbusch, Schaper; statische Auswertung: Depenbusch; Verschriftlichung des Manuskripts: Depenbusch; Überprüfung und Überarbeitung des Manuskripts: Schaper, Depenbusch, Schumacher

Manuskript 3: Konzeptualisierung: Depenbusch, Schumacher, Schaper; Datenerhebung: Depenbusch, Schumacher; Festlegung des Auswertungsdesigns: Depenbusch, Schaper; statische Auswertung: Depenbusch, Schürmann; Verschriftlichung des Manuskripts: Depenbusch; Überprüfung und Überarbeitung des Manuskripts: Schaper, Schumacher, Depenbusch, Schürmann

Darüber hinaus sind folgende Beiträge mit inhaltlichem Bezug zur Dissertation entstanden:

Schumacher, J. P., Depenbusch, S., Straatmann, T., Bender, E., Schaper, N., & Hamborg, K. C. (2022). Participative human-factor evaluation in the context of digital work (re-) design. *Work*, 72(4), 1629-1654. <https://doi.org/10.3233/WOR-211248>

Müller, K., Straatmann, T., Schumacher, J. P., & Depenbusch, S. (2022). Virtual Reality bei der digitalen Neugestaltung von Geschäftsprozessen. *Personal Quarterly*, 72, 34-39.

Müller, K., Hamborg, K. C., Straatmann, T., Schumacher, J. P., Koßmann, C., Teutenberg, F., Pöhler, L., Schaper, N., Depenbusch, S., Schüler, T., Izdebski, K., Deppen, K., Neyner, C., & Meyer zu Venne, W. M. (2023). Sozio-digitale Innovation durch partizipative Prozessgestaltung im virtuellen Raum. In V. Nitsch, C. Brandl, R. Häußling, P. Roth, T. Gries, B. Schmenk (Hrsg.), *Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand 3* (S. 239-290). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-67024-8_7

Die folgenden Beiträge mit inhaltlichem Bezug zur Dissertation wurden auf nationalen und internationalen Konferenzen präsentiert:

Depenbusch, S., Bender, E., & Schaper, N. (2021). Prospektive und prozessbezogene Kompetenzanalyse – Gestaltung und Erprobung eines Vorgehens. Beitrag (online) präsentiert auf der *12. Fachgruppentagung der Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie sowie Ingenieurspsychologie*, 24.09.21, Chemnitz.

Depenbusch, S., Schaper, N., & Schumacher J. P. (2023). VR zur prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung (PKOM) im Kontext der digitalen Transformation. Beitrag präsentiert auf der *13. Fachgruppentagung der Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie sowie Ingenieurspsychologie*, 15.09.23, Kassel.

Depenbusch, S., Schaper, N., Schumacher J. P., & Schürmann, M. (2023). Using VR-based animation videos to support business process understanding and learning motivation in SMEs. Beitrag präsentiert auf dem *EAWOP Congress*, 24.05.23-27.05.23, Katowice.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	II
Abstract	IV
Manuskripte und Beiträge	VI
Inhaltsverzeichnis	VIII
Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XII
1. Einführung	1
1.1. Digitalisierung von Arbeitsprozessen und neue Kompetenzanforderungen in KMU	1
1.2. Potenziale von VR-Umgebungen für die PKOM.....	3
1.3. Potenziale von VR-Umgebungen für das Prozesstraining	5
1.4. Ziele und Vorgehen der Arbeit.....	7
1.5. Aufbau der Arbeit.....	10
2. Verschiedene Ebenen der Digitalisierung	12
3. Prospektive und prozessbezogene Kompetenzmodellierung (PKOM) in VR-Umgebungen	15
3.1. Kompetenzen.....	16
3.2. Konzeption und Beispiele von Kompetenzmodellen	18
3.3. Ansätze der Kompetenzmodellierung	21
3.4. Zugänge und Methoden der Kompetenzmodellierung	24
3.5. Prospektive und prozessbezogene Ansätze der Kompetenzmodellierung	27
3.6. Virtual Reality	31
3.7. Mögliche Vorteile von VR-Umgebungen für die PKOM.....	33
3.8. Nutzerakzeptanz von VR-Umgebungen.....	36
4. Prozesstraining mittels VR-basierter Avatarvideos	39
4.1. Visuelle Gestaltungselemente zur Charakterisierung von Lernvideos	40

4.2.	Der Aufbau von Prozessverständnis mittels VRA- und VOS-Videos	43
4.3.	Erhöhung der Lernmotivation mittels VRA- und VOS-Videos.....	48
4.4.	Wirkungen der VRA- und VOS-Videos auf das Prozessverständnis und die Lernmotivation.....	51
5.	Teilstudien	58
5.1.	Teilstudie 1: Prospektive und prozessbezogene Kompetenzanalyse im Digitalisierungskontext – Gestaltung und Erprobung eines Vorgehens	60
5.1.1	Forschungsfragen der ersten Teilstudie.....	60
5.1.2	Vorgehen und Methodik der ersten Teilstudie	60
5.1.3	Ergebnisse der ersten Teilstudie.....	69
5.2.	Teilstudie 2: Virtual Reality zur prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung – Pilotierung eines partizipativen Vorgehens und Untersuchung der Nutzerakzeptanz des angewendeten VR-Tools.....	74
5.2.1	Forschungsfragen der zweiten Teilstudie.....	74
5.2.2	Vorgehen und Methodik der zweiten Teilstudie	75
5.2.3	Ergebnisse der zweiten Teilstudie.....	85
5.3.	Teilstudie 3: VR-basierte Avatarvideos als ein effektives Instrument für das Prozesstraining im Kontext der Digitalisierung	91
5.3.1	Forschungsfragen der dritten Teilstudie.....	91
5.3.2	Vorgehen und Methodik der dritten Teilstudie	91
5.3.3	Ergebnisse der dritten Teilstudie.....	96
6.	Diskussion	102
6.1.	Zusammenfassende Betrachtung der Ergebnisse	102
6.2.	Beitrag zum aktuellen Stand der Forschung.....	106
6.3.	Limitationen	108
6.4.	Implikationen für die Forschung	112
6.5.	Implikationen für die Praxis	116
7.	Fazit	121

Förderhinweis	122
Literaturverzeichnis	137

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verschiedene Ebenen der Digitalisierung (Müller et al., 2022, S. 34).....	12
Abbildung 2: Virtuelle Nachbildungen der Unternehmensumgebungen der KMU im dreidimensionalen Raum (Müller et al., 2023, S. 271, S. 276, S. 281).....	34
Abbildung 3: Cognitive Theory of Multimedia Learning (in Anlehnung an Reinhold, 2019, S. 113)	44
Abbildung 4: Wirkungen sozialer Hinweisreize beim multimedialen Lernen (in Anlehnung an Mayer, 2014, S. 347)	45
Abbildung 5: Schritte zur Konzeption der prozessbezogenen Kompetenzmodelle im Rahmen des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens (eigene Darstellung).....	68
Abbildung 6: Ausschnitt aus dem prozessbezogenen Kompetenzmodell für den Tätigkeitsbereich Einkauf in KMU 1 (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2021, S. 417).....	71
Abbildung 7: Prozentuale Kompetenzhäufigkeiten zur Bestimmung der Kompetenzentwicklungsbedarfe der prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppe in KMU 1 (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2021, S. 419)	73
Abbildung 8: Virtuelle Nachbildung der Produktionshalle von KMU 3 sowie Darstellung zweier Prozessschritte im digital neugestalteten Qualitätskontrollprozess (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2023, S. 357).....	76
Abbildung 9: Darstellung des generischen Kompetenzinventars und des Einstufungsschlüssels bei den einzelnen Prozessschritten des digital neugestalteten Qualitätskontrollprozesses von KMU 3 (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2023, S. 358) .	77
Abbildung 10: Schritte zur Konzeption der prozessbezogenen Kompetenzmodelle im Rahmen des VR-basierten PKOM-Vorgehens (eigene Darstellung).....	82
Abbildung 11: Gegenüberstellung der gegenwärtigen und der zukünftigen Kompetenzhäufigkeiten in KMU 2 (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2023, S. 365).....	88
Abbildung 12: Ausschnitt aus dem VRA-Video von KMU 1 (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2024).....	93
Abbildung 13: Ausschnitt aus dem VOS-Video von KMU 1 (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2024).....	94

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Visuelle Gestaltungselemente der VRA- und VOS-Videos.....	42
Tabelle 2: Überblick über die drei KMU.....	58
Tabelle 3: Überblick über die Ziele, das Vorgehen bzw. die Methoden und die Ergebnisse der drei Teilstudien.....	59
Tabelle 4: Durchführung des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens (Soll-Erfassung)	64
Tabelle 5: Ausschnitt aus dem generischen Kompetenzinventar (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2021, S. 411).....	65
Tabelle 6: Durchführung des VR-basierten PKOM-Vorgehens (Soll-Erfassung).....	80
Tabelle 7: Übersicht über die aus den Experteninterviews abgeleiteten VR-spezifischen Akzeptanzkriterien (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2023, S. 369)	90
Tabelle 8: Mittelwerte und Standardabweichungen der Retentions- und Transferleistungen sowie der ARCS-Faktoren in den VRA- und VOS-Videogruppen.....	96

1. Einführung

1.1. Digitalisierung von Arbeitsprozessen und neue Kompetenzanforderungen in KMU

Die Digitalisierung als Megatrend bietet vielfältige Möglichkeiten, um Arbeitsprozesse¹ effektiver und effizienter zu gestalten (Leyh, Bley & Ott, 2018; Radicic & Petković, 2023; Raihan, 2024). Gleichzeitig bringt die Digitalisierung neue Herausforderungen für die Industrie und damit auch für kleine und mittlere Unternehmen² (KMU) mit sich (Fischer, 2023; Leyh & Bley, 2016; Lindner & Leyh, 2019; Müller, Straatmann, Schumacher & Depenbusch, 2022; Müller et al., 2023). Um die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, ist es erforderlich, mit dem digitalen Wandel Schritt zu halten (Schulte, Kato-Beiderwieden & Maier, 2023). Da KMU zumeist über geringe finanzielle Ressourcen verfügen und ihre Arbeitsprozesse kaum standardisiert sind, liegen die Digitalisierungspotenziale weniger in der Vollautomatisierung ganzer Produktionssysteme als vielmehr in der digitalen Unterstützung und Vernetzung bestehender Prozesse (Müller, Straatmann, Schumacher & Depenbusch, 2022; Müller et al., 2023; Müller-Seitz, Metzger, Ritter, Schmüser & Westram, 2021). Beispielsweise finden Absprachen in KMU noch häufig mündlich oder mittels Zettel und Stift statt. Darüber hinaus sind bereits vorhandene digitale Systeme in KMU oftmals nicht vernetzt und synchronisiert (Müller et al., 2023). Durch den Aufbau einer IT-Infrastruktur könnte bereits die Fehleranfälligkeit in den Arbeitsprozessen bedeutsam reduziert werden (Müller et al., 2022; Stopper, von Garrel, Bittner & Mühlfelder, 2017).

Aufgrund der Tatsache, dass die Arbeitsprozesse in KMU historisch gewachsen und entsprechend komplex sind, erweist sich die Einbindung erfahrener Mitarbeitender und Führungskräfte in die Digitalisierung bzw. digitale Neugestaltung von Arbeitsprozessen als erfolgversprechend (Müller et al., 2023). Insbesondere Mitarbeitende auf operativer Ebene kennen die Prozesse und Abläufe am besten und können darauf aufbauend Erfordernisse und Möglichkeiten zur digitalen Prozessoptimierung ableiten (vgl. Müller et al., 2023). Entsprechende Ansätze der Digitalisierung sind allerdings noch häufig durch eine einseitige Techno-

¹ Arbeitsprozesse werden in dieser Arbeit definiert als eine Abfolge von Aktivitäten bzw. Aufgaben, die auf ein bestimmtes betriebliches Ziel ausgerichtet sind. Sie tragen somit zur Wertschöpfung eines Unternehmens bei und zeichnen sich durch die Zusammenarbeit verschiedener Abteilungen bzw. Funktionsbereiche aus (Lindsay, Downs & Lunn, 2003).

² In der Europäischen Union werden kleine und mittlere Unternehmen (KMU) als Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten, einem Umsatz von weniger als 50 Mio. Euro und einer Bilanzsumme von höchstens 43 Mio. Euro definiert (Amtsblatt der Europäischen Union, 2003).

logieorientierung gekennzeichnet (Müller, 2023). Neben der Identifikation technischer Optimierungsmöglichkeiten (z. B. Implementierung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien) sollten im Rahmen der Digitalisierung von Arbeitsprozessen jedoch auch humanorientierte und soziale Anforderungen berücksichtigt werden (Müller et al., 2023; Schöpfer, Lodemann, Dörries & Kersten, 2018; Schumacher et al., 2022). Die Digitalisierung von Arbeitsprozessen führt beispielsweise zu neuen Arbeitsabläufen und damit auch zu neuen bzw. veränderten Kompetenzanforderungen an die Mitarbeitenden (Hulla, Hammer, Karre & Ramsauer, 2019; Schwarzmüller, Brosi, Duman & Welp, 2018). Daher ist es wichtig, Kompetenzentwicklungsbedarfe frühzeitig zu identifizieren (Depenbusch, Bender & Schaper, 2021; Kauffeld & Schaper, 2021; Schulte et al., 2023). Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, im Rahmen der digitalen Neugestaltung von Arbeitsprozessen eine „sozio-digitale Perspektive“ einzunehmen (Müller et al., 2023). Dabei werden neben dem 1) technischen Teilsystem (Arbeitsmittel, Informations- und Kommunikationstechnologien) und dem 2) organisatorischen Teilsystem (Arbeitsprozesse und Informationsflüsse) auch die Kompetenzanforderungen bzw. Entwicklungsbedarfe des sozialen Teilsystems – d. h. der Mitarbeitenden – berücksichtigt (Müller et al., 2023).

Um die zukünftigen Kompetenzanforderungen und Entwicklungsbedarfe von Mitarbeitenden in digitalisierten Arbeitsprozessen frühzeitig zu erfassen, sollte parallel zur digitalen Prozessneugestaltung eine Kompetenzmodellierung durchgeführt werden (Depenbusch, Schaper & Schumacher, 2023; Schulte et al., 2023). Auf diese Weise können Kompetenzanforderungen bereits vor Umsetzung der Digitalisierungsvorhaben (prospektiv) sowie in Bezug auf die zukünftigen bzw. digitalisierten Prozessschritte (prozessbezogen) erfasst werden (Depenbusch et al., 2021). Im Kontext einer entsprechenden prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung (PKOM) in KMU würde sich die Einbindung erfahrener Mitarbeitender und Führungskräfte als vorteilhaft erweisen (Depenbusch et al., 2023). Die Mitarbeitenden und Führungskräfte verfügen über wertvolle Prozesskenntnisse und Erfahrungen und sind daher in der Lage, die in den neuen bzw. digitalisierten Prozessen geforderten Kompetenzen umfassend zu identifizieren und zu beschreiben (Depenbusch et al., 2023).

Neben der prospektiven und prozessbezogenen Erfassung von Kompetenzanforderungen und Entwicklungsbedarfen ist es zudem wichtig, die Kompetenzen zu fördern und die Mitarbeitenden zu befähigen, mit den digitalisierten Arbeitsprozessen und den darin auftretenden Anforderungen kompetent und problemorientiert umzugehen (Hirsch-Kreinsen, Ten Hompel & Kretschmer, 2020; Leyer, Aysolmaz, Brown, Türkay & Reijers, 2021). Eine wesentliche Voraussetzung für einen problemorientierten und kompetenten Umgang mit digitali-

sierten Arbeitsprozessen ist ein grundlegendes Verständnis dieser Prozesse (Prozessverständnis) (Acatech, 2016; Hecklau, Orth, Kidschun & Tominaj, 2019; Hirsch-Kreinsen et al., 2020; Leyer et al., 2021; Spöttl & Loose, 2018). Der Begriff Prozessverständnis bezieht sich auf das Verstehen³ einzelner Prozesselemente (z. B. Prozessschritte oder prozessbeteiligte Rollen/Tätigkeiten) und deren Beziehungen zueinander (Burton-Jones & Meso, 2008). Mitarbeitende, die über ein angemessenes Prozessverständnis verfügen sind in der Lage, ihre Arbeitsschritte vorausschauend mit denen anderer Mitarbeitender zu koordinieren (Leyer, Stumpf-Wollersheim & Pisani, 2017; Leyer et al., 2021). Auf diese Weise lassen sich Arbeitsprozesse effizienter und effektiver umsetzen (Leyer et al., 2021). Vor diesem Hintergrund gewinnen betriebliche Prozessstrainings an Bedeutung, in deren Rahmen das Prozessverständnis der Mitarbeitenden aufgebaut und entwickelt wird (z. B. Leyer, Brown, Aysolmaz, Vanderfeesten & Turetken, 2019; Leyer et al., 2021).

In Anbetracht der vorangegangenen Ausführungen lässt sich sagen, dass die Digitalisierung von Arbeitsprozessen in KMU nur dann erfolgreich umgesetzt werden kann, wenn die Kompetenzanforderungen und Kompetenzentwicklungsbedarfe der Mitarbeitenden prospektiv und prozessbezogen erfasst und ihr Prozessverständnis frühzeitig aufgebaut wird (Depenbusch et al., 2021; Depenbusch et al., 2023; Depenbusch, Schaper, Schürmann & Schumacher, 2024). Um diese Ziele zu erreichen, bieten VR-Umgebungen innovative und vorteilhafte Wege (Depenbusch et al., 2023; Depenbusch et al., 2024; Müller et al., 2023).

1.2. Potenziale von VR-Umgebungen für die PKOM

Zunächst eröffnen VR-Umgebungen besondere Potenziale für die Einbindung von Mitarbeitenden in die prospektive und prozessbezogene Kompetenzmodellierung (PKOM) (Depenbusch et al., 2023). So ist es unter Einsatz von VR-Umgebungen möglich, abstrakte Prozessmodelle kontextbezogen und praxisnah zu visualisieren (z. B. Aysolmaz, Brown, Bruza & Reijers, 2016; Brown, Recker & West, 2011; Leyer et al., 2021). Bei Prozessmodellen handelt es sich um Grafiken, die auf einer standardisierten Modellierungssprache (z. B. BPMN⁴) be-

³ Laut Mayer (2014) beschreibt Verstehen die Fähigkeit, aus dem Lernmaterial ein kohärentes mentales Modell zu bilden, um das Gelernte in einen Sinnzusammenhang zu bringen (vgl. Reinhold, 2019).

⁴ Business Process Model and Notation (BPMN) ist eine besonders häufig eingesetzte Modellierungssprache (vgl. Fleischmann, Oppl, Schmidt & Stary, 2018). BPMN ermöglicht eine komprimierte Visualisierung von Arbeitsprozessen durch den Einsatz verschiedener geometrischer Formen (z. B. Darstellung von Arbeitsaufgaben als stumpfkantiger Quader, Darstellung von Ereignissen als Kreise, Darstellung von Entscheidungspunkten bzw. Gateways als Rauten). Diese Formen bzw. Objekte sind über Sequenzflüsse (dargestellt als einfache Pfeile) miteinander verbunden, um die Abläufe bzw. die Reihenfolge des Prozesses zu visualisieren (Fleischmann et al., 2018).

ruhen und Arbeitsprozesse mittels abstrakter geometrischer Formen darstellen (z. B. Nutzung von Rechtecken zur Darstellung von Prozessschritten) (Figl & Recker, 2016). Prozessmodelle werden als Orientierungsgrundlage bei der digitalen Neugestaltung von Arbeitsprozessen genutzt und würden auch bei der begleitenden PKOM (z. B. zur Herleitung von Kompetenzanforderungen in Bezug auf bestimmte Prozessschritte) zum Einsatz kommen (Depenbusch et al., 2021). Aufgrund des hohen Abstraktionsgrads fällt es den Mitarbeitenden jedoch oftmals schwer, die Prozessmodelle zu verstehen und ihr Erfahrungswissen im Rahmen digitaler Prozessneugestaltungen und einer begleitenden Kompetenzmodellierung einzubringen (Depenbusch et al., 2023; Kathleen, Ross & Kriglstein, 2014; Zenner, Makhsadov, Klinger, Lieberman, & Krüger, 2020). Wie bereits angedeutet, ist es mithilfe von VR-Umgebungen hingegen möglich, Prozessmodelle in dreidimensionale Nachbildungen von Arbeits- bzw. Unternehmensumgebungen einzubetten (Leyer et al., 2021; Pöhler, Schuir, Meier & Teuteberg, 2021). Dadurch kann ein konkreter Bezug zur Arbeitspraxis der Mitarbeitenden und eine gewisse Realitätsnähe geschaffen werden (Guo, Brown & Rasmussen, 2013; Leyer et al., 2021; Pöhler et al., 2021). VR-Umgebungen erlauben zudem das computergestützte „Eintauchen“ (Immersion) der Mitarbeitenden in die virtuell nachgebildeten Unternehmensumgebungen (Müller et al., 2023). Dazu werden VR-Headsets, wie zum Beispiel Head-Mounted Displays (HMDs)⁵ genutzt (z. B. Wohlgenannt, Simons & Stieglitz, 2020). Das so erzeugte, immersive Raumerleben kann dazu beitragen, das Erfahrungs- und Expertenwissen der Mitarbeitenden zu mobilisieren und für die digitale Prozessneugestaltung sowie die begleitende PKOM nutzbar zu machen (Müller et al., 2022; Müller et al., 2023).

Bislang werden VR-Umgebungen jedoch primär eingesetzt, um die Einbindung von Mitarbeitenden in die digitale Neugestaltung von Arbeitsprozessen zu ermöglichen bzw. zu vereinfachen (z. B. Oberhauser, Pogolski & Matic, 2018; Oberhauser & Pogolski, 2019). Eine begleitende, partizipativ orientierte PKOM wird hingegen nicht durchgeführt (Depenbusch et al., 2023). Dies mag daran liegen, dass es bislang keine verallgemeinerbaren PKOM-Ansätze gibt, die auf andere Anwendungskontexte, wie den Einsatz in einer VR-Umgebung, übertragen werden können (Depenbusch et al., 2023). Bisher werden prospektive und prozessbezogene Analyseverfahren noch häufig unabhängig voneinander betrachtet bzw. deren Integration eher generisch beschrieben (Depenbusch et al., 2021). Es ist daher ungeklärt, wie Kompetenzanforderungen (unter Einbindung der Mitarbeitenden) in zukünftigen bzw. digitalisierten

⁵ Ein Head-Mounted Display (HMD) ist ein visuelles Ausgabegerät, das am Kopf der Person oder vor ihren Augen befestigt wird und Bilder direkt vor dem Sichtfeld der Person auf einem Display anzeigt (vgl. Bellalouna, 2020).

Arbeitsprozessen zugleich prospektiv und prozessbezogen erfasst werden können (Depenbusch et al., 2021). Zudem stellt sich die Frage, wie auf Basis der identifizierten Kompetenzanforderungen konkrete Kompetenzentwicklungsbedarfe der Mitarbeitenden abgeleitet werden können. In Anbetracht dessen ergibt sich der Bedarf, ein verallgemeinerbares PKOM-Vorgehen zu konzipieren und zu erproben, welches die prospektive und prozessbezogene Modellierung von Kompetenzanforderungen unter Einbindung von Mitarbeitenden ermöglicht. Das Vorgehen soll zugleich als konzeptionelle Grundlage für die spätere Anwendung in einer VR-Umgebung dienen (Forschungsdesiderat 1).

Da ein entsprechendes *verallgemeinerbares* PKOM-Vorgehen, das später auf den VR-Anwendungskontext übertragen werden kann, noch nicht zur Verfügung steht, gibt es derzeit auch noch kein *VR-basiertes* PKOM-Verfahren. Somit existieren bislang auch keine empirischen Befunde darüber, wie zukünftige Kompetenzanforderungen unter Einbindung von Mitarbeitenden und Führungskräften prospektiv und prozessbezogen in einer VR-Umgebung ermittelt werden können (Depenbusch et al., 2023). Zudem ist unklar, mit welchen möglichen Vorteilen und Herausforderungen der Einsatz von VR-Umgebungen bei der PKOM verbunden ist. Entsprechende Erkenntnisse wären jedoch wichtig, um herauszufinden, ob sich VR-Umgebungen tatsächlich für die Durchführung der PKOM eignen oder ob die PKOM stattdessen in einem konventionellen Interviewsetting (mit Mitarbeitenden und Führungskräften) durchgeführt werden sollte. Vor diesem Hintergrund besteht die Notwendigkeit, ein VR-basiertes PKOM-Vorgehen zu konzipieren und zu evaluieren, welches die PKOM in einer VR-Umgebung ermöglicht. In Ergänzung dazu sollte im Rahmen eines Vergleichs evaluiert werden, ob ein verallgemeinerbares PKOM-Vorgehen (ohne Bezugnahme auf die VR-Umgebung) oder ein VR-basiertes PKOM-Vorgehen besser geeignet ist, um Kompetenzanforderungen und -entwicklungsbedarfe zu identifizieren. In diesem Kontext sollten zudem konkrete VR-Eigenschaften ermittelt werden, die sich als potenzielle Vorteile oder Herausforderungen bei einer VR-basierten PKOM erweisen könnten (Forschungsdesiderat 2).

1.3. Potenziale von VR-Umgebungen für das Prozesstraining

Die genannten Möglichkeiten von VR-Umgebungen zur kontextbezogenen und praxisnahen Darstellung von Arbeitsprozessen in virtuell nachgebildeten Arbeitsumgebungen können nicht nur für die PKOM, sondern auch für das Prozesstraining von Vorteil sein (vgl. Guo et al., 2013; Leyer et al., 2019; Leyer et al., 2021). In VR-gestützten Prozesstrainings werden insbesondere VR-Umgebungen verwendet, die einerseits die Arbeitsumgebungen von Mitarbeitenden simulieren und andererseits VR-Avatare enthalten, welche die praktische Durchfüh-

rung einzelner Arbeitsschritte demonstrieren (z. B. Aysolmaz et al., 2016; Leyer et al., 2021). Erste Studien haben bereits gezeigt, dass solche VR-Umgebungen das Prozessverständnis der Mitarbeitenden fördern und zudem ihre Lernmotivation erhöhen (Aysolmaz et al., 2016; Guo et al., 2013; Leyer et al., 2019; Leyer et al., 2021). Die Lernmotivation wird in der vorliegenden Arbeit als eine wesentliche Bedingung für die aktive Auseinandersetzung der Mitarbeitenden einem neuen, digitalisierten Arbeitsprozess erachtet (Leyer et al., 2021).

Der Einsatz von VR-Umgebungen im Kontext betrieblicher Prozesstrainings kann jedoch einen hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand mit sich bringen. So müssen die Mitarbeitenden zunächst in der Anwendung bzw. Bedienung von VR-Umgebungen geschult werden (z. B. die Bedienung der Software und Hardware) (Müller et al., 2022). Der Aufwand für entsprechende Einführungsschulungen ist bei der PKOM, die mit ca. drei Personen durchgeführt wird, noch überschaubar. Im Kontext des betrieblichen Prozesstrainings hingegen muss eine wesentlich größere Zielgruppe (alle am Prozess beteiligten Mitarbeitenden) geschult werden, was gleichzeitig einen höheren Aufwand bedeutet (Depenbusch et al., 2024). Eine weitere Herausforderung ist, dass VR-Umgebungen aufgrund ihrer speziellen Hardware noch immer ortsgebunden sind und nur in bestimmten Räumlichkeiten genutzt werden können (Müller et al., 2022). Dies stellt insbesondere für KMU eine Herausforderung dar, da sie ein flexibles Tagesgeschäft aufweisen und ihre Mitarbeitenden nicht für einen langen Zeitraum freistellen können (Depenbusch et al., 2024).

Als Alternative könnten VR-basierte Avatarvideos (VRA-Videos) erstellt werden (Depenbusch et al., 2024). Dabei werden Avatar-Handlungssequenzen in VR-Umgebungen (welche die Arbeitsumgebungen der Mitarbeitenden im dreidimensionalen Raum simulieren) aufgenommen und anschließend in ein zweidimensionales (2D) Videoformat überführt. Erste Studien haben bereits verdeutlicht, dass Videos genauso lernförderlich sein können wie VR-Umgebungen (Grassini, Laumann & Rasmussen Skogstad, 2020; Holopainen et al., 2020; Kulke & Pasqualetto, 2024). Da VRA-Videos zudem dieselben Visualisierungen enthalten, die auch in entsprechenden immersiven Umgebungen beim Prozesstraining gezeigt würden, erweisen sich VRA-Videos möglicherweise ebenfalls als vorteilhaft für die Förderung des Prozessverständnisses und die Erhöhung der Lernmotivation.

Trotz der genannten Potenziale kann auch der Einsatz von VRA-Videos wiederum kritisch betrachtet werden. Aus bestehenden Forschungsarbeiten geht hervor, dass ähnliche wie im VRA-Video enthaltene Visualisierungen (z. B. animierte VR-Avatare) zu einer hohen kognitiven Belastung führen können (Scheiter, Gerjets, Huk, Imhof & Kammerer, 2009; Um, Plass, Hayward & Homer, 2012). Aus dieser kritischen Perspektive würden vermutlich abs-

trakte und statische Visualisierungen bzw. Videos für das Prozesstraining bevorzugt werden (vgl. Scheiter et al., 2009). Bislang sind im aktuellen Stand der Forschung jedoch noch keine einschlägigen empirischen Studien vorzufinden, welche die Eignung eines VRA-Videos im Vergleich zu einem abstrakten und statischen Video (z. B. einem Voice-over-Slides-Video) untersuchen und dabei konkret Bezug auf das Prozessverständnis und die Lernmotivation nehmen. Somit besteht in diesem Zusammenhang ein Forschungsbedarf (Forschungsdesiderat 3).

Die beschriebenen Forschungsdesiderate (vgl. Kapitel 1.2 und Kapitel 1.3) werden in der vorliegenden Dissertation im Rahmen von drei Teilstudien adressiert. Die Durchführung der Teilstudien erfolgte im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojekts „SoDigital“⁶. In diesem Projekt wurden Arbeitsprozesse in drei KMU mithilfe von VR-Umgebungen sowie unter Beteiligung von Mitarbeitenden und Führungskräften digitalisiert (vgl. Müller et al., 2023). Dabei wurde die bereits erläuterte sozio-digitale Perspektive eingenommen (Müller et al., 2023). Der Fokus dieser Dissertation liegt auf dem sozialen Teilsystem, d. h. insbesondere der prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung (PKOM) sowie der Förderung des Prozessverständnisses und der Lernmotivation von Mitarbeitenden im Kontext betrieblicher Prozesstrainings.

1.4. Ziele und Vorgehen der Arbeit

Mit Blick auf die beschriebenen Forschungsdesiderate liegt ein wesentliches Ziel in der Entwicklung eines verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens (zunächst ohne Bezugnahme auf die VR-Umgebung). Dieses Vorgehen soll eine prospektive und prozessbezogene Erfassung von Kompetenzanforderungen unter Einbindung von Mitarbeitenden und Führungskräften ermöglichen. Auf diese Weise soll eine frühzeitige Ableitung von Kompetenzentwicklungsbedarfen in digitalisierten Arbeitsprozessen unterstützt werden. Das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen dient zudem als konzeptionelle Grundlage und Vergleichsreferenz für die Durchführung der PKOM in einer VR-Umgebung.

Zur Konzeption des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens werden in Teilstudie 1 bewährte Zugänge und Methoden der Kompetenzmodellierung sowie der psychologischen Anforderungsanalyse in Bezug auf den prospektiven und prozessbezogenen Analysefokus adaptiert. Das resultierende PKOM-Vorgehen untergliedert sich in eine gegenwartsbezogene und

⁶ Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „sozio-digitale Innovation durch partizipative Prozessgestaltung im virtuellen Raum“ („SoDigital“) wurde im Rahmen des Programms „Zukunft der Arbeit“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Europäischen Sozialfonds (ESF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

in eine zukunftsbezogene Analysephase. Beide Analysephasen werden im Rahmen von Experteninterviews mit Mitarbeitenden und Führungskräften der am Projekt SoDigital beteiligten KMU durchgeführt (N = 18 Interviews). In der *gegenwartsbezogenen* Analysephase werden zunächst die Kompetenzanforderungen in den gegenwärtigen Arbeitsprozessen der KMU (als Vergleichsbasis) ermittelt. Die ermittelten Kompetenzanforderungen werden in prozessbezogene Kompetenzmodelle überführt. Diese Modelle bilden ab, welche Kompetenzen bei den *gegenwärtigen* Prozessschritten der KMU gefordert werden. In der *zukunftsbezogenen* Analysephase hingegen werden die Kompetenzanforderungen in den zukünftigen bzw. digitalisierten Arbeitsprozessen der KMU bestimmt. Auch hier erfolgt im Anschluss die Erstellung von prozessbezogenen Kompetenzmodellen. Diese führen nun die bei den *zukünftigen bzw. digitalisierten* Prozessschritten geforderten Kompetenzen auf (vgl. Depenbusch et al., 2021).

In den gegenwarts- und zukunftsbezogenen Analysephasen des PKOM-Vorgehens werden dieselben Befragungs- und Begleitinstrumente eingesetzt. Neben einem Interviewleitfaden handelt es sich dabei um ein generisches Kompetenzinventar (mit tätigkeitsübergreifenden Kompetenzanforderungen) und einen Einschätzungsbogen zur Bewertung der Arbeitsgestaltungsmerkmale in den Prozessen der KMU. Um während der PKOM einen durchgängigen Prozessbezug zu gewährleisten, werden den Interviewten papierbasierte Prozessmodelle als Orientierungsgrundlage zur Verfügung gestellt⁷.

Die im Rahmen der verallgemeinerbaren PKOM entwickelten prozessbezogenen Kompetenzmodelle werden anschließend genutzt, um Kompetenzentwicklungsbedarfe der Mitarbeitenden in den KMU abzuleiten. Im Fokus stehen dabei die Entwicklungsbedarfe individueller Mitarbeitender sowie prozessbeteiligter Mitarbeitendengruppen (d. h. alle an den jeweils digitalisierten Prozessen der KMU beteiligten Mitarbeitenden). Zur Bestimmung der Entwicklungsbedarfe *individueller Mitarbeitender* werden die in den prozessbezogenen Kompetenzmodellen aufgeführten Soll-Kompetenzausprägungsgrade mit den Ist-Kompetenzausprägungsgraden der jeweiligen Mitarbeitenden verglichen. Um die Entwicklungsbedarfe *prozessbeteiligter Mitarbeitendengruppen* festzustellen, werden auf Basis ihrer prozessbezogenen Kompetenzmodelle die prozentualen Häufigkeiten berechnet, mit denen verschiedene Kompetenzdimensionen im betrachteten Arbeitsprozess gefordert werden. Hohe Kompetenzhäufigkeiten deuten auf die Wichtigkeit der jeweiligen Kompetenzdimension und

⁷ Trotz der bereits geäußerten Kritik hinsichtlich des hohen Abstraktionsgrads von (papierbasierten) 2D-Prozessmodellen werden diese im Rahmen der verallgemeinerbaren PKOM verwendet. Dadurch soll eine Vergleichsreferenz zu dem später entwickelten VR-basierten PKOM-Vorgehen geschaffen werden. Auf dieser Grundlage können dann mögliche Vorteile (oder Herausforderungen) von VR-Umgebungen für die Durchführung der PKOM identifiziert werden.

somit auf mögliche Kompetenzentwicklungsbedarfe hin. Eine detaillierte Erörterung der Bestimmung der Kompetenzentwicklungsbedarfe erfolgt in Kapitel 5.1.2.

Ein weiteres Ziel dieser Dissertation liegt in der Konzeption eines VR-basierten PKOM-Vorgehens auf Grundlage des zuvor entwickelten verallgemeinerbaren PKOM-Verfahrens. Anhand der in der VR-Umgebung identifizierten Kompetenzanforderungen sollen ebenfalls die Kompetenzentwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitender sowie prozessbeteiligter Mitarbeitendengruppen abgeleitet werden. Ein weiteres Ziel ist es, die potenziellen Vorteile und Herausforderungen des Einsatzes von VR-Umgebungen bei der PKOM zu identifizieren.

Um diese Ziele zu erreichen, wird in Teilstudie 2 ein VR-basiertes PKOM-Vorgehen auf Grundlage des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens (Teilstudie 1) entwickelt. Das VR-basierte PKOM-Vorgehen wird ebenfalls im Rahmen von Experteninterviews mit Mitarbeitenden und Führungskräften der KMU (N = 9 Interviews) durchgeführt und erprobt. Im Rahmen der Interviews begeben sich die Mitarbeitenden und Führungskräfte mithilfe eines Head-Mounted Displays in eine VR-Umgebung. Diese simuliert die Arbeitsumgebung der Mitarbeitenden bzw. Führungskräfte im dreidimensionalen Raum. Die Prozessmodelle der digitalisierten Arbeitsprozesse werden in diesen Umgebungen visualisiert. Das bereits bei der verallgemeinerbaren PKOM (Teilstudie 1) als Begleitinstrument eingesetzte generische Kompetenzinventar wird an jedem dargestellten Prozessschritt in der VR-Umgebung abgebildet. So können die Mitarbeitenden mit Hilfe eines VR-Controllers aus dem generischen Kompetenzinventar die für den jeweiligen Prozessschritt erforderlichen Kompetenzdimensionen auswählen. Auf diese Weise werden Mitarbeitende und Führungskräfte in die Lage versetzt, eigenständig prozessbezogene Kompetenzmodelle zu erstellen. Die resultierenden Modelle zeigen auf, welche Kompetenzen bei den zukünftigen bzw. digitalisierten Prozessschritten der KMU gefordert werden. Die Ableitung der Kompetenzentwicklungsbedarfe *einzelner Mitarbeitender* sowie der *prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppen* erfolgt auf eine ähnliche Art und Weise wie in Teilstudie 1. Die konkreten Vorgehensweisen werden in Kapitel 5.2.2 erläutert.

Im Anschluss an die Erprobung des VR-basierten PKOM-Vorgehens werden Vorteile und Herausforderungen analysiert, die mit dem Einsatz von VR-Umgebungen bei der PKOM verbunden sind. Zu diesem Zweck wird im ersten Schritt ein Vergleich der aus dem verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehen (Teilstudie 1) und der aus dem VR-basierten PKOM-Vorgehen (Teilstudie 2) resultierenden prozessbezogenen Kompetenzmodelle durchgeführt. Gegenstand des Vergleichs ist der Detailgrad der prozessbezogenen Modelle. Dieser bezieht sich auf die Anzahl der darin aufgeführten Kompetenzdimensionen (vgl. Depenbusch et al.,

2023). Ein höherer Detailgrad wird als Indikator dafür erachtet, dass eine umfassendere Identifikation geforderter Kompetenzdimensionen und somit eine präzisere Bestimmung von Kompetenzentwicklungsbedarfen anhand des entsprechenden PKOM-Vorgehens möglich ist. Weisen die mit der VR-basierten PKOM erstellten Kompetenzmodelle somit einen höheren Detailgrad als die Modelle der verallgemeinerbaren PKOM auf, wird dies als erster Hinweis für die möglichen Vorteile von VR-Umgebungen für die Umsetzung einer prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung angesehen. Ergänzend zu diesem Vergleich werden konkrete (System-)Eigenschaften der VR-Umgebungen abgeleitet (z. B. Immersionsgrad und induzierte Präsenz), die sich potenziell als vorteilhaft oder herausfordernd für die Durchführung der PKOM erweisen.

Schließlich soll in Teilstudie 3 untersucht werden, ob sich ein VR-basiertes Avatarvideo (VRA-Video) besser zur Förderung des Prozessverständnisses und der Lernmotivation eignet als ein abstraktes und statisches Voice-over-Slides-Video (VOS-Video). Um dieses Ziel zu erreichen, werden die bei der VR-basierten PKOM (Teilstudie 2) eingesetzten VR-Umgebungen (virtuelle Nachbildungen der Unternehmensumgebungen der KMU) genutzt, um VR-basierte Avatar-Videos (VRA-Videos) zu erstellen. Zu diesem Zweck werden in den VR-Umgebungen Handlungssequenzen eines VR-Avatars aufgenommen, der die praktische Ausführung der digitalisierten Prozessschritte in den KMU simuliert. Im VOS-Video hingegen werden die digitalisierten Prozessschritte anhand von statischen Präsentationsfolien (z. B. erstellt in PowerPoint) vermittelt. Teilstudie 3 vergleicht die VRA- und VOS-Videos, die für einen Glasfachbetrieb – ein am Projekt SoDigital beteiligtes KMU – erstellt wurden. Die Videos präsentieren den im Rahmen des Projekts digitalisierten Lager- und Bestellprozess des Glasfachbetriebs. Die vergleichende Analyse der VRA- und VOS-Videos wird im Rahmen eines online-gestützten Experiments durchgeführt (N = 121 Proband*innen). Die potenziellen Unterschiede zwischen den VRA- und VOS-Videos im Hinblick auf die Förderung des Prozessverständnisses und der Lernmotivation werden anhand einer einfaktoriellen ANOVA analysiert.

1.5. Aufbau der Arbeit

Im Rahmen von Kapitel 2 wird zunächst der Begriff der Digitalisierung definiert. Dabei wird zudem auf verschiedene Ebenen von Digitalisierungsvorhaben eingegangen. In Kapitel 3 werden die theoretisch-konzeptionellen Grundlagen für die Entwicklung und Erprobung der in den Teilstudien 1 und 2 konzipierten PKOM-Verfahrensweisen vorgestellt. Dabei werden verschiedene Typen von Kompetenzen sowie Zugänge zur Kompetenzmodellierung und zur

psychologischen Anforderungsanalyse beschrieben. Anschließend werden bestehende prospektive und prozessbezogene Ansätze der Kompetenzmodellierung präsentiert, die als Orientierungsgrundlage für die Konzipierung der PKOM-Verfahren (Teilstudien 1 und 2) dienen. Daraufhin wird in den Themenbereich der Virtual Reality eingeführt. In diesem Rahmen werden charakteristische Eigenschaften von VR-Umgebungen vorgestellt. Anschließend werden relevante Akzeptanzmodelle und -konzepte erläutert. Diese geben Aufschluss darüber, welche VR-Eigenschaften die Nutzerakzeptanz von VR-Umgebungen beeinflussen und sich entweder als potenzielle Vorteile oder Herausforderungen für die PKOM erweisen könnten.

Im Rahmen von Kapitel 4 werden die theoretischen und empirischen Grundlagen zum videogestützten Prozesstraining vorgestellt. Zu Beginn werden Designelemente beschrieben, anhand derer sich die Visualisierungen in den VRA- und VOS-Videos charakterisieren lassen. Daraufhin werden theoretische Konzepte und Modelle erläutert, anhand derer die Wirkungen der VRA- und VOS-Videos auf das Prozessverständnis und die Lernmotivation der Mitarbeitenden beschrieben werden können. Zuletzt werden verschiedene Studien vorgestellt, die entsprechende Wirkungen empirisch untersuchten. In Kapitel 5 werden die drei Teilstudien der vorliegenden Dissertation beschrieben. Dabei werden die Forschungsfragen, die zur Beantwortung dieser Fragen eingesetzten Methoden bzw. Vorgehensweisen sowie die Ergebnisse erläutert. Im Rahmen von Kapitel 6 erfolgt eine zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Ergebnisse der drei Teilstudien. Dabei wird zudem der Beitrag der Studien zum aktuellen Stand der Forschung erläutert. Weiterhin werden Limitationen der Teilstudien sowie Implikationen für die Forschung und Praxis aufgeführt. In Kapitel 7 wird ein abschließendes Fazit präsentiert.

2. Verschiedene Ebenen der Digitalisierung

Der Begriff Digitalisierung⁸ wird vielfach verwendet und dabei ganz unterschiedlich verstanden (Harwardt, 2022). Digitalisierung im engeren Sinne bezeichnet die Umwandlung von analogen Daten in digitale Daten (Botzkowski, 2018; Harwardt, 2022). Digitalisierung im weiteren Sinne hingegen meint die „partielle oder totale Transformation von Geschäftsmodellen unter Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien mit dem Ziel der Wertschöpfung“ (Botzkowski, 2018, S. 24).

Zwischen den beiden genannten Auffassungen von Digitalisierung (als Extrempole) lassen sich in Anlehnung an Müller et al. (2022) verschiedene Ebenen der Digitalisierung unterscheiden (vgl. Abbildung 1). Die unterste Ebene bezieht sich auf den Aufbau und die Flexibilisierung der IT-Infrastruktur in bestehenden Arbeitsprozessen. In diesem Rahmen werden neue digitale Technologien (z. B. Informations- und Kommunikationstechnologien, IKT) implementiert oder bereits vorhandene digitale Systeme miteinander verknüpft und synchronisiert (Müller et al., 2022). Darauf aufbauend kann eine Optimierung der Erzeugung und Nutzung digitaler Daten vorgenommen werden. Dazu werden bestehende Arbeitsprozesse hinsichtlich der bislang erzeugten digitalen Daten analysiert, um abzuleiten, wie diese Daten besser nutzbar gemacht werden können (Müller et al., 2022). Die beiden oberen Ebenen der Digitalisierung hingegen umfassen Digitalisierungsvorhaben, die durch eine stärkere strategische Ausrichtung geprägt sind (Müller et al., 2022). Einerseits beziehen sie sich auf die Digitalisierung der im Unternehmen angebotenen Produkte und/oder Dienstleistungen und andererseits auf die Entwicklung neuer digitaler Geschäftsmodelle (Müller et al., 2022).

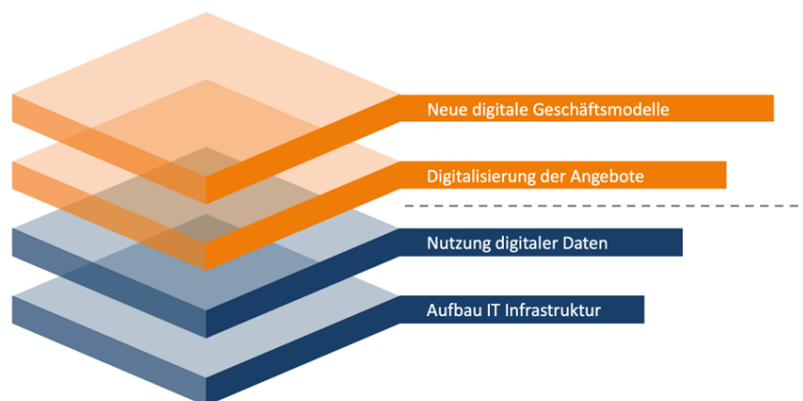


Abbildung 1: Verschiedene Ebenen der Digitalisierung (Müller et al., 2022, S. 34)

⁸ In der vorliegenden Arbeit werden die Begriffe Digitalisierung und digitale Prozessneugestaltung synonym verwendet.

Mit Blick auf die Besonderheiten von KMU befinden sich die Digitalisierungspotenziale insbesondere auf den beiden unteren Ebenen der Digitalisierung (Müller et al., 2022; Müller et al., 2023). Wie bereits angedeutet, werden Absprachen in KMU noch häufig analog (z. B. mündlich oder mittels Zettel und Stift) getroffen oder bestehende digitale Systeme sind noch nicht miteinander vernetzt (Müller et al., 2023). Aus diesem Grund ist es zunächst von Bedeutung, den Aufbau und die Flexibilisierung einer umfassenden IT-Infrastruktur (unterste Ebene der Digitalisierung) zu realisieren. Darauf aufbauend kann die Nutzbarkeit der im Arbeitsprozess generierten Daten optimiert werden (Müller et al., 2022; Müller et al., 2023).

Einordnung in den konzeptionellen Kontext

Zusammenfassend kann der Begriff Digitalisierung vielfältig verstanden werden (vgl. Harwardt, 2022). In der vorliegenden Arbeit wird dem Begriff Digitalisierung ein Kontinuum zugrunde gelegt, das durch die beiden genannten Auffassungen von Digitalisierung im engeren und weiteren Sinne begrenzt wird. Innerhalb dieses Kontinuums werden in Anlehnung an Müller et al. (2022) und Müller et al. (2023) verschiedene Ebenen der Digitalisierung unterschieden. Geht es um Digitalisierungsvorhaben in KMU, wird insbesondere auf die beiden unteren Ebenen von Digitalisierung (d. h. den Aufbau einer IT-Infrastruktur und die Nutzung digitaler Daten) Bezug genommen. Auch im Projekt SoDigital standen die beiden unteren Ebenen als niedrigschwellige Digitalisierungsmaßnahmen im Mittelpunkt.

In KMU 1, einem Glasfachbetrieb, wurde der Lager- und Bestellprozess digitalisiert. In diesem Kontext wurden ein digitales Bestandsmanagementsystem und digitale Handscanner implementiert. Mithilfe des digitalen Bestandsmanagementsystems können die Bestände an Basisglas, Warenein- und -ausgänge sowie verfügbare Lagerplätze in Echtzeit dokumentiert und eingesehen werden. Um entsprechende Bestandsinformationen an das Bestandsmanagementsystem zu senden, werden die Barcodes der Glaswaren (bzw. der Kisten, in denen sich die Glaswaren befinden) mittels Handscanner eingescannt. Die Produktinformationen werden dann automatisch an das digitale Bestandsmanagementsystem übermittelt. Auf diese Weise können Warenein- und -ausgänge sowie die Bestellungen neuer Glasware vorausschauend geplant und umgesetzt werden (vgl. Müller et al., 2023).

In KMU 2, einem Stahlbetrieb, wurde der Serienschweißprozess digitalisiert. In diesem Rahmen erfolgte die Implementierung digitaler Tablets. Auf diese Weise kann die interne Kommunikation der am Serienschweißprozess beteiligten Mitarbeitenden unterstützt und transparent gestaltet werden. Im Stahlbetrieb sollen insbesondere der aktuelle Arbeitsstand bei den Prozessschritten (z. B. Kontrolle und Rüsten des Schweißroboters, Starten des Schweiß-

vorgangs) in Echtzeit dokumentiert werden. Darüber hinaus sollen Produkt-/Maschinenfehler über das Tablet gemeldet werden (vgl. Müller et al., 2023).

In KMU 3, einem Waffelfabrikant, wurde der Qualitätskontrollprozess digitalisiert. In diesem Kontext wurden ebenfalls digitale Tablets implementiert. Die Tablets werden von den Mitarbeitenden der Qualitätskontrolle genutzt, um gemessene Produktparameter (z. B. Länge und Gewicht der Waffeln) in Echtzeit zu dokumentieren und auszuwerten. Die eingetragenen Parameter werden durch das System automatisch mit den zu erreichenden Soll-Parameterwerten verglichen. Bei einer Überschreitung der Toleranzgrenzen gibt das System eine Fehlermeldung aus. Auf diese Weise können Produktionsfehler schnell erkannt und minimiert werden (vgl. Müller et al., 2023).

Die beschriebenen Digitalisierungsvorhaben der KMU stellen die Anwendungsbeispiele der vorliegenden Dissertation bzw. der drei Teilstudien dar (vgl. Müller et al., 2023). Da sich durch die Digitalisierung der Arbeitsprozesse die Arbeitsaufgaben der Mitarbeitenden verändern, entstehen neue bzw. veränderte Kompetenzanforderungen. Um diese frühzeitig zu erfassen und Kompetenzentwicklungsbedarfe abzuleiten, werden in dieser Dissertation Verfahren zur prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung entwickelt.

3. Prospektive und prozessbezogene Kompetenzmodellierung (PKOM) in VR-Umgebungen

Ziel der Kompetenzmodellierung ist es, die zur erfolgreichen Ausführung betrieblicher Aufgaben und Positionen geforderten Kompetenzen zu identifizieren und zu beschreiben (Schaper, 2009; Shippmann et al., 2000). Um zukünftige Kompetenzanforderungen in digitalisierten Arbeitsprozessen bereits vor Umsetzung der Digitalisierungsvorhaben (prospektiv) sowie in Bezug auf konkrete Prozessschritte (prozessbezogen) zu identifizieren, wird in dieser Dissertation ein verallgemeinerbares PKOM-Vorgehen entwickelt. Auf Grundlage der daraus resultierenden prozessbezogenen Kompetenzmodelle können Kompetenzentwicklungsbedarfe frühzeitig abgeleitet und adressiert werden (vgl. Depenbusch et al., 2021). Das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen basiert auf bewährten Zugängen und Methoden der Kompetenzmodellierung sowie der psychologischen Anforderungsanalyse. Die Verfahren und Methoden werden mit Blick auf den prospektiven und prozessbezogenen Analysefokus adaptiert. Das resultierende, verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen dient als konzeptionelle Grundlage und Vergleichsreferenz für die spätere Durchführung der PKOM in einer VR-Umgebung.

VR-Umgebungen bieten besondere Möglichkeiten für die Durchführung der PKOM sowie die Einbindung der Mitarbeitenden und Führungskräfte als Kompetenzmodellierer*innen (Depenbusch et al., 2023). Aufgrund des Neuigkeitsgehalts von VR-Umgebungen können jedoch auch Herausforderungen, wie eine anfängliche Skepsis oder eine mangelnde Nutzerakzeptanz aufseiten der Mitarbeitenden, entstehen (vgl. Fussel & Truong, 2022; Müller et al., 2022). Vor diesem Hintergrund werden in der vorliegenden Arbeit neben möglichen Vorteilen auch potenzielle Herausforderungen in Bezug auf den Einsatz von VR-Umgebungen bei der PKOM analysiert. Dies erfolgt auf Grundlage von VR-spezifischen Akzeptanzkriterien. Darunter werden spezifische Eigenschaften von VR-Umgebungen (z. B. Immersion oder Interaktivität) verstanden, welche die Akzeptanz der Mitarbeitenden gegenüber der Nutzung von VR-Umgebungen prägen und sich bei angemessener Ausprägung zugleich als vorteilhaft erweisen bzw. die Nutzung der VR-Umgebungen im jeweiligen Anwendungskontext (hier: die PKOM) fördern. Nicht adäquat erfüllte Akzeptanzkriterien deuteten hingegen auf potenzielle Herausforderungen beim Einsatz von VR-Umgebungen im entsprechenden Anwendungskontext (hier: die PKOM) hin (vgl. Depenbusch et al., 2023).

In den nachfolgenden Kapiteln werden zunächst der Kompetenzbegriff sowie verschiedene Zugänge und Methoden der Kompetenzmodellierung sowie der psychologischen Anforderungsanalyse vorgestellt, die den PKOM-Verfahren (Teilstudien 1 und 2) zugrunde liegen.

3.1. Kompetenzen

Kompetenzen befähigen Mitarbeitende und Führungskräfte zur selbstorganisierten und kreativen Bewältigung beruflicher Situationen (Kauffeld & Grote, 2019). Dabei sind sie als Handlungsvoraussetzungen zu verstehen, die erst im Handlungsvollzug sichtbar werden (Kauffeld & Grote, 2019; Paulsen & Kauffeld, 2019). Bei Kompetenzen handelt es sich um multimodale Konstrukte, insofern sie das *Wissen, die Fähigkeiten, Fertigkeiten sowie motivational-emotionale Aspekte* des menschlichen Arbeitshandelns umfassen (Paulsen & Kauffeld, 2019). Das Wissen (engl. „knowledge“) bezieht sich einerseits auf das für die berufliche Tätigkeit notwendige Faktenwissen (z. B. Warenkunde, Maschinenkenntnisse) und andererseits auf das geforderte Handlungswissen (d. h. Kenntnisse über Arbeitsabläufe und Verfahren) (Blickle, 2019; Marcus, 2011). Fähigkeiten (engl. „skills“) können als relativ überdauernde Potenziale und grundlegende Dispositionen einer Person beschrieben werden, die zur erfolgreichen Ausübung einer Tätigkeit erforderlich sind (z. B. kognitive oder psychomotorische Fähigkeiten) (Marcus, 2011). Fertigkeiten (engl. „abilities“) beziehen sich auf den Grad der praktischen Beherrschung bestimmter Arbeitshandlungen (z. B. das Einrichten von Maschinen, ein Schreibprogramm bedienen) (Blickle, 2019; Marcus, 2011). Fertigkeiten setzen neben der erfahrungsbasierten Einübung von Arbeitshandlungen auch das bereits erwähnte Handlungswissen voraus (Marcus, 2011). Zu den motivational-emotionalen Aspekten gehören schließlich Interessen (z. B. Interesse am Kontakt mit Menschen) und Motive (z. B. das Leistungsmotiv), die das Arbeitshandeln einer Person prägen (Blickle, 2019).

In der Literatur wird zur Beschreibung kompetenten beruflichen Handelns insbesondere das Konzept der beruflichen Handlungskompetenz herangezogen (Kauffeld & Grote, 2019; Sonntag & Schaper, 2006). Übereinstimmend mit den bereits dargelegten Definitionen des Kompetenzbegriffs, umfasst die berufliche Handlungskompetenz eine ganzheitliche Sichtweise auf die menschliche Tätigkeit in einem sozialen Umfeld (Sonntag & Schaper, 2006). Beruflich kompetent Handelnde sind demnach in der Lage, ihre Handlungen „(...) zielgerichtet und weitgehend selbstorganisiert umzusetzen, gestützt auf fachliches und methodisches Wissen, auf Erfahrung und Expertise sowie unter Nutzung kommunikativer und kooperativer Möglichkeiten“ (Sonntag & Schaper, 2006, S. 370). Sowohl in der Forschung als auch in der Praxis hat sich die Unterteilung der beruflichen Handlungskompetenz in die Bereiche (1) Fachkompetenz, (2) Methodenkompetenz, (3) Sozialkompetenz und (4) Selbstkompetenz etabliert (Kauffeld & Grote, 2019; Schaper, 2019; Sonntag & Schaper, 2006). Der Bereich Fachkompetenz beinhaltet Fertigkeiten und Kenntnisse, die für die erfolgreiche Ausführung beruflicher Aufgaben erforderlich sind (z. B. Wissen und Fertigkeiten zur Prüfung von Produktparamete-

tern) (vgl. Schaper, 2019). Der Bereich Methodenkompetenz umfasst kognitive und metakognitive Fähigkeiten (z. B. Problemlösung, Entscheidungsfindung), die situationsübergreifend eingesetzt werden können und zur eigenständigen Durchführung komplexer Arbeitsaufgaben (z. B. Störungssuche an Fertigungsmaschinen) dienen (Schaper, 2019). Der Bereich Sozialkompetenz bezieht sich auf Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, die das zielorientierte Handeln in sozialen Interaktionssituationen unterstützen (z. B. Kommunikationsfähigkeit und Kooperation bei Verkaufsgesprächen) (Kauffeld & Grote, 2019; Schaper, 2019). Der Bereich Selbstkompetenz beinhaltet einerseits verschiedene Dispositionen (z. B. Einstellungen, Werthaltungen und Motive), die das Arbeitshandeln einer Person beeinflussen und andererseits Fähigkeiten zur eigenständigen Steuerung des Arbeitshandelns (z. B. Lernfähigkeit) (Schaper, 2019).

In der aktuellen Situation gewinnt darüber hinaus die digitale Kompetenz an Bedeutung und wird zusätzlich zu den genannten Kompetenzbereichen betrachtet (z. B. Blumberg & Kauffeld, 2021). Die digitale Kompetenz bezieht sich auf die Gesamtheit der Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten, Einstellungen und Strategien, die erforderlich sind, um IKT und digitale Medien für die Erledigung von Aufgaben, das Lösen von Problemen, die Kommunikation sowie das Erzeugen und Verwalten von digitalen Informationen und Daten zu nutzen (Ferrari, Punie & Redecker, 2012).

Einordnung der vorliegenden Arbeit in den konzeptionellen Kontext

Zusammenfassend beinhalten Kompetenzen (als multimodales Konstrukt) Wissen, Fertigkeiten, Fähigkeiten und motivational-emotionale Aspekte, die es den Mitarbeitenden ermöglichen, berufliche Situationen (erfolgreich) zu bewältigen (Paulsen & Kauffeld, 2019). Ein ähnlich umfassendes Verständnis liegt auch der beruflichen Handlungskompetenz zugrunde (vgl. Sonntag & Schaper, 2006). Sie bezieht sich auf die Fähigkeit, berufliche Handlungen unter Einsatz von Fach- und Methodenwissen sowie unter Nutzung kommunikativer und kooperativer Möglichkeiten selbstorganisiert umzusetzen (Sonntag & Schaper, 2006). In der Literatur wird die berufliche Handlungskompetenz in die Bereiche Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz untergliedert (Sonntag & Schaper, 2006). Darüber hinaus wird in der aktuellen Situation insbesondere die digitale Kompetenz als zusätzlicher Kompetenzbereich betrachtet (z. B. Blumberg & Kauffeld, 2021). Die digitale Kompetenz umfasst unter anderem Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, um IKT zur erfolgreichen Bewältigung von Aufgaben, zur Problemlösung oder zur Kommunikation einzusetzen (Ferrari et al., 2012).

Die beschriebenen Kompetenzdefinitionen und -konzepte liegen auch den PKOM-Verfahren der vorliegenden Arbeit (Teilstudien 1 und 2) zugrunde. Ziel der Verfahren ist es,

die in den digitalisierten Arbeitsprozessen der KMU geforderten Fachkompetenzen, Methodenkompetenzen, Sozialkompetenzen, Selbstkompetenzen und digitale Kompetenzen zu erfassen und darauf aufbauend Kompetenzentwicklungsbedarfe abzuleiten (vgl. Depenbusch et al., 2021; Depenbusch et al., 2023).

3.2. Konzeption und Beispiele von Kompetenzmodellen

Kompetenzanforderungen lassen sich anhand verschiedener Dimensionen strukturieren und beschreiben (Gessler & Sebe-Opfermann, 2016). Für eine entsprechende Strukturierung werden oftmals Kompetenzmodelle verwendet (vgl. Campion, Fink, Ruggeberg, Carr, Phillips & Odman, 2011; Gessler & Sebe-Opfermann, 2016). Zumeist sind Kompetenzmodelle in verschiedene inhaltliche bzw. hierarchische Ebenen untergliedert (Krumm, Mertin & Dries, 2012). Auf der oberen Ebene sind die Kompetenzbereiche (die auch als Kompetenzcluster bezeichnet werden, vgl. Paulsen & Kauffeld, 2019) aufgeführt. Die Kompetenzbereiche strukturieren das Kompetenzmodell zunächst auf einer übergeordneten, inhaltlichen Ebene (Krumm et al., 2012). Im beruflichen bzw. arbeitsbezogenen Kontext werden für eine übergeordnete Strukturierung oftmals die Bereiche der beruflichen Handlungskompetenz oder ähnliche Kompetenzbereiche herangezogen (z. B. Heyse, 2007; Heyse, 2010; Schall & Howe, 2024). Auf der Ebene unter den Kompetenzbereichen werden die zu diesen Bereichen gehörenden Kompetenzdimensionen aufgeführt (z. B. analytische Fähigkeiten, Heyse, 2007). Die Kompetenzdimensionen werden auf einer weiteren (darunterliegenden) Ebene anhand von Kompetenzfacetten (Verhaltensindikatoren) ausdifferenziert (z. B. „beherrscht Methoden des abstrakten Denkens und kann sich klar ausdrücken“, Heyse, 2007, S. 34).

Die in Kompetenzmodellen aufgeführten Kompetenzdimensionen und -facetten lassen sich anhand von Kompetenzniveaustufen – in der vorliegenden Arbeit als Soll-Kompetenzausprägungsgrade bezeichnet – quantifizieren (Paulsen & Kauffeld, 2019). Eine einfache Variante zur Festlegung von Soll-Kompetenzausprägungsgraden ist die Definition eines Einstufungsschlüssels (Decius & Schaper, 2021; Paulsen & Kauffeld, 2019). Einstufungsschlüssel können verschiedene Bewertungsaspekte umfassen, wie den erforderlichen Kenntnis- bzw. Beherrschungsgrad einer Kompetenz oder die Häufigkeit, mit der eine Kompetenz gefordert wird (Decius & Schaper, 2017; Decius & Schaper, 2021).

In der Regel sind Kompetenzmodelle *organisationsspezifisch* konzipiert, d. h. sie führen die Kompetenzanforderungen auf, die zur effektiven Leistungserbringung in einer (spezifischen) Organisation erforderlich sind (Depenbusch et al., 2021; Kauffeld & Grote, 2019). Daneben gibt es *generische* Kompetenzmodelle, die organisationsübergreifend eingesetzt

werden können (Gessler & Sebe-Opfermann, 2016; Krumm et al., 2012; Soderquist, Papalexandris, Ioannou & Prastacos, 2010). Generische Kompetenzmodelle werden jedoch häufig als Grundlage für die Ableitung organisationsspezifischer Kompetenzanforderungen genutzt (vgl. Campion et al., 2011; Mansfield, 1996). Dadurch kann die Kompetenzbestimmung nicht nur schnell, sondern auch strukturiert bzw. systematisch erfolgen (vgl. Campion et al., 2011).

Um die Kompetenzanforderungen in zukünftigen bzw. digitalisierten Arbeitsprozessen zu identifizieren und zu beschreiben, werden in der vorliegenden Arbeit der Kompetenzatlas nach Heyse (2007, 2010), das Kompetenzreflexionsinventar nach Kauffeld (2021) und der Europäische Referenzrahmen für digitale Kompetenzen (DigComp 2.1, Carretero et al., 2017) als bedeutsam erachtet (vgl. Depenbusch et al., 2021; Depenbusch et al., 2023). Es handelt sich dabei um sowohl in der Forschung als auch in der Praxis bewährte Kompetenzmodelle bzw. -messinstrumente.

Der Kompetenzatlas von Heyse (2007; 2010) umfasst ähnliche wie im Rahmen der beruflichen Handlungskompetenz betrachtete Kompetenzbereiche. Dazu gehören die personale Kompetenz, die Aktivitäts- und Handlungskompetenz, die sozial-kommunikative Kompetenz sowie die Fach- und Methodenkompetenz (Heyse, 2007; Heyse, 2010). Der Kompetenzatlas zeichnet sich dadurch aus, dass die genannten Kompetenzbereiche nicht isoliert voneinander betrachtet werden, sondern auch Kompetenzkombinationen möglich sind (Heyse, 2007). Den Kompetenzbereichen des Kompetenzatlas sind wiederum 64 Kompetenzdimensionen zugeordnet. Der Bereich personale Kompetenz beinhaltet beispielsweise die Dimension Eigenverantwortung (z. B. gewissenhaftes und gründliches Arbeiten) (Heyse, 2007; Heyse, 2010). Dem Bereich Aktivitäts- und Handlungskompetenz ist unter anderem die Dimension Initiative (z. B. hohes Engagement bei der Durchführung von Arbeitsprozessen) zugeordnet (Heyse, 2007; Heyse, 2010). Der Bereich sozial-kommunikative Kompetenz umfasst beispielsweise die Dimension Kommunikationsfähigkeit (z. B. Zuhören und Eingehen auf Gesprächspartner*innen) (Heyse, 2007; Heyse, 2010). Der Bereich Fach- und Methodenkompetenz inkludiert unter anderem die Dimension Fachwissen (z. B. Besitzen von fachlichem und methodischem Detailwissen) (Heyse, 2007; Heyse, 2010).

Das Kompetenzreflexionsinventar (KRI) von Kauffeld (2010; 2021) folgt der traditionellen Untergliederung der beruflichen Handlungskompetenz in die Bereiche Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz. Die zu den Kompetenzbereichen zugehörigen Kompetenzdimensionen werden insgesamt anhand von 80 Items operationalisiert und dienen zur Selbstevaluation der beruflichen Handlungskompetenz (Kauffeld, 2010; Kauffeld, 2021). Die Fachkompetenz beinhaltet beispielsweise die Dimension konzeptionelles Denken (z. B. Anti-

zipieren möglicher Stolpersteine, Denken in der gesamten Prozesskette). Der Methodenkompetenz ist unter anderem die Dimension Planung zugeordnet (z. B. Setzen von Prioritäten, Einplanen der für umfangreiche Tätigkeiten erforderlichen Zeit). Die Sozialkompetenz umfasst beispielsweise die Dimension Positionierung des eigenen Standpunktes (z. B. sachliche Kritik üben) zugeordnet. Die Selbstkompetenz beinhaltet unter anderem die Dimension Verantwortungsübernahme (z. B. Übernahme der Verantwortung für Probleme) (Kauffeld, 2010; Kauffeld, 2021).

Der Europäische Referenzrahmen für digitale Kompetenzen bzw. „The Digital Competence Framework for Citizens“ (DigComp 2.1, Carretero, Vuorikari & Punie, 2017) untergliedert sich in fünf Bereiche. Der erste Bereich bezieht sich auf die Datenverarbeitung und -bewertung (Carretero et al., 2017; Petri & Krempkow, 2023). Darunter fallen die Recherche und das Filtern digitaler Daten sowie deren Evaluation (z. B. in Bezug auf deren inhaltliche Qualität und Passung zur Arbeitsaufgabe) (Carretero et al., 2017; Petri & Krempkow, 2023). Der zweite Bereich umfasst die Kommunikation und Zusammenarbeit. Dazu gehören der Austausch und die Zusammenarbeit mittels digitaler Technologien sowie die „Netiquette“, d. h. der respektvolle „digitale Umgang“ miteinander (Carretero et al., 2017; Petri & Krempkow, 2023). Der dritte Bereich beinhaltet das Erstellen digitaler Inhalte (Carretero et al., 2017; Petri & Krempkow, 2023). Dazu zählen die Generierung neuer digitaler Inhalte, die Integration und Strukturierung bestehender digitaler Inhalte (z. B. unter Berücksichtigung von Lizenzen und Copyrights) sowie die Programmierung (Carretero et al., 2017; Petri & Krempkow, 2023). Der vierte Bereich bezieht sich auf die Sicherheit bzw. den sicherheitsbewussten Umgang mit digitalen Technologien sowie den Schutz personenbezogener Daten (Carretero et al., 2017; Petri & Krempkow, 2023). Der fünfte Bereich umfasst schließlich die Problemlösung (Carretero et al., 2017; Petri & Krempkow, 2023). Dabei geht es einerseits um die Lösung technischer Probleme, die durch den Einsatz digitaler Technologien entstehen können (z. B. Beheben technischer Probleme) und andererseits um den kreativen Einsatz digitaler Technologien zur Problemlösung selbst (Carretero et al., 2017; Petri & Krempkow, 2023).

Einordnung der vorliegenden Arbeit in den konzeptionellen Kontext

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Kompetenzmodelle eine strukturierte und systematische Beschreibung von Kompetenzanforderungen ermöglichen (Campion et al., 2011; Gessler & Sebe-Opfermann, 2016). Dabei wird häufig eine Untergliederung in verschiedene hierarchische Ebenen vorgenommen (z. B. Paulsen & Kauffeld, 2019). Diese beziehen sich auf übergeordnete Kompetenzbereiche, die das Modell strukturieren, auf Kompetenzdimensionen, die den Kompetenzbereichen zugeordnet sind, sowie auf Kompetenzfacet-

ten, welche die Kompetenzdimensionen ausdifferenzieren (vgl. Krumm et al., 2012). Die in Kompetenzmodellen abgebildeten Kompetenzdimensionen und -facetten lassen sich anhand von Soll-Kompetenzausprägungsgraden (z. B. in Bezug auf den Kenntnis- und Beherrschungsgrad) quantifizieren. Dazu kann ein Einstufungsschlüssel herangezogen werden (Decius & Schaper, 2021; Paulsen & Kauffeld, 2019).

In den PKOM-Verfahren der vorliegenden Arbeit (Teilstudien 1 und 2) wird im Rahmen der entwickelten prozessbezogenen Kompetenzmodelle ebenfalls zwischen Kompetenzbereichen, -dimensionen und -facetten unterschieden. Die Kompetenzbereiche, -dimensionen und -facetten werden in den prozessbezogenen Kompetenzmodellen jedoch nicht in einer hierarchischen Logik angeordnet, sondern werden in Bezug auf einzelne Prozessschritte abgebildet (vgl. Depenbusch et al., 2021; Depenbusch et al., 2023). Die Kompetenzdimensionen und -facetten werden anhand von quantitativen Soll-Kompetenzausprägungsgraden quantifiziert, die unter Einsatz eines definierten Einstufungsschlüssels bestimmt werden (vgl. Depenbusch et al., 2021; Depenbusch et al., 2023).

Zur Identifikation von Kompetenzerfordernissen sowie deren Überführung in ein Kompetenzmodell können verschiedene Ansätze der Kompetenzmodellierung als konzeptionelle Grundlage herangezogen werden. Die in der vorliegenden Arbeit entwickelten PKOM-Verfahrensweisen (Teilstudien 1 und 2) beruhen insbesondere auf den Ansätzen von Briscoe und Hall (1999) und Mansfield (1996). Diese Ansätze werden im nachfolgenden Kapitel ausführlich beschrieben.

3.3. Ansätze der Kompetenzmodellierung

Ansätze der Kompetenzmodellierung nach Briscoe und Hall (1999)

Briscoe und Hall (1999) differenzieren zwischen dem forschungsbasierten, dem strategiebasierten und dem wertebasierten Ansatz der Kompetenzmodellierung (Briscoe & Hall, 1999). Im Rahmen des forschungsbasierten Ansatzes erfolgt die Bestimmung von Kompetenzen mittels theoretisch und methodisch fundierter Zugänge (Briscoe & Hall, 1999). Dabei kommt vor allem die „Critical Incident Technique“ (CIT, Flanagan, 1954; dt. „Methode der kritischen Ereignisse“) zum Einsatz (vgl. Briscoe & Hall, 1999). Bei der CIT handelt es sich um eine breit eingesetzte Methode der psychologischen Anforderungsanalyse (Blickle, 2019). Im Rahmen der CIT beschreiben erfahrene Arbeitspersonen konkrete Verhaltensweisen, die in einer besonders herausfordernden Arbeitssituation (kritisches Ereignis) zu einer effektiven oder ineffektiven Bewältigung der Situation geführt haben (Blickle, 2019). Dabei werden auch die Ursachen dieser Situation sowie die Konsequenzen der zu ihrer Bewältigung gewähl-

ten Verhaltensweisen erläutert (Blickle, 2019; Eck & Rietiker, 2010). Bei der forschungsbasierten Kompetenzmodellierung wird die CIT mit besonders „leistungsstarken“ Führungskräften durchgeführt (Briscoe & Hall, 1999). Ziel ist es, auf Basis der (von diesen Führungskräften) beschriebenen kritischen Verhaltensweisen, erfolgsrelevante Kompetenzen zu identifizieren (Briscoe & Hall, 1999). Ein zentraler Kritikpunkt am forschungsbasierten Ansatz ist die mangelnde Ausrichtung an der Organisationsstrategie (Zukunftsorientierung) (Briscoe & Hall, 1999).

Der strategiebasierte Ansatz der Kompetenzmodellierung setzt an diesem Kritikpunkt an (vgl. Briscoe & Hall, 1999). Er zielt darauf ab, zukünftige Kompetenzanforderungen in Bezug auf die strategische Ausrichtung der Gesamtorganisation zu identifizieren (Briscoe & Hall, 1999). Das gängigste Vorgehen dabei ist die einfache Befragung des Top-Managements zu möglichen zukünftigen Herausforderungen bzw. Chancen und den dabei geforderten Kompetenzen (Briscoe & Hall, 1999). Einige Unternehmen greifen zudem auf Kompetenzdatenbanken oder generische Kompetenzmodelle externer Berater zurück, welche Kompetenzanforderungen auflisten, die in Organisationen mit ähnlicher strategischen Ausrichtung von Bedeutung sind (Briscoe & Hall, 1999).

Ergänzend zum forschungs- und strategiebasierten Ansatz führen Briscoe und Hall (1999) den wertebasierten Ansatz der Kompetenzmodellierung auf (Briscoe & Hall, 1999). Hierbei erfolgt die Bestimmung von Kompetenzanforderungen auf Basis der normativen und kulturellen Werte einer Organisation (Briscoe & Hall, 1999). Dabei wird nicht nur auf die offiziell in der Organisation geteilten Werte zurückgegriffen (Briscoe & Hall, 1999). Zudem werden Kompetenzanforderungen oftmals auf Grundlage individueller Vorschläge und Einstellungen einzelner Führungskräfte abgeleitet (vgl. Briscoe & Hall, 1999). In diesem Rahmen werden den Führungskräften in der Regel Kompetenzlisten bzw. generische Kompetenzmodelle als Grundlage für die Kompetenzbestimmung zur Verfügung gestellt. Die darin abgebildeten Kompetenzen werden dann aus einer „wertebezogenen“ Perspektive adaptiert (Briscoe & Hall, 1999).

Ansätze der Kompetenzmodellierung nach Mansfield (1996)

Neben Briscoe und Hall (1999) liefert Mansfield (1996) eine der wohl bekanntesten Beschreibungen von Ansätzen der Kompetenzmodellierung und entsprechend resultierenden Kompetenzmodellen. Mansfield (1996) unterscheidet zwischen drei Ansätzen, darunter der „Single-Job-Ansatz“, der „One-Size-Fits-All-Ansatz“ sowie der „Multiple-Job-Ansatz“ (Mansfield, 1996).

Beim Single-Job-Ansatz werden Kompetenzmodelle entwickelt, welche die für einzelne Jobs bzw. Tätigkeiten relevanten Kompetenzanforderungen beinhalten („Single-Job-Kompetenzmodelle“) (Mansfield, 1996). Um die geforderten Kompetenzen zu identifizieren, werden beispielsweise Stelleninhaber*innen und Führungskräfte interviewt (vgl. Mansfield, 1996).

Beim One-Size-Fits-All-Ansatz hingegen werden Kompetenzmodelle konzipiert, welche die für alle Tätigkeiten einer Organisation relevanten Kompetenzen umfassen („One-Size-Fits-All-Kompetenzmodelle“) (Mansfield, 1996). Die Ableitung entsprechender tätigkeitsübergreifender Kompetenzanforderungen erfolgt weniger auf Basis empirisch erhobener Daten. Vielmehr werden die erforderlichen Kompetenzen – häufig durch Beratungsunternehmen – aus bereits vorhandenen individuellen Kompetenzmodellen der Organisation oder aus der Literatur (z. B. Literatur zum Thema Führung und der Personalentwicklung) entnommen (Mansfield, 1996).

Der Multiple-Job-Ansatz stellt eine Kombination der zuvor beschriebenen Ansätze dar (Mansfield, 1996). Dadurch sollen die jeweiligen Vorteile der vorherigen Ansätze genutzt und entsprechende Nachteile ausgeglichen werden (vgl. Mansfield, 1996; Sonntag, 2007). Die resultierenden „Multiple-Job-Kompetenzmodelle“ enthalten sowohl tätigkeitsspezifische als auch -übergreifende Kompetenzen (Mansfield, 1996). Dabei wird zunächst ein Satz organisationsweiter, tätigkeitsübergreifender Kompetenzen (beispielsweise mittels generischer Kompetenzlisten bzw. -modelle) bestimmt und anhand von Verhaltensbeschreibungen konkretisiert (Mansfield, 1996; Sonntag, 2007). Anschließend werden tätigkeitsspezifische Fachkompetenzen – beispielsweise im Rahmen psychologischer Arbeits- und Anforderungsanalysen – ermittelt (vgl. Mansfield, 1996; Sonntag, 2007).

Einordnung der vorliegenden Arbeit in den konzeptionellen Kontext

In der Literatur sind unterschiedliche Ansätze vorzufinden, anhand derer Kompetenzanforderungen identifiziert und in Kompetenzmodelle überführt werden können. Dabei handelt es sich unter anderem um die Ansätze von Briscoe und Hall (1999) und Mansfield (1996). Die genannten Ansätze stellen auch den konzeptionellen Rahmen der PKOM-Verfahren in dieser Arbeit dar (Teilstudien 1 und 2). Im Sinne des forschungsbasierten Ansatzes nach Briscoe und Hall (1999) werden zur Bestimmung der Kompetenzanforderungen in den digitalisierten Prozessen der KMU theoretisch und methodisch fundierte Zugänge eingesetzt. Im Rahmen der Kompetenzbestimmung werden zudem die Digitalisierungsvorhaben der KMU berücksichtigt, was dem strategiebasierten Ansatz entspricht (Briscoe & Hall, 1999). Da in den PKOM-Verfahren (Teilstudien 1 und 2) sowohl tätigkeitsspezifische als auch -übergreifende Kompe-

tenzanforderungen erfasst werden sollen, erfolgt die Kompetenzbestimmung zudem in Anlehnung an den Multiple-Job-Ansatz nach Mansfield (1996).

Mit Blick auf die Ansätze von Briscoe und Hall (1999) sowie Mansfield (1996) wird deutlich, dass Kompetenzanforderungen mit unterschiedlichen Methoden identifiziert werden können und Ansätze der Kompetenzmodellierung häufig mit Zugängen zur psychologischen Anforderungsanalyse kombiniert werden (beispielsweise der CIT, Flanagan, 1954). Auch die PKOM-Verfahren der vorliegenden Arbeit (Teilstudien 1 und 2) basieren auf Zugängen der Kompetenzmodellierung sowie der psychologischen Anforderungsanalyse. Diese werden in den beiden nachfolgenden Kapiteln erörtert.

3.4. Zugänge und Methoden der Kompetenzmodellierung

Die induktive und die deduktive Modellierungsstrategie

Schaper (2009; 2020) unterscheidet zwischen induktiven und deduktiven Strategien der Kompetenzmodellierung. Bei der induktiven Strategie erfolgt die Identifikation geforderter Kompetenzen im Rahmen empirischer Analysen in der vorliegenden Handlungsdomäne (z. B. mithilfe von Critical Incident Interviews) (Schaper, 2009; Schaper, 2020). Bei der deduktiven Strategie hingegen erfolgt die Bestimmung von Kompetenzen theoriegeleitet und unter Bezugnahme auf den Forschungsstand der jeweiligen Domäne (Schaper, 2009). Dazu werden bestehende Kompetenzkategorien als Ausgangsbasis für die Kompetenzmodellierung herangezogen (Schaper, 2009). Die Kompetenzkategorien basieren in der Regel auf bewährten theoretischen Modellen und Konzepten (Schaper, 2009).

Die Frage, ob eher eine induktive oder eine deduktive Vorgehensweise zu wählen ist, lässt sich allerdings nicht eindeutig beantworten (Schaper, 2009). Eine angemessene Lösung liegt vielmehr in der Kombination beider Strategien (Schaper, 2009; Schaper, 2020). Deduktiv orientierte Ansätze gewährleisten einen Bezug zum Forschungsstand und können zur Fokussierung und Systematisierung der empirischen bzw. induktiven Analysen genutzt werden (Schaper, 2020). Da eine rein deduktive Vorgehensweise jedoch die beruflichen bzw. praktischen Situations- und Anforderungsbezüge vernachlässigen würde, sollte diese mit der empirischen bzw. induktiven Modellierungsstrategie kombiniert werden (Schaper, 2009; Schaper, 2020). Diese dient laut Schaper (2020) als Ergänzung oder Korrektiv zur deduktiven Vorgehensweise.

Auch bei den PKOM-Verfahren (Teilstudien 1 und 2) erfolgt die Kompetenzbestimmung in Anlehnung an die beschriebenen induktiven und deduktiven Modellierungsstrategien (Schaper, 2009; Schaper, 2020). Insbesondere bei den im Sinne der induktiven Strategie um-

gesetzten Vorgehensweisen kommen verschiedene Zugänge der psychologischen Anforderungsanalyse zum Einsatz, die im folgenden Kapitel näher beschrieben werden.

Zugänge der psychologischen Anforderungsanalyse

Ziel der psychologischen Anforderungsanalyse ist es, Personenmerkmale bzw. Leistungsvoraussetzungen (= Anforderungen) zu identifizieren, die für die erfolgreiche Bewältigung einer bestimmten Tätigkeit, Position oder eines bestimmten Berufs erforderlich sind (Blickle, 2019). Zur Anforderungsbestimmung⁹ werden in der Literatur drei Zugänge genannt (Blickle, 2019; Schuler, 2014). Es handelt sich dabei um die erfahrungsgeleitet-intuitive Methode, die arbeitsplatzanalytisch-empirische Methode, sowie die personenbezogen-empirische Methode (Schuler, 2014).

Bei der personenbezogen-empirischen Methode werden Anforderungen anhand von statistischen Zusammenhängen zwischen den Merkmalen von Stelleninhaber*innen einer beruflichen Tätigkeit einerseits und den Leistungskriterien der beruflichen Tätigkeit andererseits identifiziert (Blickle, 2019). Zur Erfassung des beruflichen Erfolgs eines Stelleninhabers bzw. einer Stelleninhaberin können Metaanalysen oder die individuellen Personenmerkmale aller Mitarbeitenden des jeweiligen Tätigkeitsbereichs als Vergleichsreferenz herangezogen werden (Blickle, 2019).

Bei der erfahrungsgeleitet-intuitiven Methode wird die Anforderungsanalyse von Personen mit langjähriger Erfahrung in einem bestimmten Tätigkeitsbereich oder Beruf durchgeführt (Blickle, 2019). Eine in diesem Rahmen häufig angewendete Methode ist die bereits erläuterte Critical Incident Technique (CIT, Flanagan, 1954) (Blickle, 2019). In diesem Kontext beschreiben erfahrene Arbeitspersonen konkrete Verhaltensweisen, die in einer herausfordernden Arbeitssituation (kritisches Ereignis) zu einer effektiven oder ineffektiven Aufgabenbewältigung geführt haben (Blickle, 2019; Flanagan, 1954; Hamborg & Schaper, 2018). Wie bereits erwähnt, werden dabei auch die Ursachen des betrachteten kritischen Ereignisses (bzw. der herausfordernden Arbeitssituation) sowie die Konsequenzen der gewählten Verhaltensweisen erläutert (Blickle, 2019; Eck & Rietiker, 2010). Auf dieser Grundlage lassen sich

⁹ Schuler (2014) nimmt eine Klassifizierung von Anforderungsanalysen vor, wobei jeweils eine bestimmte Beschreibungsebene von Anforderungen im Fokus steht. Bei den verschiedenen Formen der Anforderungsanalyse handelt es sich um die aufgabenbezogene, die verhaltensbezogene und die eigenschaftsbezogene Anforderungsanalyse (Schuler, 2014). Bei der aufgabenbezogenen Anforderungsanalyse werden Arbeitsaufgaben und -ergebnisse sowie Qualifikationsanforderungen erfasst (vgl. Schuler, 2014). Gegenstand der verhaltensbezogenen Anforderungsanalyse sind Verhaltensanforderungen, wie zum Beispiel Fertigkeiten oder die Handlungsregulation (Schuler, 2014). Bei der eigenschaftsbezogenen Anforderungsanalyse werden schließlich Eigenschaftsanforderungen, wie zum Beispiel Interessen, Fähigkeiten oder Temperamentsmerkmale erfasst (Schuler, 2014).

Kompetenzanforderungen verhaltensnah ableiten (z. B. Kato-Beiderwieden, Schlicher, Ötting, Heppner & Maier, 2021).

Bei der arbeitsplatzanalytisch-empirischen Methode werden Anforderungen auf Basis einer vorangegangenen psychologischen Arbeitsanalyse¹⁰ bestimmt (vgl. Blickle, 2019). Dabei werden die im Rahmen der Arbeitsanalyse erfassten „Situationsmerkmale“ in „Personenmerkmale“ übersetzt (vgl. Schuler, 2014). Ein weit verbreitetes arbeitsanalytisches Verfahren zur Erfassung von Arbeitsgestaltungsmerkmalen und Arbeitsanforderungen ist der Work Design Questionnaire (WDQ, Morgeson & Humphrey, 2006, dt. Übersetzung durch Stegmann et al., 2010). Der WDQ analysiert nicht nur die Merkmale der Arbeitstätigkeit, sondern auch die Charakteristika der organisationalen Umgebung (Mlekus, Ötting & Maier, 2020; Morgeson & Humphrey, 2006; Stegmann et al., 2010). Konkret werden dabei tätigkeitsbezogene Aufgabenmerkmale (z. B. Aufgabenvielfalt), Wissensmerkmale (z. B. Informationsverarbeitung), soziale Merkmale (z. B. Unterstützung durch Kolleg*innen) und Kontextmerkmale (z. B. Ergonomie) erfasst (vgl. Stegmann et al., 2010). Obwohl der WDQ als arbeitsanalytisches Instrument primär der Analyse und von Arbeitstätigkeiten dient, kann er ebenfalls zur Erfassung von anforderungs- und qualifikationsrelevanten Aspekten genutzt werden (z. B. Depenbusch et al., 2021).

Einordnung der vorliegenden Arbeit in den konzeptionellen Kontext

Zusammenfassend existieren im aktuellen Stand der Forschung verschiedene Zugänge und Methoden zur Kompetenzbestimmung (Schaper, 2020). Schaper (2009; 2020) differenziert zwischen induktiv und deduktiv orientierten Modellierungsstrategien und empfiehlt eine Kombination beider Zugänge. Auf diese Weise können sowohl der Forschungsstand als auch berufliche Situations- und Anforderungsbezüge bei der Kompetenzmodellierung berücksichtigt werden (Schaper, 2009; Schaper, 2020). Die genannten Modellierungsstrategien lassen sich mit Zugängen der psychologischen Anforderungsanalyse kombinieren (z. B. Höft & Goerke, 2014). In der Literatur wird grundsätzlich zwischen der personenbezogen-empirischen Methode, der erfahrungsgeleitet-intuitiven Methode und der arbeitsplatzanalytisch-empirischen Methode unterschieden (Schuler, 2014).

Im Rahmen der PKOM-Verfahren (Teilstudien 1 und 2) werden die erfahrungsgeleitet-intuitive Methode sowie die arbeitsplatzanalytisch-empirische Methode der psychologischen

¹⁰ „Gegenstand der psychologischen Arbeitsanalyse ist die Analyse und Bewertung von Arbeitstätigkeiten und ihrer Bedingungen sowie die Wirkungen der Arbeitsbedingungen und Anforderungen auf das Individuum. Dabei werden in systematischer Form Informationen über die Tätigkeit eines arbeitenden Individuums erfasst und beurteilt“ (Schaper, 2019, S. 386).

Anforderungsanalyse eingesetzt. Im Sinne der erfahrungsgeleitet-intuitiven Methode werden zunächst die einzelnen Aufgaben bei den digitalisierten bzw. zu digitalisierenden Prozessschritten der KMU durch erfahrende Mitarbeitende und Führungskräfte beschrieben. Weiterhin wird die „Critical Incident Technique“ (CIT, Flanagan, 1954) angewendet, um Verhaltensweisen zu ermitteln, die in herausfordernden Situationen im betrachteten Arbeitsprozess besonders effektiv sein können. Gemäß der arbeitsplatzanalytisch-empirischen Methode werden zudem die Arbeitsgestaltungsmerkmale im Prozess durch die Mitarbeitenden anhand eines Einschätzungsbogens bewertet. Die beschriebenen anforderungsanalytischen Methoden werden in Anlehnung an die induktive Vorgehensweise der Kompetenzmodellierung durchgeführt, da die Kompetenzanforderungen auf Basis der zuvor empirisch erhobenen Informationen abgeleitet werden (vgl. Schaper, 2009; Schaper, 2020).

Ergänzend dazu werden relevante Kompetenzanforderungen aus einem generischen Kompetenzinventar durch die Mitarbeitenden ausgewählt. Das Inventar enthält verschiedene tätigkeitsübergreifende Kompetenzdimensionen, die aus dem aktuellen Stand der Forschung zum betrieblichen Kompetenzmanagement abgeleitet wurden (unter anderem auf Grundlage des bereits vorgestellten Kompetenzatlas, dem KRI sowie dem DigComp 2.1). Die genannte Vorgehensweise entspricht der deduktiven Modellierungsstrategie, da bestehende theoriegeleitete Kompetenzdimensionen herangezogen werden, um organisationsspezifische Kompetenzanforderungen abzuleiten (vgl. Schaper, 2009; Schaper, 2020).

Die beschriebenen Zugänge und Methoden zur Kompetenzbestimmung werden in den PKOM-Verfahren in einer an den prospektiven und prozessbezogenen Analysefokus adaptierten Form umgesetzt. Konkret bedeutet dies, dass die Methoden der Kompetenzmodellierung bzw. der psychologischen Anforderungsanalyse in Bezug auf Zukunftsszenarien – d. h. die zukünftigen bzw. digitalisierten Arbeitsprozesse der KMU (prospektiv) – sowie auf einzelne Prozessschritte (prozessbezogen) angewendet werden. Die im folgenden Kapitel dargestellten Ansätze stellen eine Orientierungsgrundlage für die im Rahmen der PKOM-Verfahren vorgenommene Adaption der eingesetzten Zugänge und Methoden dar.

3.5. Prospektive und prozessbezogene Ansätze der Kompetenzmodellierung

Da sich die Arbeitstätigkeiten und damit verbundene Kompetenzanforderungen in Zeiten der Digitalisierung stetig verändern, wird in neueren Verfahren der Kompetenz- und Anforderungsanalyse bereits eine zukunftsbezogene bzw. prospektive Perspektive umgesetzt (z. B. Kato-Beiderwieden et al., 2021; Koch, 2010). Im Kontext der Digitalisierung von Arbeitsprozessen ist es jedoch nicht nur wichtig, Kompetenzanforderungen zukunftsbezogen,

sondern auch möglichst konkret zu erfassen (vgl. Depenbusch et al., 2021). Dies lässt sich insbesondere durch ein prozessorientiertes Vorgehen realisieren, wobei die bei bestimmten Prozessschritten geforderten Kompetenzen ermittelt und in prozessbezogene Kompetenzmodelle überführt werden (z. B. Hasenau, Sende & Nick, 2013; Yang, Wu, Shu & Yang, 2006). Im aktuellen Stand der Forschung finden sich bereits einige prospektive und prozessbezogene Ansätze der Anforderungs- und Kompetenzbestimmung.

Eines der bekanntesten prospektiven Verfahren sind die „Task Analysis Tools“ (TAToo, Koch, 2010). Die TAToo beruhen auf verschiedenen Zugängen der Anforderungsanalyse, die sowohl gegenwarts- als auch zukunftsorientiert eingesetzt werden. Auf diese Weise ist es möglich, nicht nur die aktuellen, sondern auch die zukünftigen Anforderungen einer Tätigkeit zu erfassen (Höft & Goerke 2014; Koch 2010). Zunächst werden mittels strukturierter Interviewfragen die mit der aktuellen Tätigkeit verbundenen Ziele, Aufgaben und Verantwortlichkeiten erhoben (Koch, 2010). Ergänzend dazu werden die zur erfolgreichen Ausübung der aktuellen Tätigkeit geforderten Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten (z. B. erforderliche Qualifikation sowie gefordertes fachliches und methodisches Wissen) erfasst (Koch, 2010). Anschließend wird die Critical Incident Technique (CIT, Flanagan, 1954) – sowohl bezogen auf die aktuelle als auch die zukünftige Tätigkeit – angewendet (Koch, 2010). In diesem Rahmen erfolgt eine Erläuterung aktueller und zukünftiger erfolgskritischer Arbeitssituationen durch die Mitarbeitenden. Dabei werden die Auslöser und Rahmenbedingungen der erfolgskritischen Situationen, die zur Bewältigung dieser Situationen eingesetzten Verhaltensweisen sowie der Ausgang der Situation beschreiben (Koch, 2010). Die gesammelten Informationen werden anschließend zu Anforderungen gruppiert und in ein Anforderungsprofil für die betrachtete Tätigkeit überführt (Koch, 2010).

Kato-Beiderwieden et al. (2021) greifen die Methodik der TAToo auf und entwickelten die „prospektive Kompetenzanalyse“ (ProKA). Ziel der ProKA ist es, zukünftige Veränderungen in Kompetenzanforderungen und dadurch entstehende Kompetenzentwicklungsbedarfe zu antizipieren (Kato-Beiderwieden et al., 2021). Dazu werden in einem ersten Schritt die mit der aktuellen Tätigkeit verbundenen Ziele, Aufgaben und Verantwortlichkeiten im Rahmen von Experteninterviews, Critical Incident Interviews, Arbeitsplatzbegehungen und Dokumentenanalysen erhoben. Die gesammelten Informationen werden zu Anforderungskategorien gruppiert, für die jeweils übergeordnete Kompetenzbegriffe formuliert werden (Kato-Beiderwieden et al., 2021). Die abgeleiteten Kompetenzanforderungen werden daraufhin in ein aktuelles Kompetenzprofil für die betrachtete Tätigkeit überführt. Schließlich werden die im Profil abgebildeten Kompetenzen in Bezug auf ihre Wichtigkeit und Häufigkeit durch die

Stelleninhaber*innen bewertet. In einem zweiten Schritt werden die für die zukünftige Tätigkeit geforderten Kompetenzen ermittelt. Dazu werden zunächst Vignetten¹¹ zu den zukünftigen Arbeitssituationen im Unternehmen formuliert. In Bezug auf diese Vignetten werden die in den aktuellen Kompetenzprofilen abgebildeten Kompetenzen erneut hinsichtlich der Wichtigkeit und Häufigkeit bewertet. Daraus entsteht schließlich das zukünftige Kompetenzprofil für die Tätigkeit (Kato-Beiderwieden et al., 2021).

Im Anschluss werden die zukünftigen Kompetenzveränderungen und Entwicklungsbedarfe abgeleitet. Dazu erfolgt ein Vergleich der aktuellen und zukünftigen Kompetenzprofile bzw. der darin enthaltenen Wichtigkeitseinstufungen der Kompetenzen (vgl. Koch, 2010). Als Indikatoren für Entwicklungsbedarfe gelten einerseits Kompetenzen, die sowohl in der aktuellen als auch in der zukünftigen Situation besonders hohe Mittelwerte in den Wichtigkeitseinstufungen aufweisen. Diese Kompetenzen sollten (weiterhin) gefördert werden. Darüber hinaus weisen Kompetenzen, bei denen sich die mittlere Wichtigkeit zwischen der aktuellen und der zukünftigen Situation unterscheidet, auf einen Entwicklungsbedarf hin (Kato-Beiderwieden et al., 2021).

Neben prospektiven Ansätzen finden sich im aktuellen Stand der Forschung zudem erste prozessbezogene Verfahren der Kompetenzmodellierung (z B. Hasenau et al. 2013; Yang et al., 2006). Beispielsweise entwickelten Hasenau et al. (2013) einen Ansatz zur prozessbezogenen Erfassung und Messung von Kompetenzanforderungen in produzierenden KMU. Um die im Arbeitsprozess geforderten Kompetenzen zu bestimmen, wird zunächst eine Arbeitsprozessanalyse (beispielsweise im Rahmen von Fachinterviews mit Stelleninhaber*innen) durchgeführt (Hasenau et al., 2013). In diesem Rahmen werden die Arbeitsaufgaben bei den einzelnen Prozessschritten, die dabei eingesetzten Arbeitsmittel bzw. Werkzeuge und die zur erfolgreichen Umsetzung der Arbeitsaufgaben geforderten Kompetenzen beschrieben. Ergänzend dazu können Arbeitsbeobachtungen vorgenommen werden, um genauere Informationen in Bezug auf die Handhabung von Werkzeugen oder die im Prozess angewandten Vorgehens- bzw. Verhaltensweisen zu erhalten (Hasenau et al., 2013). Für jede erfasste bzw. abgeleitete Kompetenz werden anschließend Soll-Kompetenzstufen definiert. Diese führen auf, welche Kenntnisse und Fähigkeiten zur Bewältigung eines bestimmten Prozessschritts gefordert werden (Hasenau et al., 2013). Die Soll-Kompetenzstufen werden anschließend in eine prozessbezogene Kompetenzmatrix überführt. Durch einen Abgleich der an den einzelnen Prozess-

¹¹ Vignetten werden in den Sozialwissenschaften eingesetzt, um reale oder fiktionale Szenarien zu beschreiben (Rosenberger, 2016). Dabei kann es sich beispielsweise um Text-, Bild- oder Videovignetten handeln (Rosenberger, 2016). Die Zukunftsvignetten der ProKA können vor diesem Hintergrund als Zukunftsszenario eines bestimmten Arbeitsplatzes verstanden werden (vgl. Kato-Beiderwieden et al., 2021).

schritten abgebildeten Soll-Kompetenzstufen mit den Ist-Kompetenzstufen der Mitarbeitenden (Soll-Ist-Abgleich) kann für jeden Prozessschritt geprüft werden, ob Kompetenzlücken bestehen. Auf diese Weise ist eine systematische und prozessorientierte Personaleinsatzplanung möglich, bei der die Mitarbeitenden entsprechend ihren Qualifikationen und Kompetenzen in bestimmten Prozessschritten eingesetzt werden (Hasenau et al., 2013).

Yang et al. (2006) entwickelten das „Process Oriented Core Competency Identification Model“ (POCCI Model). Es handelt sich hierbei um ein Verfahren zur prozessorientierten Identifikation der Kernkompetenzen in einem Unternehmen. Kernkompetenzen beziehen sich auf spezialisiertes Wissen und Fähigkeiten oder Aktivitäten eines Unternehmens, die es von seinen Wettbewerbern unterscheiden (Yang et al., 2006). Bei Kernkompetenzen handelt es sich daher insbesondere um Kompetenzen, die von mehreren Positionen bzw. Mitarbeitenden beherrscht werden müssen (Rodriguez, Patel, Bright, Gregory & Gowing, 2002; Yang et al., 2006). Um die Kernkompetenzen eines Unternehmens zu identifizieren, ist es gemäß dem „POCCI-Modell“ zunächst notwendig, die Wertschöpfungsketten des Unternehmens in einzelne Prozessschritte zu zerlegen (Yang et al., 2006). Im Anschluss werden Workshops auf der Managementebene durchgeführt, in deren Rahmen mit Hilfe eines generischen Kompetenzinventars die bei den Prozessschritten geforderten Kompetenzen identifiziert werden (deduktive Modellierungsstrategie). Auf Basis der identifizierten Kompetenzanforderungen werden schließlich Kompetenzhäufigkeitsverteilungen berechnet (Yang et al., 2006). Besonders häufig geforderte Kompetenzen weisen auf die Kernkompetenzen des Unternehmens hin und sollten im Rahmen von Trainings mit den Mitarbeitenden geschult werden (Yang et al., 2006).

Einordnung der vorliegenden Arbeit in den konzeptionellen Kontext

Zusammenfassend zeichnen sich die beschriebenen prospektiven und prozessbezogenen Ansätze der Kompetenzbestimmung dadurch aus, dass sie bewährte Zugänge und Methoden der Kompetenzmodellierung sowie der psychologischen Anforderungsanalyse in Bezug auf den prospektiven und prozessbezogenen Analysefokus adaptieren. Beispielsweise werden Aufgabenbeschreibungen in Bezug auf einzelne Prozessschritte vorgenommen (prozessbezogener Analysefokus) oder die Critical Incident Technique in Bezug auf zukünftige Arbeitssituationen durchgeführt (prospektiver Analysefokus) (vgl. Hasenau et al., 2013; Kato-Beiderwieden et al., 2021; Koch, 2010). Auch im Rahmen der PKOM-Verfahren (Teilstudien 1 und 2) werden die bereits angedeuteten Methoden und Zugänge zur Kompetenzmodellierung und zur psychologischen Anforderungsanalyse in Bezug auf zukünftige Arbeitssituatio-

nen (hier: digitalisierte Arbeitsprozesse der KMU) sowie auf einzelne Prozessschritte angewendet.

Wie zu Beginn der vorliegenden Arbeit erwähnt, bieten VR-Umgebungen innovative Wege, um eine prospektive und prozessbezogene Modellierung von Kompetenzen umzusetzen (Depenbusch et al., 2023). Die möglichen Vorteile von VR-Umgebungen für die PKOKM werden in den nachfolgenden Kapiteln herausgearbeitet.

3.6. Virtual Reality

Virtual Reality (VR) kann verstanden werden als der Einsatz immersiver Technologien, welche interaktive virtuelle Umgebungen simulieren, in denen die Nutzenden sich „präsent“ fühlen (Radianti, Majchrzak, Fromm & Wohlgenannt, 2020; Wohlgenannt, Simons & Stieglitz, 2020). Wie eine Vielzahl an Definitionen (z. B. Ambrosio & Rodríguez Fidalgo, 2020; Bell & Folger, 1995; Mütterlein, 2018; Sherman & Craig, 2018) bezieht sich auch die oben genannte Begriffsbestimmung auf drei zentrale Eigenschaften von VR-Umgebungen, nämlich die Immersion, die Interaktivität und die Präsenz.

Der Begriff Immersion wird in der Literatur sehr heterogen verwendet, wobei je nach Disziplin unterschiedliche Auffassungen von diesem Konzept vorliegen (Wilkinson, Brantley & Feng, 2021; Wohlgenannt et al., 2020). Oftmals wird zwischen der Systemimmersion (engl. „system immersion“), d. h. der Immersion als Eigenschaft der VR-Umgebung, und der „Wahrnehmungsimmersion“ (engl. „perceptual immersion“), d. h. der Immersion als subjektive Erfahrung der Nutzenden, unterschieden (z. B. Agrawal, Simon, Bech, Bærentsen & Forchhammer, 2019; Nilsson, Nordahl & Serafin, 2016). Letztere bezieht sich auf das Gefühl, des (vollständigen) Eintauchens in eine virtuelle Umgebung (Nilsson et al., 2016). Aufgrund der Tatsache, dass die Wahrnehmungsimmersion dem Präsenzbegriff (welcher im weiteren Verlauf noch beschrieben wird) sehr ähnlich ist, legt Slater (2003) den Fokus des Immersionsbegriffs auf die Systemimmersion. Auch in der vorliegenden Arbeit wird der Begriff Immersion mit Systemimmersion gleichgesetzt und wie folgt verstanden:

„The more that a system delivers displays (in all sensory modalities) and tracking that preserves fidelity in relation to their equivalent real-world sensory modalities, the more that it is 'immersive'. This is something that can be objectively assessed, and relates to different issues than how it is perceived” (Slater, 2003, S. 109).

Gemäß diesem Verständnis ist eine VR-Umgebung umso immersiver, je mehr Sinnesmodalitäten der Nutzenden angesprochen werden (Slater, 2003). Eine hohe Immersion wird

beispielsweise durch „Head-Mounted Displays“ (HMDs¹²) erreicht (Wohlgenannt et al., 2020; Wu, Yu & Gu, 2020). HMDs erlauben es den Nutzenden, in die VR-Umgebung einzutauchen, wobei die reale Umgebung größtenteils ausgeblendet wird (vgl. Jensen & Konradsen, 2018; Wohlgenannt et al., 2020).

Die subjektive Reaktion der Nutzenden auf die Immersion wird laut Slater (2003) als „Präsenz“ bezeichnet (vgl. Slater, 2003). Bei der Präsenz handelt es sich um das Gefühl, tatsächlich vor Ort in der virtuellen Umgebung zu sein, obwohl der/die Nutzende weiß, dass dies nicht der Fall ist (Slater, 2003; Slater, 2018). Konkret bezieht sich Slater (2003) bei der Präsenz auf das Phänomen, dass Menschen auf virtuelle Stimuli genauso reagieren, als wären es reale Stimuli (Slater, 2003). Während Slater (2003) natürliche physiologische Handlungsreaktionen als Ausdruck der Präsenz erachtet, vertreten Nilsson et al. (2016) eine erweiterte Auffassung von Präsenz. Sie betonen, dass die beschriebenen „natürlichen“ Reaktionen (auf virtuelle Stimuli) auf jeder Ebene vorhanden sein sollten (Sanchez-Vives & Slater, 2005). Darunter fallen neben den von Slater (2003) fokussierten, unbewussten physiologischen Verhaltensweisen und automatischen Reaktionen auch bewusste willentliche Handlungen sowie die kognitive Verarbeitungsmechanismen (Sanchez-Vives & Slater, 2005).

Die Interaktivität (bzw. Interaktion) als eine weitere wesentliche Eigenschaft von VR-Umgebungen erlaubt es den Nutzenden, in Echtzeit auf die VR-Umgebung einzuwirken und mit dieser zu interagieren (Radianti et al., 2020; Wiendahl, Harms & Fiebig, 2003). Dabei können die Nutzenden als VR-Avatare repräsentiert werden (Beil & Rauscher, 2018; Freeman & Maloney, 2020). Bei (VR-)Avataren handelt es sich um graphische Darstellungen bzw. Repräsentationen der eigenen Person oder anderer Individuen in der VR-Umgebung (Freeman & Maloney, 2020; Galanxhi & Nah, 2007). Über VR-Avatare ist es daher auch möglich, mit anderen Personen, die ebenfalls als Avatare repräsentiert werden, in einer VR-Umgebung zu interagieren (z. B. Heidicker, Langbehn & Steinicke, 2017). Die Verkörperung der/des Nutzenden durch einen Avatar kann ein Gefühl auslösen, mit dem Körper des Avatars verbunden zu sein (Klevjer, 2022). Der Fachbegriff hierfür ist „Embodiment“ (Klevjer, 2022). Grundsätzlich sind Avatare vielfältig gestaltet und müssen dabei keineswegs dem realen Erscheinungsbild der/des Nutzenden entsprechen (z. B. Heidicker et al., 2017; Huang, Li & Liang, 2023). Neben menschlichen Charakteren kann es sich bei Avataren beispielsweise auch um cartoonartige Wesen (Jo et al., 2017), humanoide Figuren (z. B. ein Roboter) oder sogar Objekte handeln (Beil & Rauscher, 2018). Die Interaktion einer Person mit einer VR-Umgebung

¹² Ein Head-Mounted Display (HMD) ist ein visuelles Ausgabegerät, das am Kopf der Person oder vor ihren Augen befestigt wird und Bilder direkt vor dem Sichtfeld der Person auf einem Display anzeigt (vgl. Bellalouna, 2020).

findet jedoch nicht zwangsläufig über einen (VR-)Avatar statt, sondern kann auch aus der „Ich-Perspektive“ ohne Avatar erfolgen (Streuber & Chatziastros, 2007).

Einordnung der vorliegenden Arbeit in den konzeptionellen Kontext

Zusammenfassend beziehen sich die zentralen Eigenschaften von VR-Umgebungen auf die Immersion, die Interaktivität und die Präsenz (vgl. Radianti et al., 2020; Wohlgenannt et al., 2020). Die Begriffe der Immersion und Präsenz sind in der Literatur uneinheitlich definiert (vgl. Wohlgenannt et al., 2020). In der vorliegenden Arbeit wird Immersion als eine Systemeigenschaft von VR-Umgebungen verstanden, die je nach Anzahl der angesprochenen Sinnesmodalitäten höher oder geringer ausgeprägt sein kann (Slater, 2003; Slater, 2018). Demgegenüber stellt die Präsenz die subjektive Reaktion der Nutzenden (z. B. unbewusste physische Verhaltensweisen) auf die immersive VR-Umgebung dar (Slater, 2003).

Aufgrund der genannten Eigenschaften weisen VR-Umgebungen Vorteile zur Einbindung von Mitarbeitenden in die digitale Neugestaltung von Arbeitsprozessen auf (z. B. Müller et al., 2022; Müller et al., 2023). Da die PKOM begleitend zur digitalen Prozessneugestaltung erfolgt, lassen sich die möglichen Vorteile der VR auch auf den Kontext der (VR-basierten) PKOM übertragen (vgl. Depenbusch et al., 2023). Im folgenden Kapiteln werden VR-Eigenschaften, die im Rahmen der digitalen Prozessgestaltung bereits (empirisch) als vorteilhaft identifiziert wurden, auf den Kontext der prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung (PKOM) übertragen.

3.7. Mögliche Vorteile von VR-Umgebungen für die PKOM

Ein in der Literatur zur partizipativen Prozessneugestaltung besonders häufig genannter Vorteil von VR-Umgebungen ist die Möglichkeit der Darstellung von Prozessmodellen in virtuell nachgebildeten 3D-Unternehmensumgebungen (z. B. Aysolmaz et al., 2016; Guo et al., 2013; Leyer et al., 2019; Leyer et al., 2021; Müller et al., 2023). Wie bereits erläutert, handelt es sich bei Prozessmodellen um Grafiken, die auf einer standardisierten Modellierungssprache (z. B. BPMN¹³) beruhen und daher für Mitarbeitende oftmals schwer zu verstehen sind (Kathleen et al., 2014; Müller et al., 2023). Durch die Abbildung der Prozessmodelle in virtuell nachgebildeten Arbeits- bzw. Unternehmensumgebungen kann hingegen ein kon-

¹³ Wie bereits in der Einführung der vorliegenden Arbeit erwähnt, ermöglicht die Business Process Model and Notation (BPMN) eine komprimierte Visualisierung von Arbeitsprozessen durch den Einsatz verschiedener geometrischer Formen (z. B. Darstellung von Arbeitsaufgaben als stumpfkantiger Quader, Darstellung von Ereignissen als Kreise, Darstellung von Entscheidungspunkten bzw. Gateways als Rauten). Diese Formen bzw. Objekte sind über Sequenzflüsse (dargestellt als einfache Pfeile) miteinander verbunden, um die Abläufe bzw. die Reihenfolge des Prozesses zu visualisieren (Fleischmann et al., 2018).

kreter Bezug zur Arbeitspraxis der Mitarbeitenden und damit eine gewisse Realitätsnähe geschaffen werden (Guo et al., 2013; Leyer et al., 2019; Leyer et al., 2021). In der Literatur wird angeführt, dass auf diese Weise das Erfahrungswissen der Mitarbeitenden mobilisiert und im Rahmen der Prozessneugestaltung besser berücksichtigt werden kann (Guo et al., 2013). Dadurch fällt es den Mitarbeitenden möglicherweise auch im Rahmen der PKOM leichter, die Kompetenzanforderungen in Bezug auf die zukünftigen bzw. digitalisierten Prozessschritte zu antizipieren (Depenbusch et al., 2023). Abbildung 2 gibt einen Einblick in die virtuell nachgebildeten Unternehmensumgebungen der am Projekt SoDigital beteiligten KMU. Diese Umgebungen wurden sowohl für die digitale Neugestaltung der Arbeitsprozesse in den KMU als auch für die begleitende PKOM eingesetzt (vgl. Müller et al., 2023).

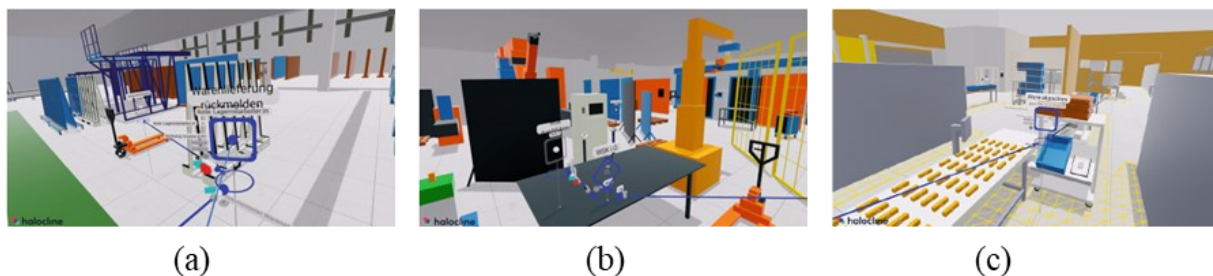


Abbildung 2: Virtuelle Nachbildungen der Unternehmensumgebungen der KMU im dreidimensionalen Raum (Müller et al., 2023, S. 271, S. 276, S. 281)

Anmerkungen: (a) Glasfachbetrieb (KMU 1), (b) Stahlbetrieb (KMU 2), (c) Waffelfabrikant (KMU 3). Die Prozessschritte sind an der Stelle in der VR-Umgebung dargestellt, an der sie auch in der Realität in den KMU stattfinden. Die virtuellen Umgebungen wurden mit der Software „Layout & Performance“ von Halocline GmbH & Co.KG erstellt; www.halocline.io

Neben der erwähnten Kontextualisierung von Prozessmodellen bieten VR-Umgebungen noch weitere Vorteile für die partizipative Digitalisierung von Arbeitsprozessen und die begleitende PKOM. Dazu gehört beispielsweise die Multidimensionalität von VR-Umgebungen (Müller et al., 2023; Straatmann et al., 2022). So ist es unter Einsatz von VR-Umgebungen möglich, Arbeitsprozesse im dreidimensionalen Raum darzustellen (vgl. Oberhauser et al., 2018; Thies, Strohmeyer, Ebert, Stamminger & Bauer, 2019). Dadurch können die Prozesse und einzelnen Prozessschritte aus verschiedenen räumlichen Perspektiven betrachtet werden (Oberhauser & Pogolski, 2019; Straatmann et al., 2022). In der dreidimensionalen VR-Umgebung lassen sich Arbeitsprozesse zudem ohne räumliche Einschränkungen visualisieren (Müller et al., 2023). Diese „Infinitivität“ bzw. Uneingeschränktheit in der Modellierungsfläche ermöglicht – im Vergleich zu analogen Medien (z. B. Metaplan-Wänden) – eine ganzheitliche Darstellung und Betrachtung von Arbeitsprozessen (z. B. ohne Sprünge auf die nächste Seite einer Metaplan-Wand) (vgl. Müller et al., 2023; Straatmann et al., 2022).

Ein weiterer Vorteil von VR-Umgebungen besteht in der Möglichkeit, Erläuterungen bei den einzelnen Prozessschritten – beispielsweise in Bezug auf die dort geforderten Kompetenzen – im dreidimensionalen Raum zu dokumentieren (Müller et al., 2023; Oberhauser et al., 2018; Oberhauser & Pogolski, 2019). VR-Umgebungen erlauben zudem die „Individualisierung“ von Prozessmodellen (Brunkow & Hub, 2018; Müller et al., 2023). So kann die Komplexität der Modelle reduziert werden, indem nicht interessierende Prozesselemente oder inhaltliche Annotationen ausgeblendet werden (Müller et al., 2023; Oberhauser & Pogolski, 2019). Auf diese Weise ist es möglich, die Aufmerksamkeit der Nutzenden auf besonders relevante Informationen (z. B. bestimmte Prozessschritte oder Kompetenzen) zu lenken (Oberhauser & Pogolski, 2019).

Wie bereits dargelegt, zählt auch die Immersion zu den Vorteilen von VR-Umgebungen (z. B. Straatmann et al., 2022). Der immersive Charakter der VR erlaubt es den Nutzenden, in die virtuelle Umgebung einzutauchen und den dargestellten Arbeitsprozess aus nächster Nähe zu betrachten bzw. wahrzunehmen (vgl. Straatmann et al., 2022). VR-Umgebungen ermöglichen neben der Immersion auch die Interaktion mit den dargestellten Prozesselementen (z. B. Prozessschrittsymbole oder Arbeitsmittel) (Müller et al., 2023; Oberhauser et al., 2018; Oberhauser & Pogolski, 2019). Interaktionen, die im Rahmen der Digitalisierung von Arbeitsprozessen relevant sind, beziehen sich unter anderem auf das Erstellen und Verknüpfen von Prozesselementen (z. B. Prozessschritten) sowie das Fortbewegen bzw. Navigieren innerhalb der VR-Umgebung (vgl. Müller et al., 2023). Die genannten Interaktionen lassen sich beispielsweise mittels VR-Controller umsetzen (Müller et al., 2023). Ähnliche Interaktionsmöglichkeiten werden auch für die PKOM relevant. Es handelt sich dabei insbesondere um das Navigieren innerhalb der VR-Umgebung sowie die Dokumentation kompetenzrelevanter Aspekte bei den einzelnen Prozessschritten (vgl. Depenbusch et al., 2023).

Die beschriebenen Systemeigenschaften von VR-Umgebungen können zudem vorteilhafte Wirkungen auf die Nutzenden haben (vgl. Straatmann et al., 2022). In der vorliegenden Arbeit wird dabei neben der Präsenz die Motivation der Nutzenden betrachtet (Carrion, Gonzalez-Delgado, Mendez-Reguera, Erana-Rojas & Lopez, 2021; Müller et al., 2023; Straatmann et al., 2022). Motivation wird in diesem Zusammenhang verstanden als die erhöhte Absicht und Bereitschaft der Nutzenden, sich anzustrengen, um das mit dem Einsatz der VR-Umgebung intendierte Ziel (z. B. Erlernen neuer Handlungen) zu erreichen (vgl. Nykänen et al., 2020).

Einordnung der vorliegenden Arbeit in den konzeptionellen Kontext

Zusammenfassend bieten VR-Umgebungen für die Digitalisierung von Arbeitsprozessen sowie die begleitende PKOM verschiedene Vorteile. Dazu zählen unter anderem die Multidimensionalität, die Immersion, die Interaktivität, die Infinitivität (Uneingeschränktheit in der Modellierungsfläche), die Individualisierung von Prozessdarstellungen (beispielsweise durch das Ausblenden nicht interessierender Prozessschritte) sowie Dokumentationsmöglichkeiten (z. B. Dokumentation von Informationen zu den Kompetenzanforderungen bei einzelnen Prozessschritten). Zudem können VR-Umgebungen eine positive Wirkung auf die Nutzenden haben und beispielsweise ihre Motivation erhöhen (vgl. Carrion et al., 2021; Müller et al., 2023; Straatmann et al., 2022). Um empirisch zu untersuchen, ob diese und ggf. weitere Eigenschaften von VR-Umgebungen tatsächlich vorteilhaft für die PKOM sind, werden in der vorliegenden Arbeit VR-spezifische Akzeptanzkriterien¹⁴ identifiziert und evaluiert

3.8. Nutzerakzeptanz von VR-Umgebungen

Im Zusammenhang mit der Nutzung von Informationstechnologien bezieht sich der Begriff Nutzerakzeptanz auf die Bereitschaft von Personen, eine Informationstechnologie für die Aufgaben zu nutzen, für die diese Technologie entwickelt worden ist (Dillon, 2001). Ein bekanntes Modell zur Beschreibung der Bedingungen bzw. Faktoren, die zur Akzeptanz (oder Ablehnung) neuer Technologien beitragen, ist das Technologieakzeptanzmodell bzw. das „Technology Acceptance Model“ (TAM, Davis, Bagozzi & Warshaw, 1989). Gemäß diesem Modell wird die Akzeptanz der Nutzenden durch zwei wesentliche Faktoren bestimmt: die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit (d. h. der wahrgenommene Aufwand, um die Nutzung bzw. den Umgang mit der Technologie zu erlernen) und die wahrgenommene Nützlichkeit der Technologie (d. h. die subjektive Wahrnehmung der Nutzenden, dass die eingesetzte Technologie die Arbeitsleistung verbessert) (vgl. Davis et al., 1989). Diese beiden Faktoren wirken auf die Einstellung von Personen zur Nutzung der Technologie, was schließlich in eine konkrete Nutzungsabsicht mündet. Die Nutzungsabsicht bestimmt schließlich das tatsächliche Nutzungsverhalten einer Person (vgl. Davis et al., 1989). Während das TAM die Wirkmechanismen der Akzeptanzbildung somit ausführlich beschreibt, wird allerdings nicht erläutert, welche konkreten systembezogenen Eigenschaften der Technologie (hier: der VR-

¹⁴ Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei VR-spezifischen Akzeptanzkriterien um spezifische Eigenschaften von VR-Umgebungen (z. B. Immersion oder Interaktivität), welche die Akzeptanz der Mitarbeitenden gegenüber der Nutzung von VR-Umgebungen prägen und sich bei angemessener Ausprägung zugleich als vorteilhaft erweisen bzw. die Nutzung der VR-Umgebungen im jeweiligen Anwendungskontext (hier: die PKOM) fördern. Nicht adäquat erfüllte Akzeptanzkriterien deuteten hingegen auf potenzielle Herausforderungen beim Einsatz von VR-Umgebungen im entsprechenden Anwendungskontext (hier: die PKOM) hin (vgl. Depenbusch et al., 2023).

Umgebung) die Nutzerakzeptanz prägen (Wixom & Todd, 2005). Daher entwickelten Wixom und Todd (2005) das „User-Satisfaction-Technology-Acceptance-Model“ (US-TAM). Das US-TAM integriert das Modell der User Satisfaction¹⁵ (US) und das Technologieakzeptanzmodell (TAM) (Brunkow & Hub, 2018). Gemäß dem *US-TAM* werden die im TAM postulierte Benutzerfreundlichkeit und wahrgenommene Nützlichkeit von der Zufriedenheit der Nutzenden mit dem System bzw. der Technologie und den durch das System bzw. die Technologie bereitgestellten Informationen beeinflusst (Wixom & Todd, 2005). Die Zufriedenheit mit den Informationen wird wiederum durch die wahrgenommene *Informationsqualität* bestimmt. Diese bezieht sich auf wünschenswerte Eigenschaften hinsichtlich der durch die Technologie vermittelten Informationen (z. B. die Genauigkeit, Vollständigkeit, Konsistenz, Präzision oder Relevanz der Informationen) (Laumer, Maier & Weitzel, 2017; Wixom & Todd, 2005). Die Zufriedenheit mit dem System bzw. der Technologie wird durch die wahrgenommene *Systemqualität* bestimmt. Die Systemqualität bezieht sich auf wünschenswerte Eigenschaften in Bezug auf die Technologie selbst (z. B. Effizienz, Navigation, Verlässlichkeit) (Laumer et al., 2017; Wixom & Todd, 2005).

Brunkow und Hub (2018) entwickelten auf Basis des US-TAM einen Kriterienkatalog zur Prognose der Nutzerakzeptanz von VR-Umgebungen (für den Kontext der VR-gestützten Produktionsplanung) (Brunkow & Hub, 2018). Die in diesem Katalog aufgeführten Akzeptanzkriterien beziehen sich auf die *Informationsqualität* von VR-Umgebungen einerseits und deren *Systemqualität* andererseits (Brunkow & Hub, 2018). Die Kriterien der Informationsqualität von VR-Umgebungen umfassen unter anderem die Güte der dargestellten Informationen (z. B. Relevanz, Lesbarkeit und Verständlichkeit) sowie Möglichkeiten zu deren Individualisierung (z. B. Anpassung der Größendarstellungen oder Ausblendmöglichkeiten) (Brunkow & Hub, 2018). Die Kriterien der Systemqualität beziehen sich unter anderem auf den Grad der Immersion (z. B. visuelles, haptisches und auditives Feedback), die erlebte Interaktivität (z. B. Reaktion der VR-Umgebung und dargestellten Objekte auf die Handlungen der Nutzenden), die Intuitivität und Benutzbarkeit (z. B. Einprägbarkeit des Bedienkonzeptes), die Ergonomie (z. B. Tragekomfort, Anwendungsdauer, physische Belastung) sowie vertrauensfördernde Aspekte (z. B. Hilfefunktion, Fehlertoleranz, Empfindlichkeit des Systems) (Brunkow & Hub, 2018).

¹⁵ Gemäß dem Modell der User Satisfaction (US) prägt die wahrgenommene Systemqualität die Zufriedenheit der Nutzenden mit dem System und die wahrgenommene Informationsqualität die Zufriedenheit der Nutzenden mit den durch das System bereitgestellten Informationen (vgl. Wixom & Todd, 2005). Die System- und Informationszufriedenheit können zur tatsächlichen Nutzung des Systems beitragen (vgl. Wixom & Todd, 2005).

Einordnung der vorliegenden Arbeit in den konzeptionellen Kontext

Zusammenfassend finden sich im aktuellen Stand der Forschung verschiedene theoretische Modelle und Konzepte, welche zur Beschreibung bzw. Vorhersage der Nutzerakzeptanz von VR-Umgebungen herangezogen werden können. Neben dem klassischen TAM (Davis, 1989) handelt es sich dabei um das US-TAM (Wixom & Todd, 2005), welches genutzt werden kann, um konkrete systembezogene Eigenschaften von VR-Umgebungen zu identifizieren, welche die Nutzerakzeptanz prägen (Wixom & Todd, 2005).

Brunkow und Hub (2018) haben die im US-TAM postulierten Kriterien der System- und Informationsqualität bereits auf den VR-Anwendungskontext übertragen und darauf aufbauend einen Kriterienkatalog zur Prognose der Nutzerakzeptanz von VR-Umgebungen entwickelt. In der vorliegenden Arbeit wird der Kriterienkatalog von Brunkow und Hub (2018) herangezogen, um VR-spezifische Akzeptanzkriterien abzuleiten, die für den Einsatz von VR-Umgebungen bei der PKOM relevant sind. Auf Grundlage der VR-spezifischen Akzeptanzkriterien können mögliche Vorteile und Herausforderungen von VR-Umgebungen für die Durchführung der PKOM identifiziert werden (vgl. Teilstudie 2).

4. Prozesstraining mittels VR-basierter Avatarvideos

VR-Umgebungen bieten im Kontext der Digitalisierung von Arbeitsprozessen nicht nur besondere Möglichkeiten zur prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung, sondern auch zur Förderung der geforderten Kompetenzen (vgl. Depenbusch et al., 2023; Müller et al., 2023). Eine wesentliche Kompetenzanforderung für den kompetenten und problemorientierten Umgang mit neuen bzw. digitalisierten Arbeitsprozessen ist die Anwendung eines umfassenden Prozessverständnisses (z. B. Acatech, 2016; Hecklau et al., 2019; Hirsch-Kreinsen et al., 2020; Leyer et al., 2021; Spöttl & Loose, 2018). Das Prozessverständnis wird im Rahmen betrieblicher Prozesstrainings aufgebaut (z. B. Leyer et al., 2021). Die dabei genutzten VR-Umgebungen visualisieren Prozessmodelle in virtuell nachgebildeten Arbeitsumgebungen (z. B. Aysolmaz et al., 2016; Leyer et al., 2019; Leyer et al., 2021). Es handelt sich somit um ähnliche VR-Umgebungen, die auch im Rahmen der digitalen Neugestaltung von Arbeitsprozessen und der begleitenden PKOM eingesetzt werden (können). Diese Umgebungen werden jedoch für das Prozesstraining mit VR-Avataren angereichert, welche die praktische Ausführung bestimmter Prozessschritte simulieren (z. B. Aysolmaz et al., 2016; Leyer et al., 2021). Es konnte bereits festgestellt werden, dass solche VR-Umgebungen nicht nur das Prozessverständnis, sondern auch die Lernmotivation von Mitarbeitenden fördern (Leyer et al., 2021). Die Lernmotivation wird in der vorliegenden Arbeit als eine wesentliche Bedingung für eine aktive Auseinandersetzung der Mitarbeitenden mit dem neuen bzw. digitalisierten Arbeitsprozess erachtet (Leyer et al., 2021).

Trotz der Vorteile ergeben sich auch Herausforderungen beim Einsatz von VR-Umgebungen im Kontext des betrieblichen Prozesstrainings. So müssen die Mitarbeitenden zunächst in der Bedienung der VR-Hard- und Software geschult werden (Müller et al., 2022). Der Aufwand für entsprechende Einführungsschulungen ist bei der PKOM, die mit ca. drei Personen durchgeführt wird, noch überschaubar. Im Kontext des betrieblichen Prozesstrainings hingegen muss eine viel größere Zielgruppe (alle am Prozess beteiligten Mitarbeitenden) geschult werden, weshalb der Aufwand hier viel höher ist (Depenbusch et al., 2024). Eine weitere Herausforderung ist, dass VR-Umgebungen aufgrund der speziellen Hardware nur in bestimmten Räumlichkeiten genutzt werden können (Müller et al., 2022). Dies erschwert die flexible Durchführung von Prozesstrainings im dynamischen Tagesgeschäft der KMU (Depenbusch et al., 2024). Daher werden in der vorliegenden Arbeit VRA-Videos als Alternative zu immersiven VR-Umgebungen für das Prozesstraining entwickelt (vgl. Müller et al., 2023). Erste Studien haben bereits gezeigt, dass Lernvideos genauso lernförderlich sein können wie VR-Umgebungen (vgl. Grassini et al., 2020; Holopainen et al., 2020; Kulke &

Pasqualette, 2024). Trotz der genannten Potenziale kann jedoch auch der Einsatz von VRA-Videos kritisch betrachtet werden. Aus bestehenden Forschungsarbeiten geht hervor, dass ähnliche wie im VRA-Video enthaltene Visualisierungen (z. B. der animierte VR-Avatar oder dreidimensionale Nachbildung von Unternehmensumgebungen) zu einer kognitiven Überlastung führen können (z. B. Choi & Clark, 2006; Höffler & Leutner, 2007; Scheiter et al., 2009). Daher wird in dieser Arbeit das Potenzial eines VRA-Videos zur Förderung des Prozessverständnisses mit einem statischen und abstrakten Voice-over-Slides-Video (VOS-Video) verglichen. Ergänzend wird untersucht, ob sich das VRA-Video (auch) zur Förderung der Lernmotivation besser eignet als das VOS-Video.

In den nachfolgenden Kapiteln werden zunächst die Designelemente beschrieben, anhand derer sich Visualisierungen in den VRA- und VOS-Videos charakterisieren lassen. Anschließend werden theoretische Konzepte und Modelle vorgestellt, mithilfe derer die potenziellen Wirkungen der VRA- und VOS-Videos auf das Prozessverständnis und die Lernmotivation der Mitarbeitenden beschrieben werden können. Zuletzt werden verschiedene Studien vorgestellt, die entsprechende Wirkungen empirisch analysierten.

4.1. Visuelle Gestaltungselemente zur Charakterisierung von Lernvideos

Ein Lernvideo ist eine multimediale Lernbotschaft, d. h. eine Präsentation aus Wörtern und Bildern, die das Lernen unterstützen soll (Mayer, 2021). Beim Aufbau von Prozessverständnis (= Prozesslernen) mittels VRA- und VOS-Videos handelt es sich somit um multimediales Lernen (d. h. das Lernen mit Bildern und Wörtern) (vgl. Mayer, 2021). In Lernvideos werden Wörter hauptsächlich als Audiokommentar, aber auch als gedruckter Text auf einem Bildschirm präsentiert (Mayer, 2021). Bilder können unter anderem als statische Grafiken, Animationen¹⁶, schematische Zeichnungen oder Realaufnahmen dargestellt werden (z. B. Köse, Taşlibeyaz & Karaman, 2021).

Zur Charakterisierung von Bildern bzw. Visualisierungen in Lernvideos werden in der Literatur häufig die *Dynamik* (statisch oder dynamisch / animiert), die *Dimensionalität* (2D oder 3D) und die *Farbgebung* (z. B. bunt, schwarz-weiß, Grautöne) betrachtet (Imhof, Jarodzka & Gerjets, 2009; Ploetzner & Lowe, 2012; Scheiter et al., 2009). Je nach Gestaltung der Bilder bzw. Visualisierungen kann zwischen verschiedenen Videodesigns unterschieden werden (z. B. Köse et al., 2021). Gängige Videodesigns sind beispielsweise Live-Action-Videos (im Video werden mit einer Kamera abgefilmte, tatsächliche Bewegungen oder reale

¹⁶ Der Begriff „Animation“ (lat. „animare“ = beleben, vgl. Dransch, 2000) beschreibt eine Technik, bei der statische Bilder (z. B. künstlich erstellte Charaktere oder Objekte) in einer hohen Wiedergabegeschwindigkeit abgespielt werden, um die Illusion einer Bewegung zu erzeugen (vgl. Dransch, 2000; Mayer & Moreno, 2002).

Gegenstände/Personen gezeigt, z. B. Lucas, 2019), Animationsvideos (im Video werden Animationen mit auditiver Begleitung gezeigt, z. B. Anah, Novari & Gumelar, 2022), Talking Head Videos (im Video werden durchgängig der Oberkörper und Kopf der Sprecherin/des Sprechers gezeigt, z. B. Fried et al., 2019), oder Voice-over-Slides-Videos (im Video wird eine Abfolge von Präsentationsfolien gezeigt, die mit einem Audiokommentar hinterlegt sind, z. B. Santos-Espino, Alfonso- Suárez & Guerra-Artal, 2016).

Einordnung der vorliegenden Arbeit in den konzeptionellen Kontext

Zusammenfassend ist in der Literatur eine Vielzahl an unterschiedlichen Videodesigns vorzufinden (z. B. Voice-over-Slides-Videos, Animationsvideos), die sich in der Gestaltung ihrer Visualisierungen unterscheiden (z. B. Imhof et al., 2009; Köse et al., 2021). Als wesentliche Merkmale zur Charakterisierung von Visualisierungen werden in der vorliegenden Arbeit die Dynamik, Dimensionalität und die Farbgebung herangezogen, da es sich hierbei um in der Literatur häufig fokussierte Dimensionen handelt (z. B. Imhof et al., 2009; Ploetzner & Lowe, 2012; Scheiter et al., 2009). Auch die Visualisierungen der VRA- und VOS-Videos lassen sich hinsichtlich ihrer Dynamik, Dimensionalität und Farbgebung unterscheiden (vgl. Tabelle 1). Die beiden Videos präsentieren den im Projekt SoDigital digitalisierten Lager- und Bestellprozess des Glasfachbetriebs. Wie bereits in Kapitel 2 erläutert, werden in diesem Prozess zukünftig ein digitales Bestandsmanagementsystem sowie digitale Handscanner eingesetzt.

Die zentralen Visualisierungen des VRA-Videos umfassen die virtuell nachgebildete 3D-Lagerumgebung des Glasfachbetriebs, den animierten VR-Avatar, sowie prototypische Ansichten der Endgerätinterfaces der im Prozess neu einzusetzenden Technologien (digitales Bestandsmanagementsystem und Handscanner). Die im Video gezeigte Lagerumgebung ist eine Videoaufnahme jener VR-Umgebung, die bereits im Rahmen der VR-basierten PKOM (Teilstudie 2) verwendet wurde (vgl. Abbildung 2 (a)). Die Farbgebung im VRA-Video ist der Realität nachempfunden. Der VR-Avatar hat das äußere Erscheinungsbild eines anthropomorphen¹⁷ Charakters (menschenähnlicher Roboter im dreidimensionalen Format) und zeigt menschenähnliche (obere) Körperbewegungen (z. B. Gehen, Zeigegesten, Greifen von Gegenständen). Die prototypischen Ansichten der Endgeräteinterfaces sind realitätsnah dargestellt und enthalten verschiedene Informationen zum Lager- und Bestellprozess des Glasfach-

¹⁷ Bei Anthropomorphismen handelt es sich um die Übertragung bzw. Zuschreibung menschlicher Eigenschaften auf nichtmenschliche Entitäten wie Tiere, Pflanzen, Computer, Roboter, usw. (vgl. Mara & Leichtmann, 2021; Schneider, Beege, Nebel & Rey, 2022).

betriebs (z. B. voraussichtliche An- und Auslieferung von Kisten mit Basisglas) (vgl. Tabelle 1).

Das VOS-Video bildet das Pendant zum VRA-Video. Die zentralen Gestaltungselemente umfassen statische und abstrakte 2D-Grafiken (z. B. PowerPoint-Piktogramme), die auf weißem Hintergrund (d. h. weißen Präsentationsfolien) präsentiert werden. Die Farbgebung im Video ist überwiegend in schwarz-weiß gehalten. Darüber hinaus werden auch hier prototypische Ansichten der Endgeräteinterfaces gezeigt. Diese sind jedoch abstrakt gestaltet und enthalten keine Informationen zum Lager- und Bestellprozess des Glasfachbetriebs (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Visuelle Gestaltungselemente der VRA- und VOS-Videos

VRA-Video (VR-basiertes Avatarvideo)	VOS-Video (Voice-over-Slides-Video)
<ul style="list-style-type: none"> • <i>VR-Avatar</i> <ul style="list-style-type: none"> • Animiert/ menschenähnliche Körperbewegungen • Grautöne • 3D • Anthropomorph (bzw. menschenähnlich) • <i>Virtuell nachgebildete Lagerumgebung des Glasfachbetriebs (als Videohintergrund)</i> <ul style="list-style-type: none"> • Statisch • 3D • Bunte Farbgebung, die der Realität nachempfunden ist • <i>Prototypische Ansichten der Endgeräteinterfaces</i> <ul style="list-style-type: none"> • Enthalten prozessrelevante Informationen (z. B. voraussichtliche An- und Auslieferungen von Waren) 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>PowerPoint-Grafiken</i> <ul style="list-style-type: none"> • Statisch • 2D • Schwarz-weiß und Grautöne • <i>Weißer Videohintergrund</i> <ul style="list-style-type: none"> • Statisch • 2D • Weiße Farbgebung • <i>Prototypische Ansichten der Endgeräteinterfaces</i> <ul style="list-style-type: none"> • Enthalten keine prozessrelevanten Informationen
<ul style="list-style-type: none"> • Beide Lernvideos beinhalteten denselben Audiokommentar (weibliche, menschliche Stimme), der die Durchführung der Prozessschritte erläutert. 	

Aufgrund der divergierenden visuellen Gestaltung der VRA- und VOS-Videos kann angenommen werden, dass sie das Prozessverständnis der Mitarbeitenden und deren Lernmotivation unterschiedlich gut fördern. Bevor jedoch mögliche Unterschiede abgeleitet werden, erfolgt zunächst die Bestimmung der Begriffe Prozessverständnis und Lernmotivation. Darüber hinaus werden die wesentlichen theoretisch-konzeptionellen Grundlagen vorgestellt, anhand derer die potenziellen Wirkungen der VRA- und VOS-Videos (bzw. der darin enthaltenen Visualisierungen und Gestaltungselemente) auf das Prozessverständnis und die Lernmotivation beschrieben werden können.

4.2. Der Aufbau von Prozessverständnis mittels VRA- und VOS-Videos

Der Begriff Prozessverständnis bezieht sich auf das Verstehen einzelner Prozesselemente (z. B. praktische Durchführung von Prozessschritten oder prozessbeteiligte Rollen / Tätigkeiten) und deren Beziehungen zueinander (z. B. Burton-Jones & Meso, 2008). Nach Burton-Jones und Meso (2008) kann zwischen zwei Ausprägungen des Prozessverständnisses unterschieden werden, darunter oberflächliches und tiefes Prozessverständnis (Burton-Jones & Meso, 2008). Diese Ausprägungen lassen sich anhand von Retentionsleistungen und Transferleistungen operationalisieren (Recker & Dreiling, 2011). Retentionsleistungen liegen vor, wenn das Individuum den Arbeitsprozess (d. h. dessen Prozesselemente und Beziehungen) versteht und wiedergeben kann (Recker & Dreiling, 2011). Transferleistungen hingegen umfassen die Fähigkeit, ein tieferes Prozessverständnis auf Problemlösungssituationen zu übertragen (Recker & Dreiling, 2011). Gute Retentionsleistungen, aber schlechte Transferleistungen deuten auf ein oberflächliches Prozessverständnis hin (Recker & Dreiling, 2011). Bei einem tiefen Prozessverständnis liegen sowohl gute Retentions- als auch Transferleistungen vor (Recker & Dreiling, 2011).

Cognitive Theory of Multimedia Learning

Geschieht der Aufbau von Prozessverständnis (= Prozesslernen) mithilfe von Lernvideos handelt es sich – wie bereits angedeutet – um multimediales Lernen (vgl. Mayer, 2021). Beim multimedialen Lernen werden kognitive Modelle zu einem Lerngegenstand auf der Basis von Bildern und Wörtern gebildet (Mayer, 2014). Gemäß der „Cognitive Theory of Multimedia Learning“ (CTML, Mayer, 2014) findet die Verarbeitung von Bildern und Wörtern in zwei separaten Kanälen statt (Mayer, 2014). Diese Kanäle unterscheiden sich im sensorischen Gedächtnis in ihrer Modalität (visuell vs. akustisch) und im Arbeitsgedächtnis in ihrer Kodalität (verbal vs. piktoral) (Scheiter, Richter & Renkl, 2020). Die Verarbeitungskapazität der beiden Kanäle ist begrenzt, sodass nur eine limitierte Anzahl an Informationen zur gleichen Zeit aufgenommen und verarbeitet werden kann (Mayer, 2014). Die (aktiven) kognitiven Verarbeitungsprozesse umfassen gemäß der CTML die Selektion, die Organisation und die Integration von Lerninformationen (Mayer, 2014). Zunächst erfolgt die Selektion visueller und akustischer Informationen mithilfe des sensorischen Gedächtnisses (Mayer, 2014). Die selektierten Wort- und Bildinformationen werden anschließend im Arbeitsgedächtnis zu zwei „kanalspezifischen“ mentalen Modellen – d. h. einem verbalen und einem piktoralen Modell – organisiert (Stiller, Schworm & Gruber, 2020). In einem letzten Schritt werden die verbalen und piktoralen Modelle unter Zuhilfenahme von Vorwissen (aus dem Langzeitgedächtnis) zu einem kohärenten mentalen Modell integriert (Scheiter et al., 2020). Ein solches kohärentes

mentales Modell ist die Voraussetzung dafür, dass Lernende das erworbene Wissen auch in neuen Situationen – z. B. in Problemlösesituationen – anwenden können (Transferleistungen) (vgl. Mayer, 2014).

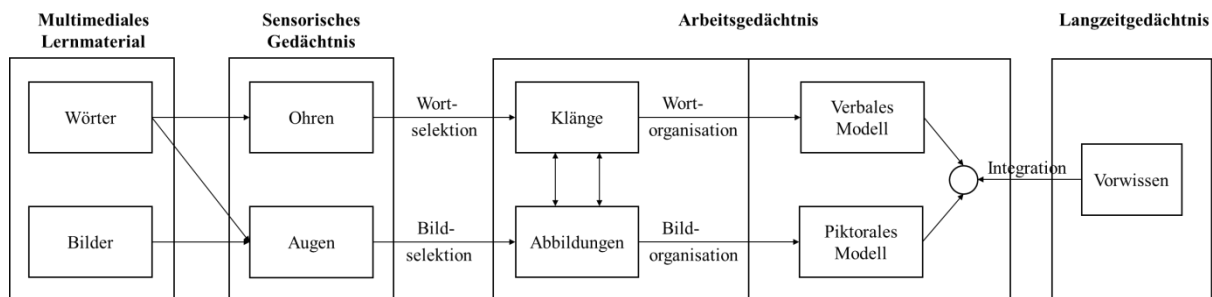


Abbildung 3: Cognitive Theory of Multimedia Learning (in Anlehnung an Reinhold, 2019, S. 113)

Die Cognitive Theory of Multimedia Learning unterscheidet zudem zwischen drei Arten der Informationsverarbeitung. Dazu gehören das „Essential Processing“, das „Generative Processing“ und das „Extraneous Processing“ (Mayer, 2014). Beim „Essential Processing“ wird der Lerninhalt im Arbeitsgedächtnis mental repräsentiert (Mayer, 2014). In diesem Rahmen werden die selektierten Informationen so organisiert, dass die resultierenden verbalen und piktoralen Modelle den vermittelten Lerninhalten entsprechen (Mayer, 2014). Beim Generative Processing hingegen geht es um das Verstehen der Lerninhalte (Sinnkonstruktion) (vgl. Mayer, 2014). Dabei steht die Integration der gebildeten verbalen und piktoralen Modelle zu einem kohärenten mentalen Modell im Vordergrund (Mayer, 2014). Das Generative Processing schlägt sich insbesondere in guten Transferleistungen nieder (Mayer, 2014). Das Extraneous Processing ist – im Gegensatz zum Essential und Generative Processing – nicht auf das Lernziel ausgerichtet (Mayer, 2014). Das Extraneous Processing entsteht hauptsächlich durch ineffektiv gestaltete Lernmaterialien (z. B. Darstellung interessanter Grafiken, die sich jedoch nicht auf den Lerngegenstand beziehen) (Mayer, 2014). Nach Mayer (2014) sollte das Generative Processing entsprechend erhöht, das Essential Processing organisiert und das Extraneous Processing reduziert werden (Mayer, 2014).

Eine Möglichkeit zur Erhöhung des Generative Processing ist der Einsatz von pädagogischen Agenten (vgl. Mayer, 2014). Bei pädagogischen Agenten (PAs) handelt es sich um Charaktere, die zur Unterstützung von Lernprozessen in multimedialen Lernumgebungen verwendet werden (z. B. Peng & Wang, 2022; Wang, Mayer & Liu, 2018). Auch der im VRA-Video präsentierte VR-Avatar wird als ein pädagogischer Agent betrachtet, da er zur Unterstützung des Prozesslernens bzw. des Aufbaus von Prozessverständnis eingesetzt wird.

Um die möglichen Wirkungen des VR-Avatars auf das Prozessverständnis zu beschreiben, wird in der vorliegenden Arbeit die „Social Agency Theory“ (Mayer, 2014) herangezogen.

Social Agency Theory

Gemäß der „Social Agency Theory“ (Mayer, 2014) gehen von pädagogischen Agenten bzw. Avataren soziale Hinweisreize¹⁸ aus (z. B. Mimik, Gestik / Körperbewegungen, Körperhaltung und äußeres Erscheinungsbild, Stimme, Wortwahl) (vgl. Mayer, 2014). Dadurch wird eine „soziale Präsenz“ induziert (vgl. Mayer, 2014), welche das Gefühl der Lernenden beschreibt, sich tatsächlich in einer sozialen Interaktionssituation zu befinden (Mayer, 2014; Stiller et al., 2020). In diesem Rahmen wird der pädagogische Agent bzw. der Avatar als ein sozialer Interaktionspartner wahrgenommen (Stiller et al., 2020; Wang, Li, Mayer & Liu, 2018). Die „soziale Präsenz“ führt dazu, dass die Lernenden ihre aktiven kognitiven Verarbeitungsprozesse (Selektion, Organisation und Integration) intensivieren, um das Lernmaterial zu verstehen (Generative Processing) (Mayer, 2014). Das dabei erhöhte Generative Processing spiegelt sich, wie bereits durch die CTML postuliert, insbesondere in guten Transferleistungen wider (Mayer, 2014) (vgl. Abbildung 4).

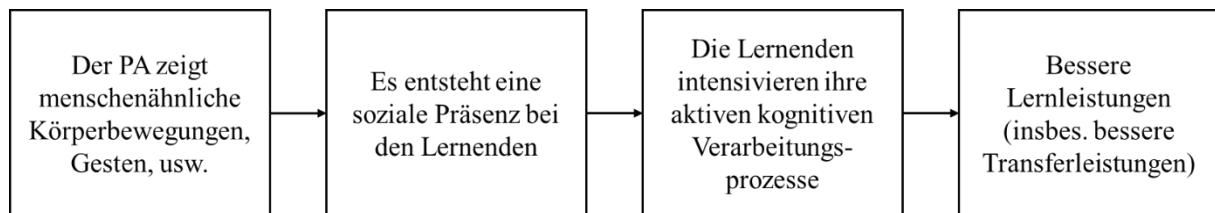


Abbildung 4: Wirkungen sozialer Hinweisreize beim multimedialen Lernen (in Anlehnung an Mayer, 2014, S. 347)

Mayer (2014) postuliert verschiedene Prinzipien, wie soziale Hinweisreize eingesetzt werden können und sollten, um die oben beschriebenen Wirkmechanismen anzustoßen. Das „Voice-Prinzip“ besagt beispielsweise, dass Menschen besser lernen, wenn die Wörter von einer menschlichen Stimme anstatt von einer computergenerierten Stimme gesprochen werden (Mayer, 2014). Das in dieser Arbeit fokussierte „Embodiment-Prinzip“ postuliert, dass Menschen besser lernen, wenn die am Bildschirm gezeigten pädagogischen Agenten bzw. Avatare menschenähnliche Gesten, Bewegungen, Augenkontakt und Mimik zeigen (Mayer, 2014).

¹⁸ Bei sozialen Hinweisreizen handelt es sich um materialbasierte (d. h. vom Lernmaterial ausgehende) Reize, die eine zwischenmenschliche Interaktion simulieren (vgl. z. B. Schneider et al., 2022).

Kontextualisiertes Lernen

Der VR-Avatar im VRA-Video agiert nicht vor einem weißen Hintergrund, sondern in der virtuell nachgebildeten 3D-Lagerumgebung des Glasfachbetriebs. Seine Handlungen sind somit (visuell) in einen virtuellen Arbeitskontext eingebettet. Auf diese Weise kann kontextualisiertes Lernen gefördert werden (z. B. Setyowati, Rochmat & Nugroho, 2023). Der Begriff Kontext leitet sich vom lateinischen Wort „contextere“ ab, was „verknüpfen“ oder „verflechten“ bedeutet (Parchmann & Kuhn, 2018). Auf die Frage, was mit den Lerninhalten verknüpft werden soll, finden sich nach Parchmann und Kuhn (2018) verschiedene Möglichkeiten. Entsprechend vielfältig wird der Begriff Kontext verstanden (Parchmann & Kuhn, 2018). Häufig wird Kontext mit der Lernumgebung gleichgesetzt, in der Lernen stattfindet (z. B. in der Schule) (Parchmann & Kuhn, 2018, S. 195). Hierbei erfolgt die Kontextualisierung durch einen äußeren Kontext (Parchmann & Kuhn, 2018). Andererseits kann Kontext durch die Verknüpfung des Lerninhalts mit dem (späteren) Anwendungsbereich geschaffen werden (Parchmann & Kuhn, 2018). Parchmann und Kuhn (2018) sprechen hier auch von der inhaltsbezogenen Kontextualisierung. Die inhaltsbezogene Kontextualisierung kann vielfältig erfolgen. So ist es möglich, Bilder des späteren Anwendungsbereichs neben dem Lerninhalt (z. B. in einem Buch) zu präsentieren (vgl. Setyowati et al., 2023). Darüber hinaus kann die (spätere) Anwendungssituation des Lerninhalts auch in VR-Umgebungen oder in Lernvideos vermittelt werden (z. B. Boda & Brown, 2020; Noviana, Rosidin & Yuliana, 2023; Rachmadina & Pratiwi, 2021; Tamrin & Desnita, 2023; Wang, Zhang & Wang, 2024).

Unabhängig davon, wie Kontextualisierung geschieht (z. B. inhaltlich oder über die äußere Lernumgebung), können mit kontextualisiertem Lernen positive Wirkungen auf die Lernergebnisse sowie die Motivation der Lernenden einhergehen. So wurde bereits empirisch gezeigt, dass kontextualisierte Lernumgebungen bzw. -materialien eine Erhöhung der Selbstwirksamkeitserwartung von Lernenden in Bezug auf die eigene Lernfähigkeit (wird häufig als eine motivationale Variable angesehen, vgl. z. B. Keller, 2010) oder die Steigerung ihres situationalen Interesses¹⁹ bewirken können (vgl. Chen, Wang, Zou, Lin & Xie, 2019; Schmid, 2023). Zudem wird betont, dass durch die kontextualisierte Vermittlung von Lerninhalten insbesondere deren Relevanz und Sinnhaftigkeit deutlich wird (vgl. Parchmann & Kuhn, 2018; Schmid, 2023).

¹⁹ Situationales Interesse beschreibt „(...) einen einmaligen, situationsspezifischen, motivationalen Zustand (Interessiertheit), der aus den besonderen Anreizbedingungen des Gegenstands bzw. einer Lernsituation (Interessantheit) resultiert“ (Vogt, 2007, S. 12).

Einordnung der vorliegenden Arbeit in den konzeptionellen Kontext

Zusammenfassend bezieht sich das Prozessverständnis in der vorliegenden Arbeit auf das Verstehen einzelner Prozesselemente (z. B. die praktische Ausführung von Prozessschritten oder prozessbeteiligte Rollen / Tätigkeiten) und deren Beziehungen zueinander (vgl. Burton-Jones & Meso, 2008). Erfolgt der Aufbau von Prozessverständnis (= Prozesslernen) mit Hilfe von Lernvideos, handelt es sich um multimediales Lernen (vgl. Mayer, 2021). Beim multimedialen Lernen erfolgt der Aufbau von Verständnis anhand von Bildern und Wörtern, die in zwei separaten Kanälen verarbeitet und anschließend zu einem kohärenten mentalen Model integriert werden (vgl. Mayer, 2014).

Diese kognitiven Verarbeitungsprozesse können durch die Kontextualisierung von Lerninhalten sowie den Einsatz von pädagogischen Agenten bzw. VR-Avataren unterstützt werden (vgl. Chen et al., 2019; Chin et al., 2016; Dinçer & Doğanay, 2017). Kontextualisierung wird in dieser Arbeit primär als Verknüpfung des Lerninhalts (hier: der digitalisierte Lager- und Bestellprozess des Glasfachbetriebs) mit dem (späteren) Anwendungskontext (hier: der Arbeitskontext im Lager des Glasfachbetriebs, welches im Video als dreidimensionale virtuelle Nachbildung gezeigt wird) verstanden. Aufgrund des dadurch hergestellten Lebensweltbezugs können neue Lerninhalte mit bereits bestehendem Wissen oder Erfahrungen in Verbindung gebracht und auf diese Weise einfacher verarbeitet werden (vgl. Chen et al., 2019; Guo et al., 2013). Kontextualisiertes Lernen gilt unter anderem als vorteilhaft, um das Verstehen von Lerninhalten zu unterstützen und die persönliche Relevanz des Lerngegenstands für die Lernenden hervorzuheben (z. B. Chen et al., 2016; Schmid, 2023).

Auch pädagogische Agenten bzw. Avatare gelten hilfreich, um das Verstehen von Lerninhalten zu fördern (z. B. Mayer & DaPra, 2012). Wie bereits erläutert, wird die durch den PA bzw. Avatar ausgelöste „soziale Präsenz“ (Illusion einer Interaktionssituation, Mayer, 2014) als ein Auslöser des Generative Processing angesehen, welches für die Bildung eines kohärenten mentalen Modells erforderlich ist und sich insbesondere in guten Transferleistungen niederschlägt (vgl. Mayer, 2014).

In Bezug auf die Grundannahmen der CTML (Mayer, 2014) lässt sich zunächst sagen, dass sich die kognitiven Verarbeitungsprozesse und -anforderungen beim Prozesslernen mit den VRA- und VOS-Videos insbesondere hinsichtlich der Verarbeitung von Bildinformationen unterscheiden. Wie bereits in Tabelle 1 ausführlich beschrieben, weisen beide Videos divergierende visuelle Gestaltungselemente auf. Aufgrund der Tatsache, dass in beiden Videos derselbe Audiokommentar verwendet wird, dürften sich die Verarbeitungsanforderungen der verbalen Informationen hingegen weniger unterscheiden. Mit Blick auf den Ansatz des

kontextualisierten Lernens lässt sich zunächst annehmen, dass die im VRA-Video präsentierte, virtuelle 3D-Lagerumgebung konkrete Bezüge zum realen Anwendungs- bzw. Arbeitskontext beim Glasfachbetrieb herstellt, wodurch ein kohärentes mentales Modell aufgebaut und das Prozessverständnis der Mitarbeitenden gefördert werden kann (vgl. z. B: Guo et al., 2013). Darüber hinaus kann das Prozessverständnis durch den animierten VR-Avatar unterstützt werden. Im Sinne der Social Agency Theory (Mayer, 2014) lässt sich dies auf die durch den Avatar induzierte soziale Präsenz und das damit verbundene (erhöhte) Generative Processing zurückführen (vgl. Mayer, 2014). Da entsprechende Visualisierungen (virtuelle Arbeitsumgebung und animierter Avatar) im VOS-Video nicht vorhanden sind, wird das Prozessverständnis möglicherweise weniger effektiv gefördert.

Die im VRA-Video dargestellte virtuelle 3D-Lagerumgebung sowie der VR-Avatar weisen jedoch nicht nur besondere Potenziale zur Förderung des Prozessverständnisses auf, sondern auch zur Erhöhung der Lernmotivation. Die theoretisch-konzeptionellen Grundlagen, die zur Beschreibung des Motivationspotenzials entsprechender Darstellungen im VRA-Video herangezogen werden, werden im nachfolgenden Kapitel präsentiert.

4.3. Erhöhung der Lernmotivation mittels VRA- und VOS-Videos

Die Lernmotivation ist von großer Bedeutung, da sie die Richtung, die Ausdauer und die Intensität des Lernens bestimmt (Cook & Artino, 2016; Zander & Heidig, 2019). Lernmotivation ist ein vielschichtiger Begriff und kann allgemein als die Absicht oder Bereitschaft einer Person definiert werden, bestimmte Inhalte oder Fertigkeiten zu erlernen (Zander & Heidig, 2019). Mit Blick auf das Grundmodell der klassischen Motivationspsychologie (Rheinberg, 2008) wird deutlich, dass die Lernmotivation einerseits durch persönliche Faktoren und andererseits durch situative Faktoren bedingt wird (Zander & Heidig, 2019). Persönliche Faktoren umfassen dispositionale bzw. überdauernde Neigungen einer Person, wie beispielsweise ihr persönliches Interesse für den Lerngegenstand oder bestimmte Motive (z. B. das Leistungsmotiv) (Zander & Heidig, 2019). Situative Faktoren hingegen beziehen sich auf die Eigenschaften der Lernsituation (z. B. die Aufgabenanforderungen oder die didaktische Konzeption der Lernumgebung) und können entsprechend verändert bzw. motivational gestaltet werden (Zander & Heidig, 2019). Ein in der Forschung und Praxis weit verbreitetes Modell zur motivationalen Gestaltung der Lernsituation ist das ARCS-Modell von Keller (2010). Nach dem ARCS-Modell zeichnen sich motivationale Lernmaterialien bzw. -umgebungen dadurch aus, dass sie die Aufmerksamkeit (engl. „attention“), die Relevanz

(engl. „relevance“), das Vertrauen (engl. „confidence“) und die Zufriedenheit (engl. „satisfaction“) der Lernenden erhöhen (vgl. Keller, 2010).

Der Faktor Aufmerksamkeit (ARCS-A) verdeutlicht, dass die Neugier und das Interesse der Lernenden durch das Lernmaterial geweckt und aufrechterhalten werden sollten (vgl. Keller, 2010). Dies kann durch ansprechende und interessante Visualisierungen, wie beispielsweise Animationen, bunte Farben, pädagogische Agenten bzw. Avatare oder kontextbezogene Visualisierungen erreicht werden (z. B. Chin, Hong, Huang, Shen & Lin, 2016; Jong, 2023; Zander & Heidig, 2019).

Der Faktor Relevanz (ARCS-R) besagt, dass die persönliche, wahrgenommene Relevanz der Lerninhalte für die Lernenden hervorgehoben werden sollte (vgl. Keller, 2010). Nach Keller (2010) kann die wahrgenommene Relevanz gefördert werden, indem konkrete Beispiele in die Lerneinheit integriert werden, die einen Bezug zur individuellen Lebenswelt der Lernenden herstellen oder Verbindungen zum realen Anwendungskontext schaffen. Dies entspricht den bereits beschriebenen Grundsätzen des kontextualisierten Lernens (vgl. Parchmann & Kuhn, 2018; Schmid, 2023). Eine weitere Möglichkeit, die Relevanz von Lerninhalten zu veranschaulichen, ist die Präsentation von anthropomorphen pädagogischen Agenten bzw. Avataren (Zander & Heidig, 2019). Aus Perspektive der Social Agency Theory (Mayer, 2014) wird der Avatar bzw. PA von den Lernenden als ein sozialer Interaktionspartner angesehen, wodurch die Lerninhalte automatisch als wichtig wahrgenommen werden (vgl. Stiller et al., 2020).

Der Faktor Vertrauen (ARCS-C) verdeutlicht, dass das Vertrauen der Lernenden in die eigene Lernfähigkeit (= Erfolgszuversicht) gefördert werden sollte (Keller, 2010). Nach Keller (2010) kann dies durch den strukturierten Aufbau des Lernmaterials und eine konkrete Erläuterung der Lernziele erfolgen (Keller, 2010). Mit Blick auf die visuelle Gestaltung kann das Vertrauen durch den Einsatz von pädagogischen Agenten bzw. Avataren erhöht werden (z. B. van der Meij, van der Meij & Harmsen, 2015). Dies kann damit begründet werden, dass durch die entstehende Vertrautheit bzw. „Vermenschlichung“ der Lernsituation auch das Vertrauen der Lernenden in die eigenen Lernfähigkeiten gestärkt werden kann (van der Meij et al., 2015).

Der Faktor Zufriedenheit (ARCS-S) besagt, dass die Zufriedenheit der Lernenden mit der Lernerfahrung erhöht werden sollte (Keller, 2010). Dies kann unter anderem durch die Schaffung positiver Emotionen, wie zum Beispiel Freude, erreicht werden (vgl. Keller, 2010). Auf visueller Gestaltungsebene lassen sich positive Emotionen unter anderem durch den Ein-

satz ansprechender Visualisierungen (z. B. Anthropomorphismen und warme Farben) erzeugen (z. B. Plass, Heidig, Hayward, Homer & Um, 2014; Um et al., 2012).

Neben Hinweisen für Gestaltungsempfehlungen bietet das ARCS-Modell eine Grundlage zur Messung des Motivationspotenzials von Lernumgebungen bzw. -materialien. Dazu entwickelten Keller (2010) den "Instructional Materials Motivation Survey" (IMMS), welcher die ARCS-Faktoren anhand von 36 Items operationalisiert (vgl. Keller, 2010).

Einordnung der vorliegenden Arbeit in den konzeptionellen Kontext

Zusammenfassend ist die Lernmotivation von großer Bedeutung, da sie die Richtung, die Ausdauer und die Intensität von Lernhandlungen bestimmt (vgl. Zander & Heidig, 2019). Gemäß dem ARCS-Modell (Keller, 2010) kann die Lernmotivation durch das Lernmaterial erhöht werden. Dazu sollte das Material derart gestaltet sein, dass die Aufmerksamkeit (ARCS-A), die wahrgenommene Relevanz (ARCS-R), das Vertrauen (ARCS-C) und die Zufriedenheit (ARCS-S) der Lernenden gefördert werden (vgl. Keller, 2010).

Die Empfehlungen des ARCS-Modells, die sich nicht primär auf visuelle Gestaltungsaspekte beziehen, werden im VRA-Video und im VOS-Video gleichermaßen umgesetzt. Hierzu zählen unter anderem die Erläuterung der Lernziele, der logische und einheitliche Aufbau der Videoszenen sowie die Beschreibung der zukünftigen Lager- und Bestellprozessschritte durch einen Audiokommentar mit menschlicher, weiblicher Stimme. Hinsichtlich der motivationalen visuellen Gestaltung liegen hingegen Unterschiede zwischen den beiden Videos vor. Mit Blick auf das ARCS-Modell enthält das VRA-Video im Gegensatz zum VOS-Video verschiedene motivationale Visualisierungen. So kann die virtuelle 3D-Lagerumgebung durch Schaffung eines Kontextbezugs die Relevanz (ARCS-R) des im Video gezeigten Lager- und Bestellprozesses unterstreichen (vgl. Parchmann & Kuhn, 2018; Schmid, 2023). Die durch den VR-Avatar erzeugte Illusion einer sozialen Interaktionssituation kann ebenfalls zur Erhöhung der wahrgenommenen Relevanz des beitragen. Dieser Effekt ist darauf zurückzuführen, dass Avatare als soziale Interaktionspartner aufgefasst werden, wodurch die von ihnen vermittelten Lerninhalte automatisch als relevant erscheinen (Stiller et al., 2020). Darüber hinaus erweist sich die durch den VR-Avatar erzeugte Vermenschlichung der Lernsituation als förderlich für die Erfolgsoversicht der Lernenden (ARCS-C) (van der Meij et al., 2015). Zudem können die interessante und visuell ansprechende Gestaltung der 3D-Lagerumgebung sowie des anthropomorphen VR-Avatars die Aufmerksamkeit der Lernenden (ARCS-A) sowie ihre Zufriedenheit mit der Lernerfahrung (ARCS-S) unterstützen (z. B. Keller, 2010; Plass et al., 2014; Um et al., 2012).

Trotz der vielversprechenden Vorteile von VRA-Videos zur Förderung der Lernmotivation und des Prozessverständnisses (vgl. Kapitel 4.2), ist auch eine kritische Perspektive auf den Einsatz von VRA-Videos zu berücksichtigen. Wie bereits angedeutet existieren im aktuellen Stand der Forschung divergierende Meinungen darüber, ob die im VRA-Video enthaltenen Visualisierungen (z. B. der animierte VR-Avatar und die virtuell nachgebildete 3D-Lagerumgebung) eher lernförderlich oder lernhinderlich sind.

4.4. Wirkungen der VRA- und VOS-Videos auf das Prozessverständnis und die Lernmotivation

Beispielstudien aus dem aktuellen Stand der Forschung

Aus einer kritischen Perspektive werden die im VRA-Video enthaltenen Visualisierungen als eine Quelle des Extraneous Processing angesehen (Scheiter et al., 2009). In diesem Zusammenhang wird insbesondere das „Coherence-Prinzip“ (Mayer, 2014) angeführt (Scheiter et al., 2009). Demzufolge sollten Visualisierungen, die zwar interessant, jedoch für das Lernziel irrelevant sind, vermieden werden (z. B. Harp & Mayer, 1998; Scheiter et al., 2009; Um et al., 2012). Insofern könnten die im VRA-Video dargestellte 3D-Lagerumgebung und der animierte VR-Avatar zwar als interessant, aber für den Aufbau von Prozessverständnis als irrelevant erachtet werden.

Darüber hinaus wird postuliert, dass das Lernen mit dynamischen Visualisierungen bzw. Animationen einen hohen kognitiven Aufwand erfordert (z. B. Amadiou, Mariné & Laimay, 2011; Yarden & Yarden, 2010). Dahinter steht die Annahme, dass bereits verschwundene Bildinformationen im Arbeitsgedächtnis aufrechterhalten werden müssen, um eine angemessene Verarbeitung zu ermöglichen (Hegarty, 2004). Vor diesem Hintergrund würde auch der animierte VR-Avatar als kognitiv überlastend angesehen werden.

Andere Perspektiven führen im Hinblick auf den Einsatz von Avataren bzw. pädagogischen Agenten den „Split-Attention-Effekt“ (Chandler & Sweller, 1992, S. 233) an (vgl. Dinçer & Doğanay, 2017). Dieser besagt, dass Lernende beim Einsatz von Avataren bzw. pädagogischen Agenten ihre Aufmerksamkeit auf verschiedene visuelle Quellen aufteilen müssen, was mit einer hohen kognitiven Anstrengung einhergeht (Chandler & Sweller, 1992). Auch hier würde argumentiert werden, dass der im VRA-Video präsentierte Avatar einen entsprechenden Split-Attention-Effekt hervorrufen könnte.

Unter Berücksichtigung der vorgebrachten kritischen Argumente würde womöglich für den Einsatz des VOS-Videos plädiert werden. So führen abstrakte und statische Visualisierungen (wie im VOS-Video) aus Perspektive der Kritiker*innen weniger zu einem Extraneous

Processing, sondern unterstützen vielmehr die Fokussierung auf relevante Lerninhalte (Scheiter et al., 2009). Im aktuellen Stand der Forschung gibt es jedoch wenig empirische Befunde, welche die Annahme stützen, dass die Visualisierungen im VRA-Video tatsächlich ein hohes Extraneous Processing auslösen. Vergleichsstudien, Metaanalysen und konzeptionelle Studien zeigen vielmehr, dass ähnliche wie im VRA-Video enthaltene Visualisierungen sogar zu besseren oder zu gleich guten Lernergebnissen führen wie die im VOS-Video enthaltenen abstrakten und statischen Grafiken (vgl. Chin et al., 2016; Dinçer & Doğanay, 2017; H'mida et al., 2020; Höffler & Leutner, 2007; Leyer et al., 2021; Wang et al., 2018; Wouters et al., 2008). Entsprechende Studien werden im Folgenden genauer beschrieben. Mit Blick auf diese Studien sowie die zuvor erläuterten theoretischen Konzepte und Modelle werden Hypothesen zur Lern- und Motivationsförderlichkeit des VRA-Videos im Vergleich zum VOS-Video abgeleitet.

Vorliegende Studien zum VR-gestützten Prozesstraining zeigen, dass die Darstellung von Arbeitsprozessen bzw. Prozessmodellen in virtuell nachgebildeten Arbeitsumgebungen sowie die Simulation der praktischen Ausführung der Prozessschritte durch menschenähnliche VR-Avatare (statisch oder dynamisch) das Prozessverständnis fördern (z. B. Aysolmaz et al., 2016; Leyer et al., 2019; Leyer et al., 2021). Leyer et al. (2021) stellen entsprechende Visualisierungen in einer Desktop-Lernumgebung zur Verfügung und untersuchen deren Eignung zur Förderung von Prozessverständnis im Vergleich zu einem konventionellen 2D-Prozessmodell (beruhend auf der BPMN-Notation). Die Ergebnisse zeigen, dass die Desktop-Anwendung zu einem besseren Prozessverständnis – im Sinne eines schnelleren und genaueren Abrufens von Prozessinformationen – führt als das 2D-Prozessmodell (Leyer et al., 2021). Die Ergebnisse werden unter anderem damit erklärt, dass die Lernenden eine räumlich-visuelle Verbindung zwischen den abstrakten Prozessinformationen und den in der 3D-Umgebung abgebildeten Objekten (z. B. Arbeitsmittel) und Avataren herstellen konnten (Leyer et al., 2021). Zudem wird argumentiert, dass unter Einsatz der Desktop-Anwendung kontextualisiertes Lernen gefördert wurde. Durch die virtuelle Arbeitsumgebung und die menschenähnlichen Avatare wurde ein konkreter Bezug zum realen Anwendungsbereich des vermittelten Arbeitsprozesses hergestellt, was die Bildung mentaler Repräsentationen vereinfachte (Leyer et al., 2021).

Die lernförderlichen Wirkungen der in virtuell nachgebildeten Arbeitsumgebungen agierenden Avatare lassen sich insbesondere durch empirische Studien mit Bezug auf die Social Agency Theory (Mayer, 2014) beschreiben. Castro-Alonso, Wong, Adesope und Paas (2021) stellen in ihrer Metaanalyse fest, dass bereits die bloße Anwesenheit eines pädagogischen Agenten bzw. Avatars im Lernmaterial zu signifikant besseren Lernergebnissen (Re-

tentions- und Transferleistungen) führen kann. Davis (2018) hingegen zeigt im Sinne des „Embodiment-Prinzips“, dass bessere Lernergebnisse primär durch die Verkörperung von pädagogischen Agenten bzw. Avataren entstehen. In seiner Metaanalyse stellt sich heraus, dass Lernmaterialien, in denen PAs mit menschenähnlichen Körperbewegungen, Gesten oder Gesichtsausdrücken präsentiert werden, zu signifikant besseren Retentions- und Transferleistungen führten als Lernmaterialien mit einem statischen PA oder ohne einen PA (Davis, 2018). Wang et al. (2018) kommen zu ähnlichen Erkenntnissen. Im Rahmen ihrer experimentellen Vergleichsstudie kontrastierten sie die Lerneffektivität einer Online-Lerneinheit zur synaptischen Übertragung mit und ohne einen weiblichen, verkörperten PA (mit weiblicher Stimme, menschenähnlicher Körperhaltung, Blick und Zeigegesten). Die Ergebnisse zeigen, dass die Online-Lerneinheit mit dem weiblichen PA zu signifikant besseren Retentions- und Transferleistungen führte als die Lerneinheit ohne den PA (Wang et al., 2018).

Wie bereits im Rahmen der theoretischen Ausführungen zum ARCS-Modell angedeutet, besitzt das VRA-Video aufgrund seiner visuellen Designelemente (virtuell nachgebildete 3D-Lagerumgebung und animierter VR-Avatar) zudem ein besonderes Motivationspotenzial. In der Studie von Jong (2023) wurde beispielsweise untersucht, inwiefern der Einsatz von VR-Umgebungen, in denen Klassenräume einer Schule simuliert werden, die Motivation angehender Lehrkräfte während des Studiums fördert. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass entsprechende VR-Umgebungen ein besonderes Potenzial zur Förderung der ARCS-Faktoren – mit Ausnahme des Faktors Vertrauen (ARCS-C) – aufweisen (Jong, 2023). Die hohe Aufmerksamkeit (ARCS-A) der Proband*innen wird darauf zurückgeführt, dass die authentisch nachgebildeten Klassenräume als späterer beruflicher Anwendungskontext die Neugier und das Interesse der Lehramtsstudierenden geweckt haben (Jong, 2023). In Bezug auf den Faktor Relevanz (ARCS-R) wird gezeigt, dass durch die Herstellung eines authentischen Bezugs zum späteren beruflichen Anwendungskontext auch die Relevanz der Lerninhalte für das spätere Berufsleben der Lehrkräfte verdeutlicht wurde (Jong, 2023). Wie bereits erwähnt, wurde der Faktor Vertrauen (ARCS-C) hingegen nicht gefördert (Jong, 2023). Dies wird damit begründet, dass einige Proband*innen Bedenken hinsichtlich des Komforts und der Benutzerfreundlichkeit der VR-Umgebung äußerten (Jong, 2023). Die dennoch hohe Zufriedenheit der Lernenden mit der Lernerfahrung (ARCS-S) wird damit begründet, dass durch die lebendigen Diskussionen und Interaktionen im virtuell nachgebildeten Klassenraum positive Gefühle (z. B. Freude) bei den Lernenden erzeugt wurden (Jong, 2023).

Chin et al. (2016) untersuchten den potenziellen Nutzen eines animierten PAs in einer digitalen Lernplattform zur Förderung der Lernmotivation (ARCS-Faktoren) von Grundschü-

ler*innen (im naturwissenschaftlichen Unterricht zur Insektenmetamorphose). Der animierte PA (dargestellt als ein cartoonartiges Wesen) ist in unmittelbarer Nähe des Lerninhalts abgebildet und gibt inhaltliche Hinweise bzw. Hilfestellungen, die als Sprechblasen dargestellt wurden (Chin et al., 2016). Die Ergebnisse zeigen, dass alle ARCS-Faktoren bei den Proband*innen hoch ausgeprägt sind (Chin et al., 2016). Die hohe Aufmerksamkeit der Lernenden (ARCS-A) wird damit erklärt, dass die Lerninhalte durch den Einsatz des PAs unterhaltsamer und interessanter erscheinen (Chin et al., 2016). Die hohe Ausprägung des Relevanzfaktors (ARCS-R) wird auf die Tatsache zurückgeführt, dass die Lerninhalte, die durch den PA vermittelt werden, das persönliche Interesse der Lernenden ansprechen (Chin et al., 2016). Die hoch ausgeprägte Erfolgszuversicht (ARCS-C) wird auf die Tatsache zurückgeführt, dass durch die menschenähnliche Sprache und Gestik des PAs eine Vertrautheit erzeugt wird, die wiederum das Vertrauen der Lernenden in die eigene Lernfähigkeit unterstützt (Chin et al., 2016). Schließlich wird argumentiert, dass die Zufriedenheit der Lernenden (ARCS-S) durch die interessante und visuell ansprechende Gestaltung des Lernmaterials begünstigt wurde und sich in einer höheren Freude beim Lernen äußerte (Chin et al., 2016).

Dinçer und Doğanay (2017) untersuchten die Wirkungen von PAs in einer digitalen Lernplattform auf die Lernmotivation (ARCS-Faktoren) von Schüler*innen der fünften Klasse. Dabei wurde zusätzlich analysiert, ob die Möglichkeit, zwischen mehreren PAs (mit unterschiedlichem Design) zu wählen, zu unterschiedlichen Effekten auf die ARCS-Faktoren führt. Die Ergebnisse zeigen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Effekten von „festen“ und „wählbaren PAs“ auf die ARCS-Faktoren. Es wird jedoch grundsätzlich festgestellt, dass die Verwendung von PAs (z. B. menschenähnlich, cartoonartig) zu signifikant höheren ARCS-Faktoren beiträgt, als wenn die digitale Lernplattform ohne PAs verwendet wird. Dinçer und Doğanay (2017) führen diese Ergebnisse insbesondere auf die durch den PA erzeugte Illusion einer sozialen Interaktionssituation zurück. Bezüglich des Faktors Aufmerksamkeit (ARCS-A) betonen sie zudem, dass die Aufmerksamkeit der Lernenden durch den Neuigkeitsgehalt des PA erhöht wurde (Dinçer & Doğanay, 2017). In Bezug auf den Faktor Zuversicht (ARCS-C) weisen sie darauf hin, dass die Erfolgszuversicht der Lernenden durch das regelmäßige Feedback des PA (über den individuellen Lernfortschritt) gefördert wurde (Dinçer & Doğanay, 2017). In Bezug auf den Faktor Zufriedenheit (ARCS-S) führen sie an, dass die Freude der Lernenden durch den Einsatz von PAs induziert und damit auch ihre Zufriedenheit erhöht wurde (Dinçer & Doğanay, 2017).

Auf Basis dieser Studien sowie unter Bezugnahme auf die zuvor erläuterten theoretischen Grundlagen (vgl. Kapitel 4.2 und Kapitel 4.3) werden im Folgenden Hypothesen hin-

sichtlich der Eignung von VRA- und VOS-Videos zur Förderung des Prozessverständnisses und zur Erhöhung der Lernmotivation abgeleitet.

Potenzielle Vorteile des VRA-Videos zur Förderung des Prozessverständnisses (bzw. der Retentions- und Transferleistungen)

Mit Bezugnahme auf die dargestellten Studien sowie die zuvor aufgeführten theoretischen Konzepte lässt sich ableiten, dass das VRA-Video aufgrund seiner visuellen Gestaltungselemente besondere Potenziale zur Förderung des Prozessverständnisses (Retentions- und Transferleistungen) aufweist. Diese Potenziale können zunächst auf die im VRA-Video gezeigte, virtuell nachgebildete 3D-Lagerumgebung des Glasfachbetriebs zurückgeführt werden. Mit Blick auf die experimentelle Vergleichsstudie von Leyer et al. (2021) lässt sich argumentieren, dass die vermittelten Lerninhalte zum digitalisierten Lager- und Bestellprozess mit den visuell-räumlichen Elementen der virtuellen 3D-Lagerumgebung verknüpft werden können (vgl. Leyer et al., 2021). Im Rahmen eines erneuten „mentalalen Durchquerens“ der Umgebung kann das Gelernte möglicherweise schneller und präziser abgerufen werden (Retentionsleistungen) (vgl. Leyer et al., 2021). Neben entsprechenden Retentionsleistungen fördert das VRA-Video womöglich auch Transferleistungen. Dies lässt sich insbesondere auf Grundlage des kontextualisierten Lernens erklären, welches durch die im Video präsentierte 3D-Lagerumgebung ermöglicht wird (vgl. Leyer, 2021). Durch die Verknüpfung der theoretischen Lerninhalte zum Lager- und Bestellprozess mit der virtuell nachgebildeten Lagerumgebung als konkreter Anwendungskontext kann möglicherweise die Bildung eines kohärenten mentalen Modells unterstützt werden. Dies bildet eine wichtige Grundlage für ein tiefes Prozessverständnis und entsprechend gute Transferleistungen (vgl. Mayer, 2014).

Mögliche Vorteile des VRA-Videos zur Förderung des Prozessverständnisses (Retentions- und Transferleistungen) lassen sich weiterhin auf den animierten VR-Avatar zurückführen. Mit Blick auf die Social Agency Theory (vgl. Mayer, 2014) kann angenommen werden, dass der anthropomorphe VR-Avatar von den Lernenden als ein sozialer Interaktionspartner wahrgenommen wird (vgl. Mayer, 2014). Infolgedessen intensivieren die Lernenden ihre kognitiven Verarbeitungsprozesse, um die durch den Avatar simulierten Prozessschritte zu verstehen (Generative Processing) (vgl. Mayer, 2014). Laut Mayer (2014) schlägt sich das dabei erhöhte Generative Processing insbesondere in guten Transferleistungen nieder (vgl. Mayer, 2014). Die beschriebenen Wirkmechanismen wurden in den Studien von Castro-Alonso et al. (2021), Mayer und DaPra (2012) und Wang et al. (2018) empirisch bestätigt, wobei positive Wirkungen von pädagogischen Agenten bzw. Avataren auf Retentions- und Transferleistungen festgestellt werden konnten. Auf Basis der Studie von Castro-Alonso et al.

(2021) lässt sich annehmen, dass der VR-Avatar bereits durch seine bloße Anwesenheit im VRA-Video die Retentions- und Transferleistungen beim Prozesslernen erhöhen kann. Betrachtet man hingegen die Studien von Davis (2018), Mayer und DaPra (2012) sowie Wang et al. (2018), sind die Vorteile des VR-Avatars zur Förderung der Retentions- und Transferleistungen vor allem auf seine menschenähnlichen Körperbewegungen und Gesten zurückzuführen. Basierend auf diesen Ausführungen wird deutlich, dass das VRA-Video aufgrund seiner besonderen Visualisierungen (z. B. der VR-Avatar und die virtuelle 3D-Lagerumgebung) mögliche Vorteile zur Förderung des Prozessverständnisses aufweist. Da entsprechende Visualisierungen im VOS-Video nicht vorhanden sind, können die für das Prozessverständnis förderlichen Wirkungen nicht zum Tragen kommen. Vor diesem Hintergrund lässt sich die folgende Hypothese ableiten:

Hypothese 1: Das VRA-Video führt zu einem besseren Prozessverständnis (Retentions- und Transferleistungen) als das VOS-Video.

Potenzielle Vorteile des VRA-Videos zur Erhöhung der Lernmotivation (bzw. der ARCS-Faktoren)

In Anbetracht der empirischen Befunde von Jong (2023), Chin et al. (2016) und Dinçer und Doğanay (2017) sowie mit Blick auf das ARCS-Modell (Keller, 2010) weist das VRA-Video ebenfalls Potenziale zur Erhöhung der Lernmotivation bzw. der ARCS-Faktoren auf. In Bezug auf den Faktor Aufmerksamkeit (ARCS-A) lässt sich ableiten, dass sowohl die authentisch nachgebildete 3D-Lagerumgebung des Glasfachbetriebs als auch das anthropomorphe Erscheinungsbild des VR-Avatars das Interesse und die Neugier der Lernenden wecken und somit ihre Aufmerksamkeit (ARCS-A) fördern können. Mit Blick auf den Ansatz des kontextualisierten Lernens (vgl. Parchmann & Kuhn, 2018; Schmid, 2023) sowie die Studie von Jong (2023) lässt sich weiterhin annehmen, dass die Relevanz des im VRA-Video vermittelten Lager- und Bestellprozesses (ARCS-R) durch dessen Darstellung in der virtuell nachgebildeten 3D-Lagerumgebung hervorgehoben wird (vgl. Jong, 2023; Schmid, 2023).

Da die praktische Ausführung der Prozessschritte zusätzlich durch den animierten VR-Avatar demonstriert wird, kann mit Bezug auf die Social Agency Theory (Mayer, 2014) vermutet werden, dass die Avatar-Handlungssequenzen eine soziale Präsenz induzieren (vgl. Mayer, 2014). Der Avatar würde von den Lernenden folglich als ein sozialer Interaktionspartner wahrgenommen werden, wodurch die durch ihn präsentierten Lerninhalte automatisch als relevant (ARCS-R) erachtet würden (vgl. Stiller et al., 2020). Daran anknüpfend kann angenommen werden, dass die durch den VR-Avatar hervorgerufene „Vermenschlichung“ der Lernsituation zugleich das Vertrauen der Lernenden in ihre eigenen Lernfähigkeiten (ARCS-

C) stärken kann (vgl. van der Meij et al., 2015). Mit Blick auf den Faktor Zufriedenheit (ARCS-S) kann angenommen werden, dass der animierte und anthropomorphe VR-Avatar bei den Lernenden positive Emotionen, wie beispielsweise Freude, hervorruft und somit ihre Zufriedenheit beim Prozesslernen erhöht (vgl. Chin et al., 2016; Dinçer & Doğanay, 2017). Auch in Bezug auf die virtuell nachgebildete 3D-Lagerumgebung sind ähnlich zufriedenheitsfördernde Effekte zu erwarten. Leyer et al. (2021) stellen beispielsweise fest, dass kontextbezogene Darstellungen, wie virtuell nachgebildete Arbeitsumgebungen, die Freude der Lernenden (die sich positiv auf deren Zufriedenheit auswirken kann, Keller, 2010) im Rahmen des betrieblichen Prozesstrainings fördern (vgl. Leyer et al., 2021).

Basierend auf den beschriebenen Argumenten wird deutlich, dass das VRA-Video aufgrund seiner besonderen Visualisierungen auch besondere Potenziale zur Erhöhung der ARCS-Faktoren aufweist. Da entsprechende Visualisierungen im VOS-Video nicht enthalten sind, lässt sich die folgende Hypothese ableiten:

Hypothese 2: Das VRA-Video führt zu einer höheren Lernmotivation (ARCS-Faktoren) als das VOS-Video.

Die abgeleiteten Hypothesen wurden in Teilstudie 3 der vorliegenden Dissertation empirisch untersucht.

5. Teilstudien

Diese Dissertation setzt sich aus drei Teilstudien zusammen, innerhalb derer konkrete Forschungsfragen adressiert wurden. Aus jeder Teilstudie ist ein Manuskript hervorgegangen. Wie bereits erwähnt, wurden die drei Teilstudien im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojekts „Sozio-digitale Innovation durch partizipative Prozessgestaltung im virtuellen Raum“ („SoDigital“) durchgeführt. An dem Projekt beteiligten sich drei KMU, die in den Teilstudien bzw. Manuskripten als Anwendungsfälle dargestellt werden. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Größe und Branche der KMU sowie über ihre Digitalisierungsvorhaben, die bereits in Kapitel 2 ausführlich dargestellt wurden. Zudem werden die bei der PKOM interviewten Mitarbeitenden und Führungskräfte der KMU aufgeführt.

Tabelle 2: Überblick über die drei KMU

	KMU 1 (Glasfachbetrieb)	KMU 2 (Stahlbetrieb)	KMU 3 (Waffelfabrikant)
Größe	ca. 41 Mitarbeitende	ca. 65 Mitarbeitende	ca. 200 Mitarbeitende
Prozess	Lager- und Bestellprozess	Serienschweißprozess	Qualitätskontrollprozess
Geplante digitale Prozessneugestaltung	Implementierung von Handscannern und einem digitalen Bestandsmanagementsystem. Die Lagermitarbeitenden werden zukünftig Informationen über Warenein- und -ausgänge sowie über zugehörige Lagerplätze an das Bestandsmanagementsystem mittels Handscanner (durch Einscannen entsprechender Barcodes) melden. Dadurch können die Bestände an Basisglas sowie vorhandene Lagerplätze in Echtzeit verwaltet und abgerufen werden (vgl. Kapitel 2).	Implementierung digitaler Tablets. Dadurch wird die interne Kommunikation der prozessbeteiligten Mitarbeitenden unterstützt und transparent gestaltet. Neben dem kontinuierlichen Austausch im Tagesgeschäft werden der aktuelle Arbeitsstand oder auftretende Probleme (z. B. Produkt-/Maschinenfehler) über das Tablet gemeldet (vgl. Kapitel 2).	Implementierung digitaler Tablets. In diese werden gemessene Produktparameter durch Mitarbeitende der Qualitätskontrolle eingetragen. Das System führt einen automatischen Soll-Ist-Vergleich durch und generiert bei Überschreitung der Toleranzgrenzen eine Fehlermeldung (vgl. Kapitel 2).
Interviewte Mitarbeitende und Führungskräfte im Rahmen der PKOM	Eine Führungskraft im Einkauf, ein/eine Mitarbeiter*in im Verkauf und ein/eine Mitarbeiter*in im Lager.	Eine Führungskraft im Einkauf und Projektmanagement, eine Schweißfachkraft und ein/eine Mitarbeiter*in der Schweißaufsicht.	Eine Führungskraft aus dem Qualitätsmanagement und zwei Mitarbeiter*innen aus der Qualitätskontrolle.

Die in den Teilstudien adressierten Forschungsfragen, das Vorgehen bzw. die Methodik und die Ergebnisse werden in Tabelle 3 überblicksartig vorgestellt und anschließend genauer erläutert.

Tabelle 3: Überblick über die Ziele, das Vorgehen bzw. die Methoden und die Ergebnisse der drei Teilstudien

Ziele	Vorgehen und Methoden	Ergebnisse
<p><i>Teilstudie 1</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Entwicklung und Erprobung eines verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens (zunächst ohne Bezugnahme auf die VR-Umgebung) Herleitung zukünftiger Kompetenzentwicklungsbedarfe in den KMU 	<ul style="list-style-type: none"> Kombination und Adaption von Zugängen und Methoden der Kompetenzmodellierung und der psychologischen Anforderungsanalyse Durchführung von leitfadengestützten Experteninterviews (N = 18) in einer gegenwarts- und einer zukunftsbezogenen Analysephase Inhaltsanalytische Auswertung der Experteninterviews Konzeption prozessbezogener Kompetenzmodelle Durchführung von Soll-Ist-Abgleichen und Berechnung prozentualer Kompetenzhäufigkeiten zur Erfassung von Kompetenzentwicklungsbedarfen 	<ul style="list-style-type: none"> Ein verallgemeinerbares PKOM-Vorgehen Prozessbezogene Kompetenzmodelle Erkenntnisse zu Kompetenzentwicklungsbedarfen einzelner Mitarbeitender und prozessbeteiligter Mitarbeitengruppen in den KMU
<p><i>Teilstudie 2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Entwicklung und Erprobung eines VR-basierten PKOM-Vorgehens Herleitung zukünftiger Kompetenzentwicklungsbedarfe in den KMU Identifikation potenzieller Vorteile und Herausforderungen von VR-Umgebungen für die VR-basierte PKOM 	<ul style="list-style-type: none"> Adaption des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens für den Einsatz in einer VR-Umgebung Durchführung von leitfadengestützten Experteninterviews in einer zukunftsbezogenen Analysephase (N = 9) Inhaltsanalytische Auswertung der Experteninterviews Konzeption prozessbezogener Kompetenzmodelle in der VR-Umgebung Vergleich des Detailgrads der prozessbezogenen Kompetenzmodelle mit denen aus Teilstudie 1 (wurden ohne VR erstellt) Identifikation und Evaluation potenzieller Vorteile und Herausforderungen von VR-Umgebungen auf Basis VR-spezifischer Akzeptanzkriterien 	<ul style="list-style-type: none"> Ein VR-basiertes PKOM-Vorgehen Prozessbezogene Kompetenzmodelle Erkenntnisse zu Kompetenzentwicklungsbedarfen einzelner Mitarbeitender und prozessbeteiligter Mitarbeitengruppen in den KMU Erkenntnisse zu Vorteilen (z. B. Immersion, Interaktion und Präsenz) sowie Herausforderungen (z. B. anfängliche Skepsis der Mitarbeitenden) von VR-Umgebungen für die PKOM
<p><i>Teilstudie 3</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Analyse, ob sich ein VRA-Video besser zur Förderung des Prozessverständnisses und zur Erhöhung der Lernmotivation eignet als ein VOS-Video 	<ul style="list-style-type: none"> Online-gestütztes Experiment; Gruppe 1: VRA-Videogruppe, Gruppe 2: VOS-Videogruppe; N = 121 Durchführung deskriptiver Analysen; Durchführung einer einfaktoriellen ANOVA zur Überprüfung der beiden Hypothesen. <i>H1</i>: Das VRA-Video führt zu einem besseren Prozessverständnis als das VOS-Video; <i>H2</i>: Das VRA-Video führt zu einer höheren Lernmotivation als das VOS-Video 	<ul style="list-style-type: none"> Partielle Unterstützung von H1 (das VRA-Video führt zu signifikant besseren Transferleistungen, aber nicht zu signifikant besseren Retentionsleistungen) Partielle Unterstützung von H2 (das VRA-Video führt zu einer signifikant höheren Aufmerksamkeit, wahrgenommenen Relevanz und Zufriedenheit der Lernenden, aber nicht zu einem signifikant höheren Vertrauen)

5.1. Teilstudie 1: Prospektive und prozessbezogene Kompetenzanalyse im Digitalisierungskontext – Gestaltung und Erprobung eines Vorgehens

5.1.1 Forschungsfragen der ersten Teilstudie

Im Rahmen der ersten Teilstudie bzw. des ersten Manuskripts mit dem Titel „Prospektive und prozessbezogene Kompetenzanalyse im Digitalisierungskontext – Gestaltung und Erprobung eines Vorgehens“ (Depenbusch et al., 2021) wurden zwei Forschungsfragen adressiert:

1. Wie können zukünftige Kompetenzanforderungen prospektiv und prozessbezogen unter Einbindung der Mitarbeitenden und Führungskräfte erfasst werden?
2. Wie lassen sich die Kompetenzentwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitender und prozessbeteiligter Mitarbeitendengruppen ableiten und welche Kompetenzentwicklungsbedarfe entstehen (exemplarisch) in den KMU?

5.1.2 Vorgehen und Methodik der ersten Teilstudie

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage erfolgte die Konzeption und Erprobung eines verallgemeinerbaren Vorgehens zur prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung (verallgemeinerbares PKOM-Vorgehen). Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden die im Rahmen des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens erstellten prozessbezogenen Kompetenzmodelle für die Ableitung von Kompetenzentwicklungsbedarfen herangezogen. Im Fokus standen dabei die Entwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitender sowie die Entwicklungsbedarfe der prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppen in den KMU (d. h. alle an den digitalisierten Prozessen der KMU beteiligten Mitarbeitenden).

Konzeption des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens und des Instrumentariums

Den konzeptionellen Rahmen des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens bilden die Ansätze der Kompetenzmodellierung nach Mansfield (1996) sowie Briscoe und Hall (1999). Da im Kontext der PKOM sowohl tätigkeitsspezifische Kompetenzanforderungen (z. B. das Fachwissen für eine bestimmte Tätigkeit) als auch tätigkeitsübergreifende Kompetenzanforderungen (z. B. die Einsatzbereitschaft von Mitarbeitenden) ermittelt werden, erfolgt die Kompetenzbestimmung grundsätzlich in Anlehnung an den Multiple-Job-Ansatz nach Mansfield (1996) (vgl. Kapitel 3.5). Während der Kompetenzmodellierung werden die Digitalisierungsstrategien der KMU kontinuierlich berücksichtigt, was mit dem strategiebasierten Ansatz nach Briscoe und Hall (1999) übereinstimmt. Darüber hinaus werden zur Bestimmung der geforderten Kompetenzen bewährte Zugänge und Methoden der Kompetenzmodellierung

sowie der psychologischen Anforderungsanalyse herangezogen und miteinander kombiniert. Dies entspricht dem forschungsbasierten Ansatz nach Briscoe und Hall (1999). Bei den eingesetzten Zugängen und Methoden handelt es sich konkret um die induktiven und deduktiven Strategien der Kompetenzmodellierung (Schaper, 2009; Schaper, 2020) sowie die erfahrungsgeleitet-intuitiven und arbeitsplatzanalytisch-empirischen Methoden der psychologischen Anforderungsanalyse (Schuler, 2014). Die genannten Zugänge und Methoden wurden im Rahmen des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens hinsichtlich des prospektiven und des prozessbezogenen Analysefokus adaptiert. Dies erfolgte in Anlehnung an bestehende prospektive und prozessbezogene Ansätze der Kompetenzmodellierung (Hasenau et al., 2013; Kato-Beiderwieden et al., 2021; Koch, 2010; Yang et al., 2006).

Die Adaption bezüglich des prospektiven Analysefokus wurde umgesetzt, indem die genannten Zugänge und Methoden der Kompetenzmodellierung bzw. der Anforderungsanalyse in Bezug auf Zukunftsszenarien – d. h. die zukünftigen bzw. digitalisierten Arbeitsprozesse der KMU – durchgeführt wurden. So wurde beispielsweise die Critical Incident Technique (CIT, Flanagan, 1954) in Bezug auf die zukünftigen bzw. digitalisierten Prozesse der KMU angewendet (vgl. die TAToo von Koch, 2010). Auf diese Weise ist es möglich, zukünftige Kompetenzanforderungen bereits vor der Implementierung der Digitalisierungsvorhaben (prospektiv) in den KMU zu antizipieren. Gleichzeitig wurden einige der verwendeten Zugänge und Methoden der Kompetenzmodellierung bzw. der Anforderungsanalyse in Bezug auf einzelne (zukünftige) Prozessschritte angewendet. Dies entspricht einer Adaption hinsichtlich des prozessbezogenen Analysefokus (vgl. Hasenau et al., 2013). So wurden die Mitarbeitenden und Führungskräfte im Rahmen der PKOM beispielsweise darum gebeten, die bei den einzelnen Prozessschritten zu bewältigenden Aufgaben und Anforderungen zu beschreiben (vgl. z. B. Hasenau et al., 2013). Auf diese Weise lassen sich die zukünftigen Kompetenzanforderungen besonders konkret ableiten und später in prozessbezogene Kompetenzmodelle überführen. Das genaue Vorgehen bei der prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung sowie die dabei eingesetzten Befragungs- und Begleitinstrumente werden im Folgenden genauer erörtert.

Durchführung und Erprobung des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens

Das PKOM-Vorgehen untergliedert sich in eine gegenwartsbezogene und in eine zukunftsbezogene Analysephase. In der gegenwartsbezogenen Analysephase werden die Kompetenzanforderungen in den gegenwärtigen Prozessen der KMU ermittelt. In der zukunftsbezogenen Analysephase hingegen werden die Kompetenzanforderungen in den zukünftigen bzw. digitalisierten Prozessen der KMU identifiziert. In beiden Analysephasen werden diesel-

ben Zugänge und Methoden der Kompetenzmodellierung und der psychologischen Anforderungsanalyse eingesetzt.

Die gegenwarts- und zukunftsbezogenen Analysephasen des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens wurden in Teilstudie 1 im Rahmen von Experteninterviews mit jeweils zwei Mitarbeitenden und einer Führungskraft pro KMU (vgl. Tabelle 2) durchgeführt und erprobt ($N_{\text{Gesamt}} = 18$ Interviews). Die dabei umgesetzten Interviewmodule werden in Tabelle 4 dargestellt und im Folgenden genauer erläutert.

In Interviewmodul 1 (welches in Anlehnung an die erfahrungsgeleitet-intuitive Methode der psychologischen Anforderungsanalyse bzw. die induktive Kompetenzmodellierung erfolgte) wurden die bei den gegenwärtigen bzw. zukünftigen Prozessschritten der KMU zu bewältigenden Aufgaben und Anforderungen durch die Mitarbeitenden und Führungskräfte beschrieben. Im Rahmen der zukunftsbezogenen Analysephase wurden darüber hinaus mögliche Veränderungen in den geforderten Aufgaben und Anforderungen im Vergleich zum gegenwärtigen Prozess erfasst. Als Orientierungshilfe für die prozessbezogenen Aufgaben- und Anforderungsbeschreibungen wurden den Interviewten papierbasierte 2D-Prozessmodelle²⁰ der gegenwärtigen bzw. zukünftigen Arbeitsprozesse zur Verfügung gestellt.

In Interviewmodul 2 (welches in Anlehnung an die arbeitsplatzanalytisch-empirische Methode der psychologischen Anforderungsanalyse bzw. die induktive Kompetenzmodellierung erfolgte) wurden die Arbeitsgestaltungsmerkmale des jeweils betrachteten gegenwärtigen bzw. zukünftigen Arbeitsprozesses durch die Mitarbeitenden anhand eines Einschätzungsbogens zu den Arbeitsgestaltungsmerkmalen bewertet. Der Einschätzungsbogen zu den Arbeitsgestaltungsmerkmalen ermöglicht es, anforderungs- und qualifikationsrelevante Aspekte auf Basis konkreter Arbeitsgestaltungsmerkmale abzuleiten (vgl. Depenbusch et al., 2021). Der Einschätzungsbogen wurde in Teilstudie 1 auf Basis des „Work Design Questionnaire“ (WDQ) von Stegmann et al. (2010) konzipiert. Die einzelnen Arbeitsgestaltungsmerkmale werden dabei anhand einer eigenen prozessbezogenen Fragestellung operationalisiert (z. B. *Wie hoch schätzen Sie bezogen auf Ihre Tätigkeiten im aktuellen Prozess das Ausmaß ein, in dem Sie diese unabhängig koordinieren können?*) und mithilfe einer fünfstufigen Antwortskala durch die Interviewten eingeschätzt (1 = sehr gering bis 5 = sehr hoch) (vgl. Depenbusch et al., 2021). Ihre Einschätzungen erläuterten die Interviewten anhand konkreter Praxisbeispiele.

²⁰ Die Prozessmodelle beruhten auf einer vereinfachten Version der BPMN-Modellierungssprache (vgl. Müller et al., 2023).

Im Rahmen von Interviewmodul 3 (welches in Anlehnung an die erfahrungsgeleitet-intuitive Methode der psychologischen Anforderungsanalyse bzw. die induktive Kompetenzmodellierung erfolgte) kam die Critical Incident Technique (CIT, Flanagan, 1954) zur Anwendung. In der gegenwartsbezogenen Analysephase wurde durch die Interviewten eine Arbeitssituation beschrieben, die bereits im gegenwärtigen Prozess aufgetreten ist und in der sie besonders geschickt sein mussten, um ein erfolgreiches Arbeitsergebnis zu erzielen. Dabei wurden die Ursachen dieser Situation, die zu ihrer Bewältigung eingesetzten Handlungen und der Ausgang der Situation erläutert. In der zukunftsbezogenen Analysephase wurde die (erfolgskritische) Arbeitssituation der gegenwartsbezogenen Analysephase erneut aufgegriffen. Nun sollte überlegt werden, welche Verhaltensweisen zur Bewältigung derselben Situation im zukünftigen bzw. digitalisierten Arbeitsprozess besonders wichtig sein könnten.

Im Kontext von Interviewmodul 4 (welches in Anlehnung an die arbeitsplatzanalytisch-empirische Methode der psychologischen Anforderungsanalyse bzw. die deduktive Kompetenzmodellierung erfolgte) wurden die Interviewten gebeten, aus dem generischen Kompetenzinventar diejenigen Kompetenzdimensionen auszuwählen, die für den jeweils betrachteten gegenwärtigen bzw. zukünftigen Arbeitsprozess besonders relevant sind. Das generische Kompetenzinventar beruht auf validierten Kompetenzmodellen und –messinstrumenten. Dabei handelt es sich um den Kompetenzatlas (z. B. Heyse, 2007), das Kompetenzreflexionsinventar (z. B. Kauffeld, 2021) und den Europäische Referenzrahmen für digitale Kompetenzen (Carretero et al., 2017). Diese Modelle bzw. Messinstrumente wurden bereits ausführlich in Kapitel 3.2 beschrieben. Das generische Kompetenzinventar der PKOM ist in die vier Bereiche der beruflichen Handlungskompetenz untergliedert (Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz) und umfasst als zusätzlichen fünften Bereich die digitale Kompetenz (vgl. Depenbusch et al., 2021). Jedem Kompetenzbereich sind verschiedene Kompetenzdimensionen zugeordnet (z. B. „Anwendung von Fachwissen“, „Problemlösefähigkeit“), die im Kompetenzinventar erläutert und anhand von Beispielen verdeutlicht werden (vgl. Tabelle 5) (vgl. Depenbusch et al., 2021).

Interviewmodul 5 wurde ausschließlich in der gegenwartsbezogenen Analysephase durchgeführt. Es diente dazu, den aktuellen Digitalisierungsstand in den KMU zu Beginn des Projekts SoDigital zu erfassen. Dazu wurde unter anderem erhoben, welche digitalen Technologien bereits in den KMU eingesetzt werden und wie die Mitarbeitenden in der Vergangenheit auf die Implementierung der neuen Technologien reagiert haben. Auf dieser Grundlage können erste Erkenntnisse zu bereits bestehenden digitalen Kompetenzen der Mitarbeitenden gewonnen werden.

Tabelle 4: Durchführung des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens (Soll-Erfassung)

	Gegenwartsbezogene Analysephase	Zukunftsbezogene Analysephase
<i>Interviewmo- dul 1</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Interviewten gehen die auf der BPMN-Grafik abgebildeten <i>gegenwärtigen</i> Prozessschritte einzeln durch und beschreiben die dort zu bewältigenden Aufgaben und Anforderungen. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Interviewten gehen die auf der BPMN-Grafik abgebildeten <i>zukünftigen</i> Prozessschritte einzeln durch und beschreiben die dort zu bewältigenden Aufgaben und Anforderungen. Dabei gehen sie auf Veränderungen im Vergleich zum gegenwärtigen Prozess ein.
Beispielfrage	<ul style="list-style-type: none"> Was machen Sie bei Ihren einzelnen Arbeitsschritten im Prozess? Welche Anforderungen können entstehen? 	<ul style="list-style-type: none"> Wie würden sich Ihre Aufgaben und Anforderungen bei den Prozessschritten im Vergleich zu vorher verändern?
<i>Interviewmo- dul 2</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Interviewten schätzen die Arbeitsgestaltungsmerkmale des <i>gegenwärtigen</i> Prozesses anhand des Einschätzungsbogens ein. Sie begründen ihre Einschätzungen anhand konkreter Praxisbeispiele. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Interviewten schätzen die Arbeitsgestaltungsmerkmale des <i>zukünftigen</i> Prozesses anhand des Einschätzungsbogens ein. Sie begründen ihre Einschätzungen anhand konkreter Praxisbeispiele.
Beispielfrage	<ul style="list-style-type: none"> Wie hoch schätzen Sie bezogen auf Ihre Tätigkeiten im gegenwärtigen Prozess das Ausmaß ein, in dem Sie vollständige Arbeitsvorgänge durchführen? 	<ul style="list-style-type: none"> Wie hoch schätzen Sie bezogen auf Ihre Tätigkeiten im zukünftigen Prozess das Ausmaß ein, in dem Sie vollständige Arbeitsvorgänge durchführen?
<i>Interviewmo- dul 3</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Interviewten beschreiben eine erfolgskritische Arbeitssituation im <i>gegenwärtigen</i> Prozess. Dabei gehen sie auf potenzielle Auslöser, effektive Verhaltensweisen und den Ausgang der Situation ein. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Interviewten beschreiben die erfolgskritische Arbeitssituation der gegenwartsbezogenen Analysephase nun in Bezug auf den <i>zukünftigen</i> Prozess. Dabei gehen sie auf potenzielle Auslöser, effektive Verhaltensweisen und den Ausgang der Situation ein.
Beispielfrage	<ul style="list-style-type: none"> Was haben Sie in dieser Situation getan? 	<ul style="list-style-type: none"> Wie würden Sie mit dieser Situation im zukünftigen Prozess umgehen?
<i>Interviewmo- dul 4</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Interviewten wählen die für den <i>gegenwärtigen</i> Prozess geforderten Kompetenzdimensionen aus dem generischen Kompetenzinventar aus. Sie begründen ihre Einschätzungen anhand konkreter Beispiele. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Interviewten wählen die für den <i>zukünftigen</i> Prozess geforderten Kompetenzdimensionen aus dem generischen Kompetenzinventar aus. Sie begründen ihre Einschätzungen anhand konkreter Praxisbeispiele.
Beispielfrage	<ul style="list-style-type: none"> Welche Kompetenzdimensionen sind für den gegenwärtigen Prozess besonders wichtig? 	<ul style="list-style-type: none"> Welche Kompetenzdimensionen sind für den zukünftigen Prozess besonders wichtig?
<i>Interviewmo- dul 5</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Interviewten beschreiben bereits eingesetzte digitale Technologien sowie die Reaktion der Mitarbeitenden bei der Technologieeinführung. 	/
Beispielfrage	<ul style="list-style-type: none"> Welche digitalen Tools werden bereits im Prozess verwendet? 	/

Tabelle 5: Ausschnitt aus dem generischen Kompetenzinventar (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2021, S. 411)

Kompetenzbereiche und -dimensionen	Theoretisch fundierte Beschreibung der Kompetenzdimensionen
<i>Fachkompetenz¹</i>	
Anwendung von Fachwissen ²	Nutzung fachlicher und methodischer Kenntnisse zur Ausführung der Arbeitsaufgaben (vgl. Heyse, 2007; Heyse, 2010; Marcus, 2011). <u>Beispiele:</u> Produkt- und Materialkenntnisse, Prozesskenntnisse
<i>Methodenkompetenz</i>	
Problemlösefähigkeit	Anstoßen und Begleiten von Problemlöseprozessen (vgl. Heyse, 2007; Heyse, 2010) <u>Beispiele:</u> Erkennen und Beseitigen von Produkt- oder Maschinenmängeln
<i>Sozialkompetenz</i>	
Kommunikationsfähigkeit	Verständliche Kommunikation von Inhalten sowie aktives Zuhören in Kommunikationssituationen (vgl. Heyse, 2007, Heyse, 2010). <u>Beispiele:</u> Verwenden von zielgruppengerechtem Vokabular / Vermeiden von Fachjargon
<i>Selbstkompetenz</i>	
Verantwortungsfähigkeit	Gewissenhaftes, gründliches und umsichtiges Bearbeiten von Arbeitsaufgaben (vgl. Heyse, 2007; Heyse, 2010; Kauffeld, 2010; Kauffeld, 2021) <u>Beispiele:</u> eigenständiges Treffen von Entscheidungen, Einhalten von betrieblichen Vorgaben
<i>Digitale Kompetenz</i>	
Erzeugen digitaler Inhalte und Daten	Erstellen neuer digitaler Inhalte/Daten bzw. Bearbeitung bestehender digitaler Inhalte / Daten (vgl. Carretero et al., 2017). <u>Beispiele:</u> Eintragen von Informationen/Daten in Computersysteme, Programmierung

Anmerkungen: ¹Kompetenzbereich; ²Kompetenzdimension

Auswertung der Experteninterviews

Die Experteninterviews wurden transkribiert und inhaltsanalytisch ausgewertet. Die Auswertung erfolgte – sowohl in der gegenwartsbezogenen als auch in der zukunftsbezogenen Analysephase – in Anlehnung an die induktiven und deduktiven Techniken der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010).

In der gegenwartsbezogenen Analysephase wurden die Interviewtextstellen im Sinne der deduktiven Technik zunächst in ein zuvor entwickeltes deduktives Kategoriensystem eingeordnet. Das Kategoriensystem wurde auf Basis des in den Experteninterviews eingesetzten generischen Kompetenzinventars konzipiert. Auf der ersten Ebene umfasst das Kategoriensystem die Bereiche Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz (berufliche Handlungskompetenz) sowie die digitale Kompetenz als fünften Kompetenzbereich. Die zweite Ebene beinhaltet Kategorien, welche die zu den Kompetenzbereichen zugehörigen Kompetenzdi-

mensionen repräsentieren. Die Kodierung der Interviewtextstellen erfolgte primär auf der zweiten Ebene des deduktiven Kategoriensystems, d. h. in Bezug auf die Kategorien zu den Kompetenzdimensionen. Zunächst wurden die Interviewtextpassagen gemäß der deduktiven Technik in das Kategoriensystem eingeordnet. Falls bestimmte Interviewtextstellen diesen Kategorien nicht eindeutig zugeordnet werden konnten, wurden induktiv neue Kategorien gebildet. Um die Kategorien zu den Kompetenzdimensionen im Anschluss weiter auszudifferenzieren, wurden induktive Techniken der Zusammenfassung durchgeführt (insbesondere der Generalisierung in Anlehnung an Mayring, 2010).

Auf dieselbe Art und Weise wurden auch die Experteninterviews der zukunftsbezogenen Analysephase ausgewertet. Dabei kam dasselbe Kategoriensystem wie in der gegenwartsbezogenen Analysephase zum Einsatz. Die Kodierung der Interviewtextstellen wurde ebenfalls auf der zweiten Ebene des Kategoriensystems, d. h. in Bezug auf die Kategorien zu den Kompetenzdimensionen, vorgenommen. Auch hier erfolgte eine induktive Kategorienbildung, falls sich bestimmte Interviewtextstellen nicht eindeutig in das deduktive Kategoriensystem einordnen ließen. Anschließend wurden die Kategorien zu den Kompetenzdimensionen ebenfalls mit induktiven Techniken der Zusammenfassung ausdifferenziert (insbesondere der Generalisierung in Anlehnung an Mayring, 2010).

Um zu überprüfen, ob die Interviewtextstellen in beiden Analysephasen eindeutig in das Kategoriensystem eingeordnet werden konnten, wurde die Interrater-Reliabilität²¹ anhand des Cohen's-Kappa-Koeffizienten (κ) (Cohen, 1960) bestimmt. Dazu wurde in beiden Analysephasen eine Stichprobe von 25 % aller in das Kategoriensystem eingeordneten Interviewtextstellen herangezogen ($N_{\text{gegenwärtig}} = 292$ Interviewtextstellen; $N_{\text{zukünftig}} = 187$ Interviewtextstellen). In beiden Analysephasen lagen sowohl auf der ersten Ebene ($\kappa_{\text{gegenwärtig}} = .766$; $\kappa_{\text{zukünftig}} = .767$) als auch auf der zweiten Ebene des Kategoriensystems ($\kappa_{\text{gegenwärtig}} = .725$; $\kappa_{\text{zukünftig}} = .721$) gute Beurteilerüberstimmungen vor (vgl. Altman, 1990).

Konzeption der prozessbezogenen Kompetenzmodelle

Auf Grundlage des ausgewerteten Interviewtextmaterials wurden – sowohl in der gegenwarts- als auch der zukunftsbezogenen Analysephase – prozessbezogene Kompetenzmodelle für die KMU entwickelt. Die Schritte zur Konzeption der prozessbezogenen Kompetenzmodelle sind in Abbildung 5 dargestellt. Im Rahmen der gegenwartsbezogenen Analyse-

²¹ Die Interrater-Reliabilität beschreibt das Ausmaß, in dem verschiedene Beurteiler*innen derselben Variablen denselben Wert zuweisen (hier: Zuordnung der Interviewtextstellen zu den Kategorien) (vgl. Altman, 1990). Cohen's Kappa ist eine Statistik zur Messung der Interrater-Reliabilität und gibt die prozentuale Übereinstimmung zweier Rater bzw. Beurteiler*innen an (vgl. Altman, 1990).

phase wurden zur Erstellung der prozessbezogenen Kompetenzmodelle zunächst *gegenwärtige tätigkeitsbezogene Kompetenzmodelle* entwickelt. Die tätigkeitsbezogenen Modelle führen auf, welche Kompetenzdimensionen und -facetten von den am gegenwärtigen Prozess beteiligten Mitarbeitenden bei ihrer Tätigkeit gefordert werden. Die in den tätigkeitsbezogenen Modellen aufgeführten tätigkeitsspezifischen Kompetenzdimensionen und -facetten wurden auf Basis des ausgewerteten Interviewtextmaterials abgeleitet. Anschließend wurden die tätigkeitsspezifischen Dimensionen und Facetten von der Interviewerin auf Grundlage der Interviewaussagen den gegenwärtigen Prozessschritten der Mitarbeitenden zugeordnet. Die daraus resultierenden *gegenwärtigen prozessbezogenen Kompetenzmodelle* bilden somit ab, welche Kompetenzdimensionen und -facetten bei den einzelnen Prozessschritten im gegenwärtigen Prozess von den Mitarbeitenden gefordert werden.

In der zukunftsbezogenen Analysephase erfolgte die Entwicklung der zukünftigen prozessbezogenen Kompetenzmodelle in gleicher Weise. Dazu wurden zunächst *zukünftige tätigkeitsbezogene Kompetenzmodelle* auf Grundlage des Interviewtextmaterials erstellt. Die tätigkeitsbezogenen Modelle führen auf, welche Kompetenzdimensionen und -facetten von den am *zukünftigen* Prozess beteiligten Mitarbeitenden bei ihrer (zukünftigen) Tätigkeit gefordert werden. Anschließend wurden die tätigkeitsspezifischen Kompetenzdimensionen und -facetten durch die Interviewerin den einzelnen zukünftigen bzw. digitalisierten Prozessschritten zugeordnet. Die resultierenden *zukünftigen prozessbezogenen Kompetenzmodelle* bilden somit ab, welche Kompetenzdimensionen und -facetten bei den einzelnen Prozessschritten im zukünftigen bzw. digitalisierten Prozess von den Mitarbeitenden gefordert werden.

Die in den gegenwarts- und zukunftsbezogenen Analysephasen entwickelten prozessbezogenen Kompetenzmodelle wurden anschließend kommunikativ validiert²². Dabei wurde von den interviewten Mitarbeitenden und Führungskräften geprüft, ob die prozessbezogenen Kompetenzmodelle alle für die abgebildeten Prozessschritte benötigten Kompetenzdimensionen und -facetten aufführen und inhaltlich korrekt beschreiben. Anschließend ordneten die Interviewten den Kompetenzdimensionen und -facetten den jeweils geforderten Soll-Ausprägungsgrad mithilfe eines Einstufungsschlüssels zu (vgl. Depenbusch et al., 2021). Der Einstufungsschlüssel wurde in Anlehnung an Decius und Schaper (2017; 2021) konzipiert und umfasst insgesamt fünf Stufen (0 = keine Kenntnisse / kein Beherrschungsgrad bis 4 = sehr detaillierte Kenntnisse / sicherer Beherrschungsgrad in neuartigen Situationen) (vgl. Depenbusch et al., 2021).

²² Im Rahmen der kommunikativen Validierung werden Ergebnisse einer qualitativen Auswertung durch Rückkopplung mit den Interviewpartner*innen auf Gültigkeit geprüft (vgl. z. B. Flick, 2020).

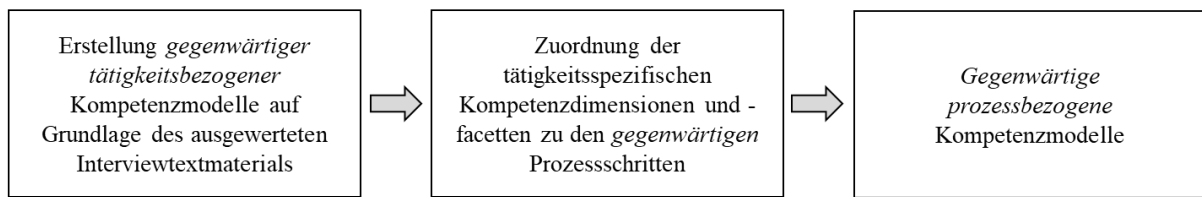
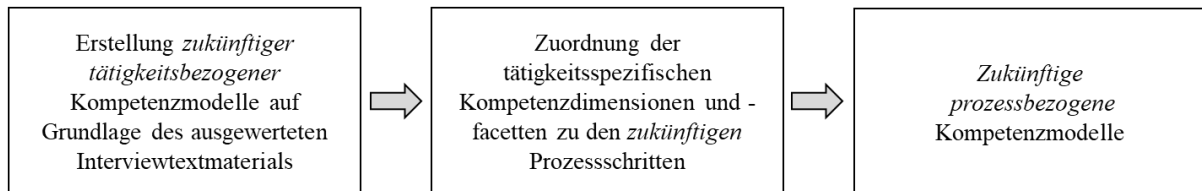
Gegenwartsbezogene Analysephase*Zukunftsbezogene Analysephase*

Abbildung 5: Schritte zur Konzeption der prozessbezogenen Kompetenzmodelle im Rahmen des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens (eigene Darstellung)

Ableitung von Kompetenzentwicklungsbedarfen

Anhand der prozessbezogenen Kompetenzmodelle wurden im nächsten Schritt die Kompetenzentwicklungsbedarfe in den KMU ermittelt (s. Forschungsfrage 2). Im Fokus standen die Kompetenzentwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitender sowie der prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppen. Die Bestimmung der Kompetenzentwicklungsbedarfe *einzelner Mitarbeitender* erfolgte – in Anlehnung an das Vorgehen von Hasenau et al. (2013) (vgl. Kapitel 3.5) – auf Grundlage eines Soll-Ist-Abgleichs bezogen auf die im prozessbezogenen Kompetenzmodell abgebildeten Prozessschritte. Dabei wurden pro Prozessschritt die geforderten Soll-Kompetenzausprägungsgrade mit den Ist-Kompetenzausprägungsgraden der jeweiligen Mitarbeitenden verglichen (vgl. Depenbusch et al., 2021).

Zur Bestimmung der Kompetenzentwicklungsbedarfe der *prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppen* in den KMU wurde anhand der prozessbezogenen Kompetenzmodelle dieser Gruppen verglichen, wie oft dieselben Kompetenzdimensionen im gegenwärtigen und im zukünftigen bzw. digitalisierten Prozess gefordert werden. Werden bestimmte Kompetenzdimensionen im zukünftigen bzw. digitalisierten Prozess (abgebildet in den zukünftigen prozessbezogenen Kompetenzmodellen der jeweiligen Mitarbeitendengruppe) viel häufiger gefordert als im gegenwärtigen Prozess (abgebildet in den gegenwärtigen prozessbezogenen Kompetenzmodellen der jeweiligen Mitarbeitendengruppe), deutet dies auf Kompetenzentwicklungsbedarfe hin (vgl. Depenbusch et al., 2021). Zur Umsetzung des beschriebenen Vergleichs wurden prozentuale Kompetenzhäufigkeiten auf Grundlage der gegenwärtigen und

zukünftigen prozessbezogenen Kompetenzmodelle der jeweiligen Mitarbeitendengruppe berechnet²³.

5.1.3 Ergebnisse der ersten Teilstudie

Das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage (*Wie können zukünftige Kompetenzanforderungen prospektiv und prozessbezogen unter Einbindung der Mitarbeitenden und Führungskräfte erfasst werden?*) lässt sich das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen (zunächst ohne Bezugnahme auf die VR-Umgebung) anführen, welches die prospektive und prozessbezogene Kompetenzmodellierung unter Einbindung der Mitarbeitenden ermöglicht. Das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen kombiniert bewährte Zugänge und Methoden der Kompetenzmodellierung sowie der psychologischen Anforderungsanalyse. Die Zugänge und Methoden wurden – angelehnt an bestehende prospektive und prozessbezogene Ansätze der Kompetenzmodellierung (vgl. Hasenau et al., 2013; Kato-Beiderwieden et al., 2021; Koch, 2010; Yang et al., 2006) – in Bezug auf den prospektiven und prozessbezogenen Analysefokus adaptiert.

Das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen untergliedert sich in eine gegenwarts- und eine zukunftsbezogene Analysephase. In der gegenwartsbezogenen Analysephase werden die Kompetenzanforderungen in den gegenwärtigen Prozessen der KMU (als Vergleichsbasis) erfasst und in gegenwärtige prozessbezogene Kompetenzmodelle überführt. In der zukunftsbezogenen Analysephase werden die Kompetenzanforderungen in den zukünftigen bzw. digitalisierten Prozessen der KMU ermittelt und in zukünftigen prozessbezogenen Kompetenzmodellen abgebildet. In beiden Analysephasen kommen dieselben Befragungs- und Begleitinstrumente zum Einsatz. Dabei handelt es sich um einen strukturierten Interviewleitfaden, ein generisches Kompetenzinventar nebst Einstufungsschlüssel sowie einen Einschätzungsbogen zu den Arbeitsgestaltungsmerkmalen. Die im Rahmen der PKOM entwickelten gegenwärtigen und zukünftigen prozessbezogenen Kompetenzmodelle können anschließend für die Herleitung von Kompetenzentwicklungsbedarfen in den KMU (z. B. einzelner Mitarbeitender oder prozessbeteiligter Mitarbeitendengruppen) herangezogen werden.

²³ Dabei wurde zunächst anhand der prozessbezogenen Kompetenzmodelle die relative Häufigkeit berechnet, mit der die verschiedenen Kompetenzdimensionen bei den einzelnen Prozessschritten der am Gesamtprozess beteiligten Tätigkeitsbereiche (z. B. Einkauf, Verkauf, Lager) benötigt werden. Die resultierenden Kompetenzhäufigkeiten wurden anschließend summiert und durch die Anzahl aller am Gesamtprozess beteiligten Tätigkeitsbereiche dividiert. Die daraus hervorgehenden Häufigkeiten wurden schließlich in Prozentwerte überführt.

Prozessbezogene Kompetenzmodelle und Ableitung der Kompetenzentwicklungsbedarfe

In Abbildung 6 wird ein Auszug aus dem zukünftigen prozessbezogenen Kompetenzmodell gezeigt, welches für den Tätigkeitsbereich Einkauf beim Glasfachbetrieb (KMU 1) erstellt wurde. Das Modell zeigt ausschnittshaft zwei Prozessschritte aus dem digitalisierten Lager- und Bestellprozess des KMU. Unter jedem Prozessschritt sind die geforderten (tätigkeitsspezifischen) Kompetenzdimensionen und -facetten abgebildet. Sie werden zudem anhand von Soll-Ausprägungsgraden quantifiziert. Ergänzend zu den Soll-Kompetenzausprägungsgraden werden die Ist-Kompetenzausprägungsgrade einer/eines exemplarischen Einkäuferin/Einkäufers aufgeführt²⁴.

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage (*Wie lassen sich die Kompetenzentwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitender und prozessbeteiligter Mitarbeitendengruppen ableiten und welche Kompetenzentwicklungsbedarfe entstehen (exemplarisch) in den KMU?*) wurden die Entwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitender sowie der prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppen in den KMU anhand der prozessbezogenen Kompetenzmodelle bestimmt. Die dabei durchgeführten Vorgehensweisen wurden bereits erörtert (vgl. Kapitel 5.1.2) und werden im Folgenden am Beispiel des Kompetenzmodells für den Tätigkeitsbereich Einkauf (KMU 1) verdeutlicht.

Zur Ableitung der Kompetenzentwicklungsbedarfe *einzelner* am Lager- und Bestellprozess von KMU 1 beteiligten Einkäufer*innen, wurden unter Zuhilfenahme des prozessbezogenen Kompetenzmodells (vgl. Abbildung 6) Soll-Ist-Abgleiche durchgeführt. Dabei zeigt sich in Abbildung 6, dass für den/die Einkäufer*in bei Prozessschritt 1 „Bedarf an Glasware ermitteln“ Entwicklungsbedarfe in Bezug auf die digitale Kompetenz bestehen. So wird für die Kompetenzdimensionen „Erzeugen digitaler Inhalte und Daten“ sowie „Umgang mit digitalen Inhalten und Daten“ ein Ausprägungsgrad von Soll = 3 (vertiefte Kenntnisse und ein sicherer Beherrschungsgrad in abweichenden Arbeitssituationen) benötigt. Da der/die Einkäufer*in jedoch nur über einen Kompetenzausprägungsgrad von Ist = 1 (Grundkenntnisse bzw. einen grundlegenden Beherrschungsgrad) verfügt, entstehen hier für die Handhabung des digitalisierten Arbeitsprozesses Entwicklungsbedarfe. Hinsichtlich der anderen aufgeführten Kompetenzdimensionen (z. B. Anwendung von Fachwissen, Anwendung von Erfahrungswissen und Kommunikationsfähigkeit) ist der/die Einkäufer*in hingegen ausreichend bzw. sogar überqualifiziert.

²⁴ Die Zuordnung der Soll-Kompetenzausprägungsgrade erfolgte, wie bereits erwähnt, im Rahmen der kognitiven Validierung durch die interviewten Mitarbeitenden und Führungskräfte unter Verwendung des Einstufungsschlüssels. Die Bestimmung der Ist-Kompetenzausprägungsgrade erfolgte durch die direkten Vorgesetzten der Mitarbeitenden unter Verwendung desselben Einstufungsschlüssels.

Prozessschritt 1: Bedarf (an Glasware) ermitteln	Soll	Ist	Prozessschritt 2: Einkauf (von Glaswaren) planen	Soll	Ist
<i>Anwendung von Fachwissen¹:</i> Anwenden von Materialkenntnissen ²	2	4	<i>Anwendung von Fachwissen:</i> Anwenden von Materialkenntnissen	3	4
<i>Anwendung von Erfahrungswissen:</i> Anwenden von Kenntnissen zu Bestellhistorien	2	4	<i>Ganzheitliches Denken:</i> Antizipieren zukünftiger Bestellanforderungen	3	3
<i>Ganzheitliches Denken:</i> Antizipieren zukünftiger Bestellanforderungen	3	3	<i>Kommunikationsfähigkeit:</i> Anpassen der eigenen Ausdrucksweise	2	4
<i>Erzeugen digitaler Inhalte und Daten:</i> Eintragen von Informationen (z. B. über Lieferanten, Bestellungen) in das digitale Bestandsmanagementsystem	3	1			
<i>Umgang mit digitalen Inhalten und Daten:</i> systematisches Evaluieren digitaler Einkaufsdaten	3	1			

Abbildung 6: Ausschnitt aus dem prozessbezogenen Kompetenzmodell für den Tätigkeitsbereich Einkauf in KMU 1 (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2021, S. 417)

Anmerkungen: ¹ Kompetenzdimension; ² tätigkeitsspezifische Kompetenzfacette; Soll = geforderter Kompetenzausprägungsgrad, Ist = aktueller Kompetenzausprägungsgrad der/des Mitarbeitenden. In Depenbusch et al. (2021, S. 417) werden im prozessbezogenen Kompetenzmodell neben den zukünftigen auch die gegenwartsbezogenen Soll-Kompetenzausprägungsgrade aufgeführt. Auf dieser Grundlage lassen sich Veränderungen in den Soll-Kompetenzausprägungsgraden zwischen dem gegenwärtigen und zukünftigen Prozess in Bezug auf einzelne Prozessschritte ableiten (vgl. Depenbusch et al., 2021).

Für die Ableitung der Kompetenzentwicklungsbedarfe aller am zukünftigen Lager- und Bestellprozess von KMU 1 beteiligten Mitarbeitenden (prozessbeteiligte Mitarbeitendengruppe) wurde anhand ihrer prozessbezogenen Kompetenzmodelle verglichen, wie oft dieselben Kompetenzdimensionen im gegenwärtigen und im zukünftigen Prozess gefordert werden. Die dafür berechneten prozentualen Kompetenzhäufigkeiten sind in Abbildung 7 dargestellt. Die Balken des Diagramms geben an, in wie viel Prozent aller gegenwärtigen bzw. zukünftigen Prozessschritte die verschiedenen Kompetenzdimensionen von den am Lager- und Bestellprozess beteiligten Mitarbeitenden (es handelte sich hierbei um die Mitarbeitenden der Tätigkeitsbereiche Einkauf, Verkauf, Lager und Versand) gefordert werden.

In Bezug auf den Bereich Fachkompetenz wird beispielsweise deutlich, dass die Kompetenzdimension „Anwendung von Fachwissen“ noch immer die am meisten geforderte Kompetenzdimension in KMU 1 darstellt und daher kontinuierlich gefördert werden sollte. Darüber hinaus ist erkennbar, dass die Häufigkeit der Kompetenzdimension „Anwendung von Fertigkeiten“ im zukünftigen Prozess geringer ausgeprägt ist als im gegenwärtigen Prozess. Dies zeigt, dass praktische Fertigkeiten in KMU 1 zukünftig weniger häufig verlangt werden

und daher keine Entwicklungsbedarfe entstehen. Der Rückgang dieser Kompetenzdimension lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass bestimmte Routinetätigkeiten in KMU 1 durch das neu implementierte digitale Bestandsmanagementsystem übernommen werden (vgl. Depenbusch et al., 2021).

Weiterhin zeigt sich, dass alle Kompetenzdimensionen des Bereichs Methodenkompetenz im zukünftigen Lager- und Bestellprozess von KMU 1 deutlich häufiger gefordert werden als im gegenwärtigen Prozess und daher Entwicklungsbedarfe bei den Mitarbeitenden entstehen. Dies kann womöglich auf die zunehmende Vernetzung der Prozessschritte im digitalisierten Lager- und Bestellprozess zurückgeführt werden (vgl. Depenbusch et al., 2021). So ist denkbar, dass die Mitarbeitenden häufiger gefordert werden, ihre Arbeitshandlungen zu planen (z. B. Abstimmung mit den Arbeitshandlungen anderer Mitarbeitender) und dabei vorausschauend zu denken (z. B. Antizipieren zukünftiger Arbeitsaufgaben oder Probleme) (vgl. Depenbusch et al., 2021). Möglicherweise entstehen durch die Einführung des digitalen Bestandsmanagementsystems zudem neue herausfordernde Situationen, die entsprechend kreativ gelöst werden müssen. Dies würde den starken Anstieg der Häufigkeit der Kompetenzdimension Problemlösefähigkeit (vgl. Abb. 7) erklären.

Im Bereich digitale Kompetenz werden die Kompetenzdimensionen „Erzeugen digitaler Inhalte und Daten“, „Umgang mit digitalen Inhalten und Daten“, sowie „Kommunikation und Zusammenarbeit mittels digitaler Technologien“ im zukünftigen Lager- und Bestellprozess deutlich häufiger verlangt als im gegenwärtigen Prozess. So wird es durch die Implementation der genannten digitalen Systeme zunehmend erforderlich sein, digitale Inhalte und Daten zu generieren (z. B. Eintragungen im Bestandsmanagementsystem vornehmen) und zu analysieren (beispielsweise Erstellung und Analyse von Bestellhistorien auf Grundlage der durch das System bereitgestellten Daten). Zudem wird die Kommunikation und Zusammenarbeit unter Einsatz des neuen digitalen Bestandsmanagementsystems (beispielsweise die Weitergabe digitaler Daten an andere Tätigkeitsbereiche mithilfe des Systems) häufiger gefordert werden. Die Mitarbeitenden sollten somit in Bezug auf die beschriebenen digitalen Kompetenzdimensionen geschult werden.

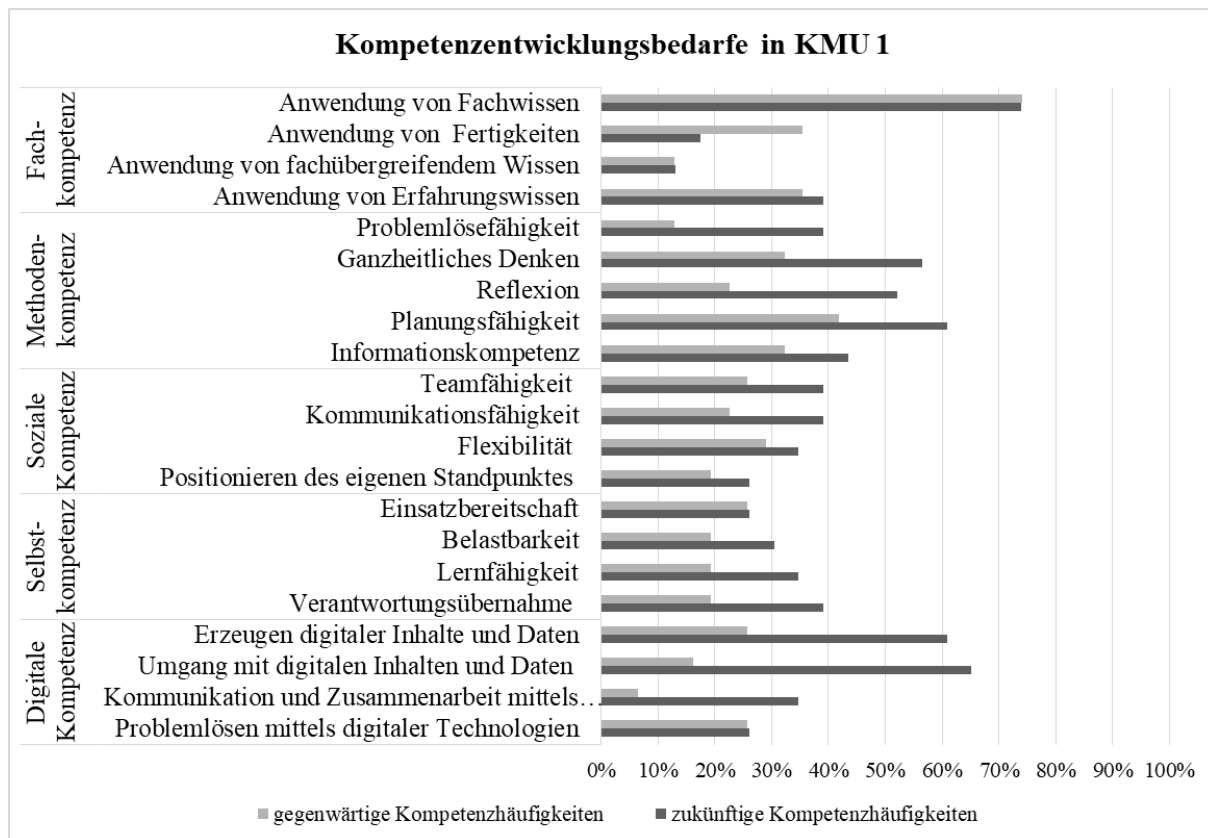


Abbildung 7: Prozentuale Kompetenzhäufigkeiten zur Bestimmung der Kompetenzentwicklungsbedarfe der prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppe in KMU 1 (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2021, S. 419)

Anmerkungen: Zur vereinfachten und nachvollziehbareren Darstellung wird in Abbildung 7 nur KMU 1 betrachtet. Die prozentualen Kompetenzhäufigkeiten der anderen KMU können Depenbusch et al. (2021, S. 419) entnommen werden. Die in Abbildung 7 aufgeführten Kompetenzhäufigkeiten wurden auf Basis der prozessbezogenen Kompetenzmodelle der Mitarbeitenden aus den Tätigkeitsbereichen Einkauf, Verkauf, Lager und Versand von KMU 1 bestimmt.

Mit Blick auf die vorherigen Ausführungen lässt sich die Forschungsfrage 2 dahingehend beantworten, dass sich sowohl die Kompetenzentwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitender als auch prozessbeteiligter Mitarbeitendengruppen auf Basis der entwickelten, prozessbezogenen Kompetenzmodelle ableiten lassen. Die Bestimmung der Entwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitender erfolgt im Rahmen eines Soll-Ist-Vergleichs in Bezug auf die im prozessbezogenen Kompetenzmodell abgebildeten Prozessschritte. Zur Ableitung der Entwicklungsbedarfe prozessbeteiligter Mitarbeitendengruppen werden auf Grundlage ihrer gegenwärtigen und zukünftigen prozessbezogenen Kompetenzmodelle prozentuale Kompetenzhäufigkeiten ermittelt und gegenübergestellt. Mit Blick auf KMU 2 zeigte sich beispielsweise, dass im zukünftigen Lager- und Bestellprozess die Kompetenzdimension „Anwendung von Fachwissen“ trotz der Einführung des digitalen Bestandsmanagementsystems weiterhin die am meisten geforderte Kompetenzdimension darstellt und daher kontinuierlich weiterentwickelt werden sollte (vgl. Depenbusch et al., 2021). Zudem werden insbesondere digitale Kompetenzdimen-

sionen, wie das „Erzeugen digitaler Inhalte und Daten“ und der „Umgang mit digitalen Inhalten und Daten“ im zukünftigen Lager- und Bestellprozess besonders häufig gefordert. Die Einkäufer*innen sollten daher entsprechend geschult werden. Die im Hinblick auf einzelne Mitarbeitende (hier: Einkäufer*innen) festgestellten Kompetenzentwicklungsbedarfe lassen sich weniger generalisieren. Dennoch ging aus dem exemplarisch durchgeführten Soll-Ist-Abgleich hervor, dass auch hier insbesondere Entwicklungsbedarfe hinsichtlich der genannten digitalen Kompetenzdimensionen „Erzeugen digitaler Inhalte und Daten“ und „Umgang mit digitalen Inhalten und Daten“ vorliegen.

Grundsätzlich ist jedoch darauf hinzuweisen, dass keine verallgemeinerbaren Aussagen darüber getroffen werden können, welche Kompetenzdimensionen in den zukünftigen Prozessen der KMU bzw. in Unternehmen allgemein relevant werden und entsprechend entwickelt werden sollten. Vielmehr ergeben sich neue Kompetenzanforderungen und Entwicklungsbedarfe aus den individuellen Digitalisierungsszenarien des jeweiligen Unternehmens (z. B. Hirsch-Kreinsen et al., 2020). Das entwickelte PKOM-Verfahren versucht daher, zukünftige Kompetenzanforderungen und Entwicklungsbedarfe präzise in Bezug auf die digitalisierten, individuellen Prozessschritte von Unternehmen bzw. KMU zu erfassen.

5.2. Teilstudie 2: Virtual Reality zur prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung – Pilotierung eines partizipativen Vorgehens und Untersuchung der Nutzerakzeptanz des angewendeten VR-Tools

5.2.1 Forschungsfragen der zweiten Teilstudie

Im Rahmen der zweiten Teilstudie bzw. des zweiten Manuskripts mit dem Titel “Virtual reality for prospective and process-related competence modeling – piloting a participatory approach and investigating user acceptance of the applied VR-tool“ (Depenbusch et al., 2023) wurden drei Forschungsfragen untersucht:

1. Wie können zukünftige Kompetenzanforderungen prospektiv und prozessbezogen unter Einbindung der Mitarbeitenden und Führungskräfte in einer VR-Umgebung erfasst werden?
2. Wie lassen sich die Kompetenzentwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitender und prozessbeteiligter Mitarbeitendengruppen ableiten und welche Kompetenzentwicklungsbedarfe entstehen (exemplarisch) in den betrachteten KMU?
3. Welche Vorteile und Herausforderungen ergeben sich aus dem Einsatz von VR-Umgebungen für die PKOM und die Ableitung von Kompetenzentwicklungsbedarfen?

5.2.2 Vorgehen und Methodik der zweiten Teilstudie

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurde ein VR-basiertes PKOM-Vorgehen entwickelt. Das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen (Teilstudie 1) diente dabei als konzeptionelle Grundlage und wurde für die Verwendung in einer VR-Umgebung adaptiert. Um die zweite Forschungsfrage zu beantworten, wurden – in ähnlicher Weise wie in Teilstudie 1 – die Kompetenzentwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitender sowie der prozessbeteiligten Mitarbeitenden (d. h. alle an den zukünftigen Prozessen der KMU beteiligten Mitarbeitenden) abgeleitet. Dazu wurden die in der VR-Umgebung entwickelten prozessbezogenen Kompetenzmodelle herangezogen. Der dritten Forschungsfrage wurde nachgegangen, indem die im Rahmen der VR-basierten PKOM entwickelten prozessbezogenen Kompetenzmodelle (Teilstudie 2) mit den im Rahmen der verallgemeinerbaren PKOM entwickelten Modellen (Teilstudie 1) verglichen wurden. Auf dieser Basis sollte herausgefunden werden, mit welchem der beiden PKOM-Verfahren detailliertere prozessbezogene Kompetenzmodelle erstellt werden konnten (detailliertere Kompetenzmodellierung).

Design der VR-Umgebung und Konzeption des VR-basierten PKOM-Vorgehens

Zur Durchführung des VR-basierten PKOM-Vorgehens wurde in jedem KMU eine VR-Umgebung eingesetzt, welche die Unternehmensumgebung des jeweiligen KMU im dreidimensionalen Raum simuliert²⁵. Das Design der VR-Umgebungen der KMU war ähnlich (vgl. Abbildung 2). Um digitale Zwillinge der Unternehmensumgebungen zu erstellen, wurden 3D-Modelle der Produktionshallen auf Basis von Bauplänen maßstabsgerecht entwickelt und in die VR-Umgebung importiert (Müller et al., 2023). Die 3D-Modelle der Unternehmensumgebungen setzen sich aus einfachen, skalierbaren Boxen (insbesondere Quader und Würfel) zusammen (vgl. Abbildung 8).

²⁵ Dieselben VR-Umgebungen wurden zudem für partizipativ orientierte Digitalisierung der Arbeitsprozesse in den KMU eingesetzt (vgl. Müller et al., 2023).

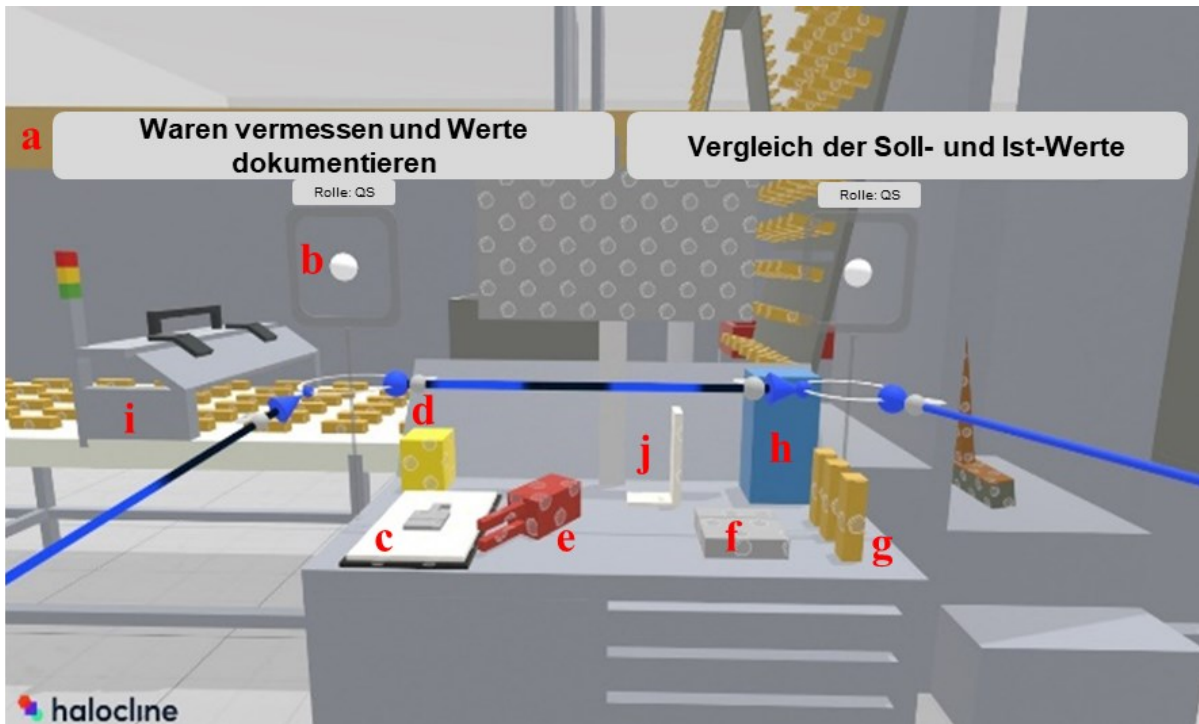


Abbildung 8: Virtuelle Nachbildung der Produktionshalle von KMU 3 sowie Darstellung zweier Prozessschritte im digital neugestalteten Qualitätskontrollprozess (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2023, S. 357)

Anmerkungen: a Titel des Prozessschritts, b virtueller Prozessnode, c digitales Tablet, d Etiketten-Box, e Etikettier-Gerät, f Waage, g Waffeln, h Handschuh-Box, i Produktionslinie, j Winkelmesser. Zur besseren Lesbarkeit wurde die Schrift für diese Arbeit teilweise in PowerPoint überarbeitet. Die virtuelle Umgebung wurde mit der Software „Layout & Performance“ von Halocline GmbH & Co.KG erstellt; www.halocline.io

Die zukünftigen bzw. digitalisierten Arbeitsprozesse der KMU wurden mittels einer auf der BPMN-Notation basierenden Modellierungssprache in den virtuell nachgebildeten Unternehmensumgebungen der KMU dargestellt. Die zukünftigen Prozessschritte wurden in den Umgebungen an ihrem späteren Ausführungsort („in situ“) platziert (vgl. Müller et al., 2023; Pöhler & Teuteberg, 2021). Das generische Kompetenzinventar aus Teilstudie 1 (vgl. Tabelle 5) sowie der dazugehörige Einstufungsschlüssel wurden an den einzelnen Prozessschritten innerhalb der VR-Umgebung dargestellt (vgl. Abbildung 9).

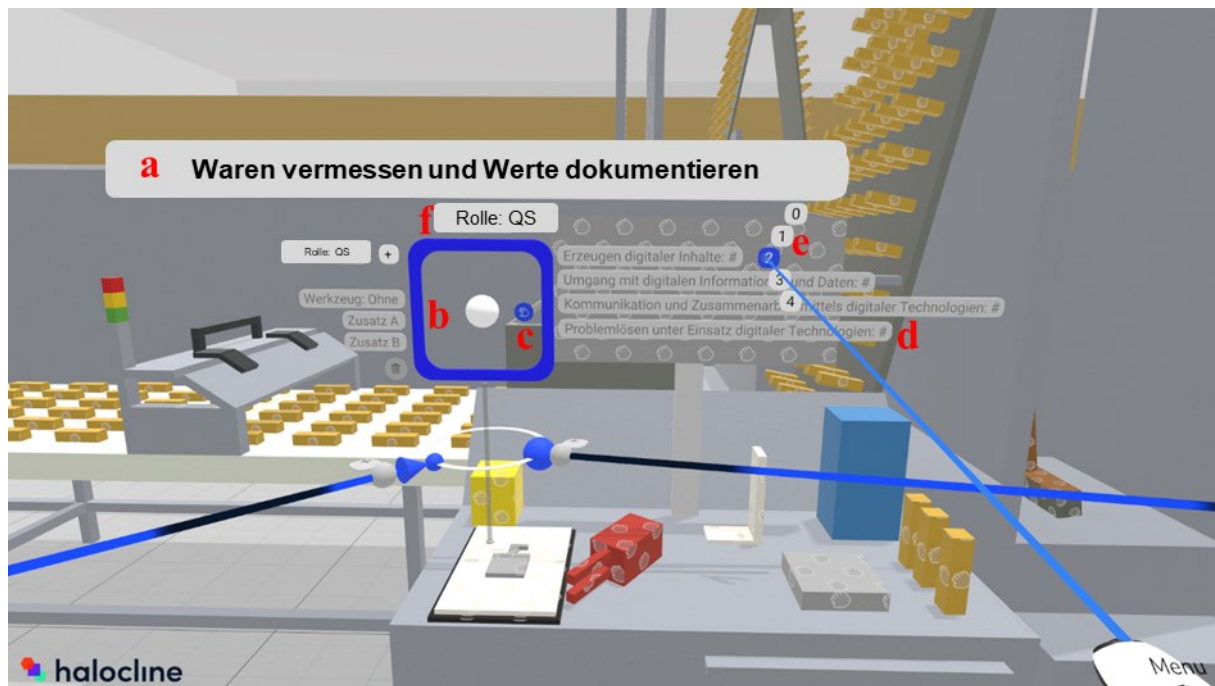


Abbildung 9: Darstellung des generischen Kompetenzinventars und des Einstufungsschlüssels bei den einzelnen Prozessschritten des digital neugestalteten Qualitätskontrollprozesses von KMU 3 (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2023, S. 358)

Anmerkungen: a Titel des Prozessschritts, b virtueller Prozessnode, c Auswahl des Kompetenzbereichs, d Kompetenzdimensionen (hier: der digitalen Kompetenz), e Auswahl der Soll-Kompetenzausprägungsgrade, f Rolle des/der Mitarbeitenden (z. B. QS = Qualitätskontrolle). Zur besseren Lesbarkeit wurde die Schrift in Abbildung 9 teilweise in PowerPoint überarbeitet. Die dargestellte virtuelle Umgebung wurde mit der Software „Layout & Performance“ von Halocline GmbH & Co.KG erstellt; www.halocline.io

Die Mitarbeitenden konnten mithilfe eines Head-Mounted Displays (HMD²⁶) in die virtuell nachgebildeten Unternehmensumgebungen der KMU „eintauchen“ (Immersion) und diese Umgebungen aus der Ich-Perspektive wahrnehmen. Für die Durchführung der VR-basierten PKOM war insbesondere die Interaktion mit den Prozessschritten bzw. dem dort abgebildeten generischen Kompetenzinventar sowie dem zugehörigem Einstufungsschlüssel von Bedeutung. Dabei ging es um die Auswahl relevanter Kompetenzdimensionen und geforderter Soll-Ausprägungsgrade aus dem Kompetenzinventar bzw. dem Einstufungsschlüssel. Zu diesem Zweck wurden VR-Controller genutzt (vgl. Abbildung 9). Die Fortbewegung in den VR-Umgebungen war mittels der „Point-and-Teleport-Technik“ möglich. Dabei zielt die Person mit dem VR-Controller auf den gewünschten Ort in der VR-Umgebung und wird anschließend dorthin „teleportiert“ (Bozgeyikli, Raij, Katkoori & Dubey, 2016).

Das VR-basierte PKOM-Vorgehen wurde – wie bereits angedeutet – auf Grundlage des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens (Teilstudie 1) entwickelt. Dabei wurden die Inter-

²⁶ Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei einem Head-Mounted Display (HMD) um ein visuelles Ausgabegerät, das am Kopf der Person oder vor ihren Augen befestigt wird und Bilder direkt vor dem Sichtfeld der Person auf einem Display anzeigt (vgl. Bellalouna, 2020).

viewmodule 1 und 4 des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens in eine VR-Darstellung überführt. Das VR-basierte PKOM-Vorgehen basiert somit weiterhin auf bewährten Zugängen und Methoden der Kompetenzmodellierung bzw. der psychologischen Anforderungsanalyse. Bei den in die VR-Darstellung übertragenen Interviewmodulen handelt es sich zum einen um das Modul, in dessen Rahmen die bei den einzelnen Prozessschritten zu bewältigenden Aufgaben und Anforderungen durch die interviewten Mitarbeitenden und Führungskräfte beschrieben werden (Interviewmodul 1 des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens, vgl. Tabelle 4). Zum anderen handelt es sich um das Modul, in dem die bei den Prozessschritten geforderten Kompetenzdimensionen und Soll-Ausprägungsgrade auf Basis des generischen Kompetenzinventars bzw. Einstufungsschlüssels durch die Interviewten ausgewählt werden (Interviewmodul 4 des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens, vgl. Tabelle 4)²⁷ (vgl. Tabelle 5). Zur Erfassung der Vorteile und Herausforderungen von VR-Umgebungen für die PKOM wurde ein zusätzliches Interviewmodul konzipiert. Die in diesem Rahmen gestellten Interviewfragen sind offen formuliert und adressieren VR-spezifische Akzeptanzkriterien, die auf Grundlage des Kriterienkatalogs von Brunkow und Hub (2018) (vgl. Kapitel 3.8) abgeleitet wurden²⁸.

Durchführung und Erprobung des VR-basierten PKOM-Vorgehens

Im Gegensatz zum verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehen umfasst das VR-basierte PKOM-Vorgehen nur die zukunftsbezogene Analysephase. Der Fokus liegt somit auf der Erfassung der zukünftigen Kompetenzanforderungen in den digitalisierten Arbeitsprozessen der KMU. Das VR-basierte PKOM-Vorgehen wurde ebenfalls im Rahmen von Experteninterviews mit jeweils zwei Mitarbeitenden und einer Führungskraft pro KMU durchgeführt und erprobt (N = 9 Experteninterviews). Bei den Interviewten handelte es sich um dieselben Per-

²⁷ Aus zeitökonomischen Gründen wurde von der zusätzlichen Kompetenzbestimmung auf Basis der Arbeitsgestaltungsmerkmale abgesehen. Daher wurde der Einschätzungsbogen der Arbeitsgestaltungsmerkmale nicht in die VR-Umgebung überführt. Weiterhin wurde auf die Critical Incident Technique (Flanagan, 1954) verzichtet, da sich diese im Rahmen der eingesetzten VR-Umgebungen nicht effektiv umsetzen lässt.

²⁸ Im Rahmen der Teilstudie 2 wurde zudem ein Usability-Fragebogen basierend auf der Normreihe DIN EN ISO 9241 (Ergonomie der Mensch-Maschine-Interaktion) konzipiert. Betrachtet wurden insbesondere die Normen DIN EN ISO 9241-11 (Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte) und DIN EN ISO 9241-110 (Dialogprinzipien). Die Aspekte der Normen wurden in konkrete Items überführt und an den Anwendungskontext der VR-basierten PKOM angepasst. Die von den interviewten Mitarbeitenden und Führungskräften ausgefüllten Fragebögen wurden daraufhin mittels einfacher deskriptiver Statistiken (Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichungen der Items) ausgewertet. Auf diese Weise konnten zum einen konkrete Informationen über die von den Befragten wahrgenommene Effektivität und Effizienz der VR-Umgebung sowie über die Zufriedenheit der Befragten mit der VR-Umgebung gewonnen werden. Darüber hinaus konnten Erkenntnisse zu den wahrgenommenen Dialogprinzipien (z. B. Aufgabenangemessenheit, Fehlertoleranz oder Konformität mit gängigen Bedienkonzepten) erfasst werden. Die konkreten Ergebnisse der Usability-Analyse können dem zweiten Artikel dieser Dissertation (Depenbusch et al., 2023, S. 368) entnommen werden.

sonen, die bereits im Rahmen des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens befragt wurden. Das Vorgehen bei der VR-basierten prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung kann der Tabelle 6 entnommen werden.

In Interviewmodul 1 (welches in Anlehnung an die erfahrungsgeleitet-intuitive Methode der psychologischen Anforderungsanalyse bzw. die induktive Kompetenzmodellierung erfolgte) wurden die bei den zukünftigen Prozessschritten der KMU zu bewältigenden Aufgaben und Anforderungen durch die interviewten Mitarbeitenden und Führungskräfte beschrieben. Zu diesem Zweck teleportierten sie sich zu den einzelnen Prozessschritten in der VR-Umgebung und nahmen die entsprechenden Aufgaben- und Anforderungsbeschreibungen vor. Dabei konnten sie sich in ihren Ausführungen auf die an ihrem virtuellen Arbeitsplatz abgebildeten Arbeitsmittel (beispielsweise Werkzeuge oder neu implementierte digitale Systeme) beziehen (vgl. Abbildung 8).

Im Rahmen von Interviewmodul 2 (welches in Anlehnung an die arbeitsplatzanalytisch-empirische Methode der psychologischen Anforderungsanalyse bzw. die deduktive Kompetenzmodellierung erfolgte) wählten die Interviewten die zur Bewältigung der beschriebenen Aufgaben und Anforderungen geforderten Kompetenzdimensionen aus dem generischen Kompetenzinventar aus. Anschließend ordneten sie den Kompetenzdimensionen den jeweils geforderten Soll-Kompetenzausprägungsgrad mithilfe des Einstufungsschlüssels zu (vgl. Abbildung 9).

Interviewmodul 3 (neu konzipiert) fand außerhalb der VR-Umgebung statt. In diesem Rahmen beantworteten die Interviewten die Fragen zu den VR-spezifischen Akzeptanzkriterien. Beispielsweise wurden die Intuitivität und Erlernbarkeit der eingesetzten VR-Umgebung adressiert sowie Stärken und Schwächen der VR-Umgebung zur Durchführung der PKOM im Vergleich zur verallgemeinerbaren PKOM (Teilstudie 1) (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Durchführung des VR-basierten PKOM-Vorgehens (Soll-Erfassung)

Zukunftsbezogene Analysephase	
<i>Interviewmodul 1</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Interviewten teleportieren sich zu den einzelnen virtuellen Prozessschritten und beschreiben die dort zu bewältigenden Aufgaben und Anforderungen. Dabei gehen sie auf die Veränderungen im Vergleich zum gegenwärtigen Prozess ein. Ihre Einschätzungen bzw. Ansichten begründen sie anhand konkreter Praxisbeispiele.
Beispielfragen	<ul style="list-style-type: none"> Was genau machen Sie bei Ihren einzelnen Arbeitsschritten im Prozess? Wie würden sich Ihre Aufgaben und Anforderungen im Vergleich zu vorher verändern?
<i>Interviewmodul 2</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Interviewten wählen die zur erfolgreichen Bewältigung der beschriebenen Aufgaben und Anforderungen geforderten Kompetenzdimensionen und Soll-Kompetenzausprägungsgrade aus. Dazu nutzen sie das am jeweils betrachteten Prozessschritt dargestellte generische Kompetenzinventar und den zugehörigen Einstufungsschlüssel.
Beispielfrage	<ul style="list-style-type: none"> Welche der im Kompetenzinventar aufgeführten Kompetenzdimensionen sind für den zukünftigen Prozess besonders wichtig?
<i>Interviewmodul 3</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Interviewten beschreiben die Vorteile und Herausforderungen der bei der PKOM eingesetzten VR-Umgebung
Beispielfragen	<ul style="list-style-type: none"> Ist Ihnen die Beschreibung Ihrer Tätigkeiten und zukünftig geforderten Kompetenzen mit dem papierbasierten Prozessmodell oder in der VR-Umgebung einfacher gefallen und warum? Welche Verbesserungsmöglichkeiten schlagen (z. B. in Bezug auf die Handhabbarkeit und Funktionalitäten der VR-Umgebung) Sie vor?

Anmerkung: Die Interviewmodule 1 und 2 stellen das VR-basierte PKOM-Vorgehen dar. Interviewmodul 3 dient zur Herleitung der Vorteile und Herausforderungen der eingesetzten VR-Umgebungen für die PKOM.

Auswertung der Experteninterviews

Die Experteninterviews wurden transkribiert und inhaltsanalytisch ausgewertet. Die Auswertung erfolgte unter Anwendung der induktiven und deduktiven Techniken der qualitativen Inhaltsanalyse (vgl. Kuckartz, 2018; Mayring, 2010). Die Interviewaussagen im Rahmen der ersten beiden Interviewmodule (welche das VR-basierte PKOM-Vorgehen bilden) und des dritten Interviewmoduls (welches zur Erfassung VR-spezifischer Akzeptanzkriterien diente) wurden separat kodiert und ausgewertet. Somit kamen zwei eigenständige Kategoriensysteme zum Einsatz.

Zur Auswertung der ersten beiden Interviewmodule wurde das Kategoriensystem aus Teilstudie 1 eingesetzt. Wie bereits dargelegt, beinhaltet es auf der ersten Ebene die Bereiche Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz (berufliche Handlungskompetenz) sowie die

digitale Kompetenz als fünften Kompetenzbereich. Die zweite Ebene umfasst Kategorien, welche die zu den Kompetenzbereichen zugehörigen Kompetenzdimensionen repräsentieren. Die Kodierung der Interviewtextstellen erfolgte auf der zweiten Ebene des Kategoriensystems, d. h. in Bezug auf die Kategorien zu den Kompetenzdimensionen. Zunächst wurden die Interviewtextpassagen gemäß der deduktiven Technik in das Kategoriensystem eingeordnet. Falls bestimmte Interviewtextstellen nicht eindeutig zugeordnet werden konnten, wurden induktiv neue Kategorien gebildet. Um die Kategorien zu den Kompetenzdimensionen im Anschluss weiter auszudifferenzieren, wurden induktive Techniken der Zusammenfassung durchgeführt (insbesondere der Generalisierung in Anlehnung an Mayring, 2010).

Um zu überprüfen, ob die Interviewtextstellen eindeutig in das Kategoriensystem eingeordnet werden konnten, wurde die Interrater-Reliabilität anhand des Cohen's-Kappa-Koeffizienten (κ) (Cohen, 1960) bestimmt. Zur Berechnung des Koeffizienten wurde eine Stichprobe von 25 % aller in das Kategoriensystem eingeordneten Interviewtextstellen ($N = 149$) herangezogen. Für die erste Ebene des Kategoriensystems ergab sich ein Kappa-Wert von $\kappa = .882$ und für die zweite Ebene ein Kappa-Wert von $\kappa = .856$. In beiden Fällen handelt es sich somit um fast perfekte Beurteilerübereinstimmungen (vgl. Altman, 1990).

Anschließend wurde das Textmaterial zu Interviewmodul 3 ausgewertet. Auch hier wurden die deduktiven und induktiven Techniken der qualitativen Inhaltsanalyse kombiniert (vgl. Kuckartz, 2018; Mayring, 2010). Das eingesetzte deduktive Kategoriensystem wurde auf Grundlage der Interviewfragen bzw. der im Kriterienkatalog von Brunkow und Hub (2018) aufgeführten Akzeptanzkriterien (z. B. Grad der Immersion oder Ergonomie der eingesetzten VR-Umgebungen) gebildet. Zunächst wurden die Interviewtextpassagen gemäß der deduktiven Technik den Kategorien zu den VR-spezifischen Akzeptanzkriterien zugeordnet (1. Ebene des Kategoriensystems). Anschließend wurden weitere induktive Kategorien gebildet (2. Ebene des Kategoriensystems), um die Kategorien zu den VR-spezifischen Akzeptanzkriterien weiter auszudifferenzieren.

Daraufhin erfolgte die Überprüfung der Interrater-Reliabilität durch die Berechnung des Cohen's Kappa-Koeffizienten. Als Stichprobe wurden 25 % aller in das Kategoriensystem eingeordneten Interviewtextpassagen ($N = 78$ Interviewtextstellen) herangezogen. Für die obere Ebene des Kategoriensystems ergab sich ein Kappa-Wert von $\kappa = .772$. Dies deutet auf eine gute Beurteilerübereinstimmung hin (vgl. Altman, 1990). Für die untere Ebene wurde ein Kappa-Wert von $\kappa = .826$ ermittelt, welcher auf eine nahezu perfekte Beurteilerübereinstimmung hinweist (vgl. Altman, 1990).

Konzeption der prozessbezogenen Kompetenzmodelle

Im Anschluss an die Auswertung der Experteninterviews wurden die zukünftigen prozessbezogenen Kompetenzmodelle erstellt. Da die VR-basierte PKOM ausschließlich die zukunftsbezogene Analysephase umfasst, wurden keine gegenwärtigen prozessbezogenen Kompetenzmodelle als Vergleichsbasis entwickelt. Die Konzeptionsschritte zur Erstellung der zukünftigen prozessbezogenen Kompetenzmodelle im Rahmen des VR-basierten PKOM-Vorgehens sind in Abbildung 10 dargestellt.

Zur Konzeption der prozessbezogenen Kompetenzmodelle wurden zunächst – in Analogie zu Teilstudie 1 – *zukünftige tätigkeitsbezogene Kompetenzmodelle* entwickelt. Die tätigkeitsbezogenen Modelle führen auf, welche Kompetenzdimensionen und -facetten von den am zukünftigen Prozess beteiligten Mitarbeitenden bei ihrer Tätigkeit gefordert werden. Die in den tätigkeitsbezogenen Modellen aufgeführten tätigkeitsspezifischen Kompetenzdimensionen und -facetten wurden auf Basis des ausgewerteten Interviewtextmaterials abgeleitet. Anschließend wurden die von den Mitarbeitenden und Führungskräften in der VR-Umgebung vorgenommenen Kompetenzzuordnungen – d. h. die Zuordnungen der Kompetenzdimensionen und Soll-Ausprägungsgrade zu den einzelnen Prozessschritten – aus der VR-Umgebung exportiert²⁹. Die Kompetenzzuordnungen bilden das „Grundgerüst“ der prozessbezogenen Kompetenzmodelle. Diese vorläufigen Modelle wurden schließlich mit den tätigkeitsspezifischen Kompetenzfacetten der zuvor entwickelten tätigkeitsbezogenen Kompetenzmodelle (durch die Interviewerin) angereichert.

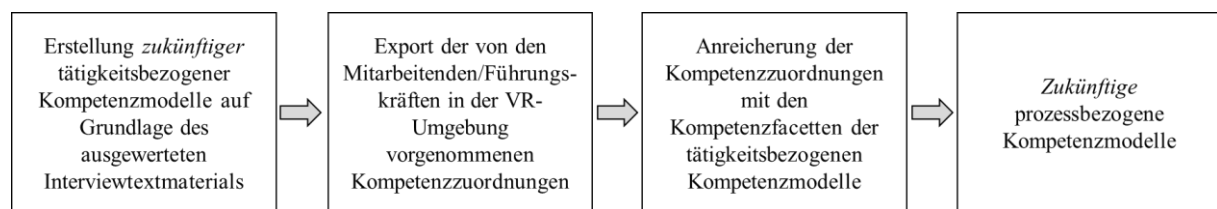


Abbildung 10: Schritte zur Konzeption der prozessbezogenen Kompetenzmodelle im Rahmen des VR-basierten PKOM-Vorgehens (eigene Darstellung)

Die aus dem VR-basierten PKOM-Vorgehen resultierenden prozessbezogenen Kompetenzmodelle wurden schließlich kommunikativ validiert (vgl. Flick, 2020). Dabei wurde von den interviewten Mitarbeitenden und Führungskräften geprüft, ob die prozessbezogenen Kompetenzmodelle alle für die abgebildeten Prozessschritte benötigten Kompetenzdimensionen und -facetten aufführen und inhaltlich korrekt beschreiben.

²⁹ Konkret wurden die Kompetenzzuordnungen als JSON-Files exportiert und die darin aufgeführten Kompetenzzuordnungen in das bereits in Abbildung 6 vorgestellte Design der prozessbezogenen Kompetenzmodelle überführt.

Ableitung von Kompetenzentwicklungsbedarfen

Auf Grundlage der resultierenden prozessbezogenen Kompetenzmodelle wurden schließlich die Kompetenzentwicklungsbedarfe in den KMU ermittelt (s. Forschungsfrage 2). Da die Kompetenzmodelle ähnlich zu dem in Abbildung 6 vorgestellten Kompetenzmodell aufgebaut sind, wird auf eine erneute Darstellung verzichtet. Beispielhafte Ausschnitte aus den Modellen der Teilstudie 2 können dem zweiten Manuskript dieser Dissertation (Depenbusch et al., 2023) entnommen werden.

Wie in Teilstudie 1 stand auch in Teilstudie 2 die Ableitung der Kompetenzentwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitender sowie der prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppen (d. h. alle an den zukünftigen Prozessen der KMU beteiligten Mitarbeitenden) im Fokus.

Die Bestimmung der Entwicklungsbedarfe *einzelner Mitarbeitender* erfolgte wie in Teilstudie 1 anhand eines Abgleichs der bei den einzelnen Prozessschritten geforderten Soll-Kompetenzausprägungsgraden mit den Ist-Kompetenzausprägungsgraden der jeweiligen Mitarbeitenden (Soll-Ist-Abgleich). Die Kompetenzentwicklungsbedarfe der *prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppen* wurden auch hier auf Basis von prozentualen Kompetenzhäufigkeiten bestimmt. Die Berechnungen³⁰ erfolgten auf dieselbe Art und Weise wie in Teilstudie 1 (vgl. Kapitel 5.1.2). Als Berechnungsgrundlage wurden die unter Einsatz der VR-Umgebung entwickelten prozessbezogenen Kompetenzmodelle herangezogen. Aufgrund der Tatsache, dass die VR-basierte PKOM im Gegensatz zur verallgemeinerbaren PKOM ausschließlich die zukunftsbezogene Analysephase umfasste, wurden nur „zukünftige Kompetenzhäufigkeiten“ bestimmt. Da somit kein Vergleich mit „gegenwärtigen Kompetenzhäufigkeiten“ vorgenommen wurde, dienten ausschließlich hohe zukünftige Kompetenzhäufigkeiten als Indikatoren für mögliche Kompetenzentwicklungsbedarfe der betrachteten Mitarbeitendengruppe.

Vergleich der prozessbezogenen Kompetenzmodelle aus Teilstudie 1 und Teilstudie 2

Neben den Kompetenzentwicklungsbedarfen wurden mögliche Vorteile und Herausforderungen der eingesetzten VR-Umgebungen für die Durchführung der PKOM identifiziert (s. Forschungsfrage 3). Dazu wurden zunächst die im Rahmen der VR-basierten PKOM entwickelten prozessbezogenen Kompetenzmodelle (Teilstudie 2) mit den im Rahmen der verallgemeinerbaren PKOM entwickelten Modellen (Teilstudie 1) verglichen. Gegenstand des Vergleichs war der Detailgrad der Modelle, welcher sich auf die Anzahl der darin enthaltenen

³⁰ Dabei wurde zunächst anhand der prozessbezogenen Kompetenzmodelle die relative Häufigkeit berechnet, mit der die verschiedenen Kompetenzdimensionen bei den einzelnen Prozessschritten der am Gesamtprozess beteiligten Tätigkeitsbereiche (z. B. Einkauf, Verkauf, Lager) benötigt werden. Die resultierenden Kompetenzhäufigkeiten wurden anschließend summiert und durch die Anzahl aller am Gesamtprozess beteiligten Tätigkeitsbereiche dividiert. Die daraus hervorgehenden Häufigkeiten wurden schließlich in Prozentwerte überführt.

Kompetenzdimensionen bezieht. Es handelt sich somit um dieselben Kompetenzhäufigkeiten, die auch zur Ableitung von Kompetenzentwicklungsbedarfen der prozessbezogenen Mitarbeitendengruppen herangezogen bzw. bestimmt werden. Die Berechnung entsprechender prozentualer Kompetenzhäufigkeiten wurde bereits erörtert (vgl. z. B. Kapitel 5.1.2).

Wenn die mit der VR-basierten PKOM erstellten prozessbezogenen Kompetenzmodelle einen höheren Detailgrad (bzw. höhere Kompetenzhäufigkeiten) aufweisen als die prozessbezogenen Modelle der verallgemeinerbaren PKOM, so ist dies nicht nur ein Hinweis darauf, dass mit Hilfe von VR-Umgebungen mehr geforderte Kompetenzdimensionen identifiziert werden können, sondern auch darauf, dass sich die Kompetenzentwicklungsbedarfe der Mitarbeitenden (auf Basis der identifizierten Kompetenzdimensionen) präziser ableiten lassen.

Identifikation und Evaluation VR-spezifischer Akzeptanzkriterien

Ergänzend zu dem Vergleich der Kompetenzmodelle wurden VR-spezifische Akzeptanzkriterien identifiziert und evaluiert. Wie bereits erläutert, handelt es sich dabei um spezifische Eigenschaften von VR-Umgebungen (z. B. Immersion oder Interaktivität), welche die Akzeptanz der Mitarbeitenden gegenüber der Nutzung von VR-Umgebungen prägen und sich bei angemessener Ausprägung zugleich als vorteilhaft erweisen bzw. die Nutzung der VR-Umgebungen im jeweiligen Anwendungskontext (hier: die PKOM) fördern (vgl. Depenbusch et al., 2023). Nicht adäquat erfüllte Akzeptanzkriterien deuteten hingegen auf potenzielle Herausforderungen beim Einsatz von VR-Umgebungen im entsprechenden Anwendungskontext (hier: die PKOM) hin (vgl. Depenbusch et al., 2023).

Die Ableitung der für die VR-basierte PKOM relevanten, VR-spezifischen Akzeptanzkriterien erfolgte auf Basis des zuvor ausgewerteten Interviewtextmaterials (in Bezug auf Interviewmodul 3). Anschließend wurden die identifizierten VR-spezifischen Akzeptanzkriterien (z. B. Grad der Immersion der VR-Umgebung oder intuitive Bedienbarkeit) evaluiert. In diesem Rahmen wurde anhand des ausgewerteten Interviewtextmaterials geprüft, ob die VR-spezifischen Akzeptanzkriterien aus Sicht der Mitarbeitenden bzw. Führungskräfte durch die bei der PKOM eingesetzte VR-Umgebung adäquat erfüllt wurden. Bei adäquater Erfüllung bzw. Umsetzung wurden die Akzeptanzkriterien bzw. die entsprechenden VR-Eigenschaften als Vorteile der VR für die Durchführung der PKOM wahrgenommen. Nicht adäquat erfüllte Akzeptanzkriterien deuteten hingegen auf potenzielle Herausforderungen bei der Nutzung von VR-Umgebungen im Rahmen der PKOM hin.

5.2.3 Ergebnisse der zweiten Teilstudie

Das VR-basierte PKOM-Vorgehen

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage (*Wie können zukünftige Kompetenzanforderungen prospektiv und prozessbezogen unter Einbindung der Mitarbeitenden und Führungskräfte in einer VR-Umgebung erfasst werden?*) kann auf das VR-basierte PKOM-Vorgehen verwiesen werden, welches die prospektive und prozessbezogene Kompetenzmodellierung unter Einbindung der Mitarbeitenden und Führungskräfte in einer VR-Umgebung ermöglicht. Das VR-basierte PKOM-Vorgehen beruht auf dem in Teilstudie 1 entwickelten verallgemeinerbaren PKOM-Verfahren und umfasst somit bewährte Methoden der Kompetenzmodellierung und der psychologischen Anforderungsanalyse. Die bei der VR-basierten PKOM eingesetzten VR-Umgebungen simulieren dreidimensionale Nachbildungen der Unternehmensumgebungen der am Projekt SoDigital beteiligten KMU (vgl. Müller et al., 2022; Müller et al., 2023). Die Prozessschritte der digitalisierten Arbeitsprozesse werden in den VR-Umgebungen an dem Ort abgebildet, wo sie auch in der Realität ausgeführt werden. An jedem Prozessschritt werden das generische Kompetenzinventar und der zugehörige Einstufungsschlüssel dargestellt. Auf diese Weise können die Mitarbeitenden und Führungskräfte die bei den zukünftigen Prozessschritten geforderten Kompetenzdimensionen und Soll-Ausprägungsgrade aus dem generischen Kompetenzinventar bzw. dem Einstufungsschlüssel auswählen und zuordnen. Durch den Einsatz der VR-Umgebung werden die Mitarbeitenden und Führungskräfte somit in die Lage versetzt, die prozessbezogenen Kompetenzmodelle (bzw. deren Grundgerüst) eigenständig zu erstellen. Dadurch können die Mitarbeitenden und Führungskräfte vertiefter in die PKOM eingebunden werden als bei der verallgemeinerbaren PKOM (Teilstudie 1).

Kompetenzentwicklungsbedarfe

Zur Beantwortung von Forschungsfrage 2 (*Wie lassen sich die Kompetenzentwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitender und prozessbeteiligter Mitarbeitendengruppen ableiten und welche Kompetenzentwicklungsbedarfe entstehen (exemplarisch) in den betrachteten KMU?*) wurden die Kompetenzentwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitender sowie der prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppen der KMU anhand der prozessbezogenen Kompetenzmodelle abgeleitet. Dies erfolgte anhand der bereits erläuterten Vorgehensweisen (vgl. Kapitel 5.2.2).

Zur Bestimmung der Entwicklungsbedarfe *einzelner Mitarbeitender* wurden unter Zuhilfenahme der prozessbezogenen Kompetenzmodelle Soll-Ist-Abgleiche in Bezug auf einzelne Prozessschritte durchgeführt. Die Kompetenzentwicklungsbedarfe der *prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppen* wurden hingegen anhand zukünftiger Kompetenzhäufigkeiten be-

stimmt. Kompetenzdimensionen, die in den zukünftigen Prozessen der KMU besonders häufig gefordert werden, wurden als Indikatoren für potenzielle Kompetenzentwicklungsbedarfe der jeweiligen Mitarbeitendengruppe herangezogen (vgl. Kapitel 5.2.2).

Grundsätzlich zeigte sich in den Analysen, dass in den zukünftigen Prozessen der KMU die Dimensionen der digitalen Kompetenz (z. B. Erzeugen digitaler Inhalte und Daten, Umgang mit digitalen Inhalten und Daten) sowie der Methodenkompetenz (z. B. Problemlösefähigkeiten, ganzheitliches Denken) sowohl auf der Ebene *einzelner Mitarbeitender* als auch auf der Ebene der *prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppen* an Bedeutung gewinnen. Daher ist es naheliegend, dass an dieser Stelle Entwicklungsbedarfe entstehen, die es durch die KMU zu adressieren gilt (vgl. Depenbusch et al., 2023). Des Weiteren stellte sich (noch deutlicher als in Teilstudie 1) heraus, dass die Dimensionen der Fachkompetenz (insbesondere die Anwendung von Fach- und Erfahrungswissen), in den zukünftigen Prozessen der KMU besonders relevant werden bzw. bleiben und somit auch hier kontinuierliche Entwicklungsmaßnahmen erfolgen sollten (vgl. Depenbusch et al., 2023). Wie bereits im Kontext der Teilstudie 1 dargelegt, sollte auch an dieser Stelle angemerkt werden, dass keine generalisierenden Aussagen darüber getroffen werden können, welche Kompetenzdimensionen in den zukünftigen bzw. digitalisierten Prozessen von KMU oder Unternehmen insgesamt relevant werden und entsprechend entwickelt werden sollten. Stattdessen entstehen neue bzw. veränderte Kompetenzanforderungen und Entwicklungsbedarfe im Rahmen der individuell verfolgten Digitalisierungsstrategien (z. B. Hirsch-Kreinsen et al., 2020). Vor diesem Hintergrund wurden die PKOM-Verfahren (Teilstudien 1 und 2) konzipiert, welche es ermöglichen, zukünftige Kompetenzanforderungen und Entwicklungsbedarfe präzise in Bezug auf die digitalisierten Prozessschritte der Unternehmen bzw. KMU zu erfassen.

Vorteile und Herausforderungen des Einsatzes von VR-Umgebungen bei der PKOM

Zur Beantwortung von Forschungsfrage 3 (*Welche Vorteile und Herausforderungen ergeben sich aus dem Einsatz von VR-Umgebungen für die PKOM und die Ableitung von Kompetenzentwicklungsbedarfen?*) wurde der Detailgrad der in Teilstudie 1 (verallgemeinerbares PKOM-Vorgehen) und Teilstudie 2 (VR-basiertes PKOM-Vorgehen) entwickelten prozessbezogenen Kompetenzmodelle verglichen. Wie bereits erörtert, bezieht sich der Detailgrad auf die Anzahl der in den prozessbezogenen Kompetenzmodellen abgebildeten Kompetenzdimensionen (Kompetenzhäufigkeiten). Mit Blick auf Abbildung 11 lässt sich feststellen, dass die im Rahmen der VR-basierten PKOM erstellten prozessbezogenen Kompetenzmodelle einen höheren Detailgrad aufweisen (höhere Kompetenzhäufigkeiten) als die im Kontext der verallgemeinerbaren PKOM entwickelten Modelle. Dies wird durch die längeren Balken des

Diagramms in Abbildung 11 deutlich, welche die prozentualen Kompetenzhäufigkeiten der prozessbezogenen Kompetenzmodelle repräsentieren

Hinsichtlich des Bereichs Fachkompetenz zeigt sich beispielsweise, dass die Kompetenzdimension „Anwendung von Fertigkeiten“ im Rahmen der VR-basierten PKOM für ca. 62 % aller zukünftigen Prozessschritte als eine relevante Kompetenzanforderung identifiziert wurde. Beim verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehen hingegen wurde diese Kompetenzdimension nur für 29 % aller zukünftigen Prozessschritte als eine geforderte Kompetenz erachtet. Die Ergebnisse lassen sich möglicherweise damit begründen, dass implizite Handlungsanforderungen, beispielsweise im Rahmen praktischer Routineaufgaben, den Mitarbeitenden erst innerhalb der immersiven VR-Umgebung und in direkter Interaktion mit den virtuellen Objekten (z. B. Prozesselementen und Arbeitsmitteln) bewusst wurden (vgl. Müller et al., 2023).

In Bezug auf den Bereich digitale Kompetenz wird deutlich, dass alle zugehörigen Dimensionen, d. h. das „Erzeugen digitaler Inhalte und Daten“, der „Umgang mit digitalen Inhalten und Daten“, die „Kommunikation und Zusammenarbeit mittels digitaler Technologien“ sowie das „Problemlösen mittels digitaler Technologien“, in der VR-Umgebung viel häufiger als relevante Kompetenzanforderungen erachtet wurden als beim verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehen (Teilstudie 1). Auch hier schienen die virtuellen Arbeitsumgebungen dazu beigetragen zu haben, dass die für den Einsatz der neuen digitalen Systeme geforderten Kompetenzen einfacher erkannt werden konnten. Die Mitarbeitenden konnten unmittelbar beobachten und wahrnehmen, wann und wo (am Arbeitsplatz) die digitalen Systeme zum Einsatz kommen und für welche konkreten Aufgaben diese benötigt werden.

Vor diesem Hintergrund lässt sich hinsichtlich der Forschungsfrage 3 als Zwischenfazit festhalten, dass der Einsatz der VR-Umgebungen im Rahmen der PKOM dazu beigetragen hat, dass die Mitarbeitenden und Führungskräfte mehr geforderte Kompetenzdimensionen in Bezug auf die zukünftigen bzw. digitalisierten Prozessschritte identifizieren konnten als im Rahmen der verallgemeinerbaren PKOM (Teilstudie 1). Da in der Folge detailliertere Kompetenzmodelle entwickelt werden können, lassen sich auf Basis dieser Modelle die Kompetenzentwicklungsbedarfe einzelner Mitarbeitenden sowie der prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppen präziser ableiten. So können Soll-Ist-Vergleiche zur Erfassung des Entwicklungsbedarfs *einzelner Mitarbeitender* in Bezug auf eine größere Anzahl an Kompetenzanforderungen durchgeführt werden. Darüber hinaus werden bei der Berechnung der prozentualen Kompetenzhäufigkeiten mehr Kompetenzdimensionen berücksichtigt, was ebenfalls zu einer präziseren Bestimmung der Kompetenzentwicklungsbedarfe der *prozessbeteiligten Mitarbeitendengruppen* beiträgt. In den obigen Ausführungen wird angedeutet, dass die detailliertere

Kompetenzmodellierung unter anderem mit den besonderen Eigenschaften der VR-Umgebung zur immersiven und interaktiven Simulation von Arbeitsprozessen zusammenhängen könnte, da auf diese Weise eine „vertieftere“ Einbindung der Mitarbeitenden und Führungskräfte in die PKOM ermöglicht wird (sie wurden selbst zu Kompetenzmodellierer*innen). Welche (weiteren) konkreten Eigenschaften der eingesetzten VR-Umgebungen es sind, die es den Mitarbeitenden und Führungskräften der KMU ermöglicht haben, im Rahmen von PKOM eine detaillierte Kompetenzmodellierung vorzunehmen, wird im folgenden Kapitel erläutert.

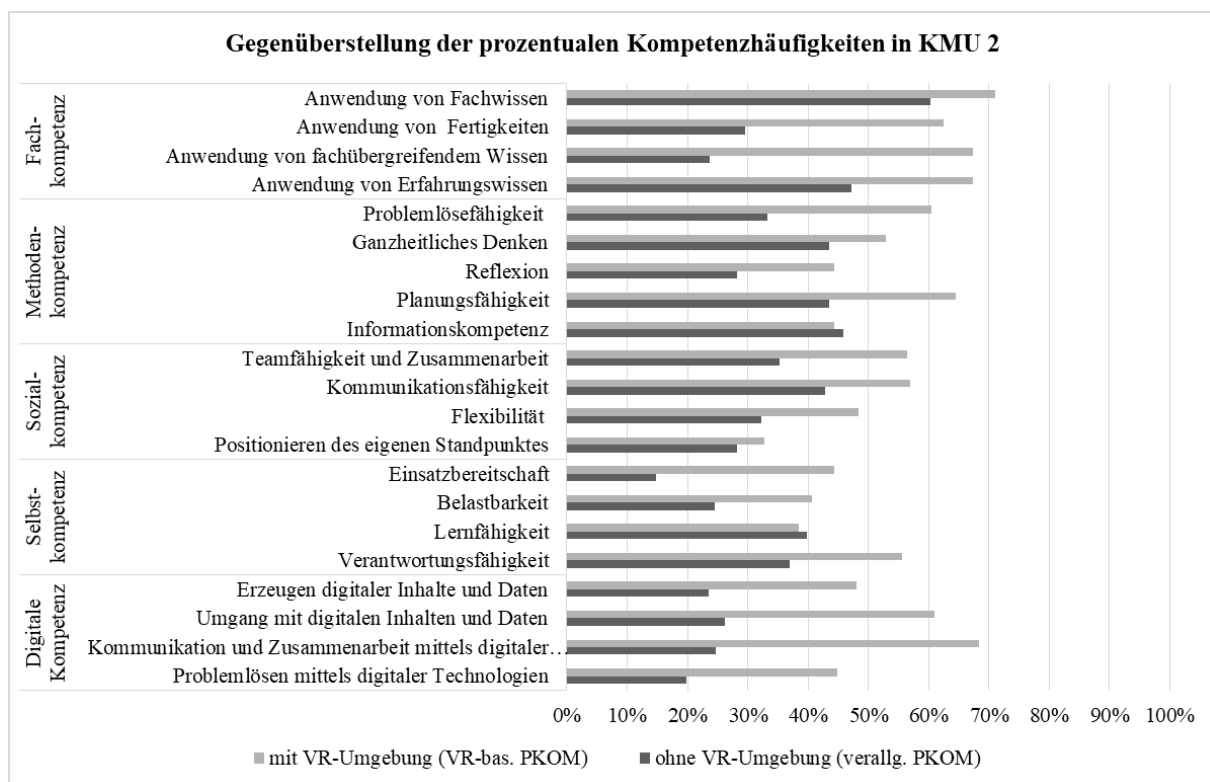


Abbildung 11: Gegenüberstellung der gegenwärtigen und der zukünftigen Kompetenzhäufigkeiten in KMU 2 (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2023, S. 365)

Anmerkungen: Zur vereinfachten und nachvollziehbareren Darstellung wird in Abbildung 11 nur KMU 2 betrachtet. Die prozentualen Kompetenzhäufigkeiten der anderen KMU können Depenbusch et al. (2023) entnommen werden.

Die VR-Eigenschaften, die eine vertieftere Einbindung der Mitarbeitenden in die PKOM und somit eine detaillierte Kompetenzmodellierung ermöglicht haben, wurden auf Grundlage VR-spezifischer Akzeptanzkriterien identifiziert und evaluiert. Die Vorgehensweisen bei der Identifikation und Evaluation der VR-spezifischen Akzeptanzkriterien wurde bereits in Kapitel 5.2.2 ausführlich beschrieben. Die in diesem Rahmen ermittelten VR-spezifischen Akzeptanzkriterien sind in Tabelle 7 aufgeführt. Im Folgenden wird auf der Grundlage des ausgewerteten Interviewtextmaterials beschrieben, ob die entsprechenden Kri-

terien von den Mitarbeitenden bzw. Führungskräften als adäquat erfüllt (Vorteile) oder als nicht adäquat erfüllt (Herausforderungen) wahrgenommen wurden.

In Bezug auf das Akzeptanzkriterium „virtuelle Visualisierung“ lässt sich feststellen, dass ein wesentlicher Vorteil von VR-Umgebungen aus Sicht der Befragten in der Integration des Arbeitskontextes liegt. Mithilfe von VR-Umgebungen ist es möglich, die Arbeitsumgebungen der Mitarbeitenden im dreidimensionalen Raum nachzubilden und die (zukünftigen) Prozessschritte an dem Ort zu platzieren („in situ“), wo sie auch in der Realität auszuführen sind (vgl. Müller et al., 2023). Auf diese Weise konnten sich die Mitarbeitenden besser in die zukünftigen bzw. digitalisierten Arbeitsprozesse hineinversetzen und die bei den Prozessschritten geforderten Kompetenzdimensionen einfacher identifizieren (z. B. „Ja besser finde ich eigentlich, dass es [die Prozessschritte] in der VR direkt am Arbeitsplatz angesiedelt ist und dadurch eigentlich schon eine Unterstützung da ist, über den Prozess nachzudenken“).

Im Hinblick auf das Akzeptanzkriterium „Immersion und Präsenz“ ist anzumerken, dass durch den Einsatz von HMDs ein „Eintauchen“ (Immersion) der Mitarbeitenden und Führungskräfte in ihre virtuell nachgebildete Arbeitsumgebung möglich war (vgl. Müller et al., 2023). Dadurch konnte möglicherweise ein Präsenzgefühl entstehen, das die Fokussierung auf zukünftige Kompetenzanforderungen und damit auch die umfassendere Kompetenzermittlung unterstützt haben könnte. Zudem war eine erhöhte Aufmerksamkeit und Motivation der Mitarbeitenden im Rahmen der PKOM zu erkennen (z. B. „Es ist einfach interessanter, hält einen wach und animiert einen aktiv dabei zu sein“).

Bezüglich des Akzeptanzkriteriums „Interaktion“ konnte festgestellt werden, dass die Möglichkeit der Zuordnung von Kompetenzdimensionen und Soll-Ausprägungsgraden zu Prozessschritten (mithilfe von VR-Controllern) als hilfreich für die Erstellung der prozessbezogenen Kompetenzmodelle angesehen wurde. Allerdings bot die VR-Umgebung keine ausreichenden Dokumentationsmöglichkeiten. Die Erläuterungen der Mitarbeitenden und Führungskräfte zu den zugeordneten Kompetenzdimensionen mussten mühevoll und zeitaufwändig in eine virtuelle Tastatur eingegeben werden. Weiterhin konnte nur eine begrenzte Anzahl an Wörtern an den Prozessschritten dokumentiert werden, sodass keine ausführlichen Erläuterungen bzw. Kompetenzbeschreibungen möglich waren. Als Optimierung wurde daher eine Integration von Sprachmemoboxen vorgeschlagen, die eine schnelle und umfassende Dokumentation erlauben.

Zuletzt zeigte sich, dass Mitarbeitende mit wenig Erfahrung im Umgang mit digitalen Technologien der Nutzung der VR-Umgebung zunächst skeptisch gegenüberstanden. Diese Skepsis galt es zunächst zu überwinden, um die PKOM überhaupt durchführen zu können.

Darüber hinaus kam es zu Beginn der PKOM zu einem hohen Zeitaufwand, da sich die Mitarbeitenden in die Bedienung der VR-Controller und die Systemfunktionen erst einfinden mussten. Da sich die VR-Umgebungen jedoch intuitiv bedienen ließen, erlernten die meisten Interviewten den Umgang mit der VR recht schnell, was auch ihre Skepsis reduzierte (z. B. „Also ein bisschen Eingewöhnung braucht man schon, aber man kann da auch nach einer Einweisung ziemlich autonom klar kommen denke ich“).

Tabelle 7: Übersicht über die aus den Experteninterviews abgeleiteten VR-spezifischen Akzeptanzkriterien (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2023, S. 369)

VR-spezifische Akzeptanzkriterien	Beschreibung des VR-spezifischen Akzeptanzkriteriums
Virtuelle Visualisierung (vgl. Wiendahl et al., 2003)	Dreidimensionale Nachbildung von Unternehmens- bzw. Arbeitsumgebungen; insitu-Darstellung der Prozessschritte; unbegrenzte Fläche (Infinitivität) zur Visualisierung von Arbeitsprozessen
Immersion und Präsenz (vgl. Slater, 2003)	Computergestütztes „Eintauchen“ in die virtuell nachgebildeten Unternehmens- bzw. Arbeitsumgebungen sowie Hervorrufen eines Präsenzgefühls
Interaktion (vgl. Müller et al., 2023)	Adäquate Möglichkeiten zur Fortbewegung und Orientierung in der VR-Umgebung; adäquate Möglichkeiten, um Kompetenzdimensionen den einzelnen Prozessschritten zuzuordnen
Motivation (vgl. Janzik, 2022)	Die Nutzung der VR-Umgebung erhöht die Motivation der Mitarbeitenden zur Durchführung der PKOM
Ergonomie und Komfort (vgl. Brunkow & Hub, 2018)	Adäquater Tragekomfort des HMDs (z. B. geringe physische Belastung); komfortable Nutzung der VR-Controller
Intuitivität und Erlernbarkeit (vgl. Brunkow & Hub, 2018)	Intuitivität und schnelle Erlernbarkeit des Bedienkonzepts der VR-Umgebung (z. B. Bedienung der VR-Controller zur Teleportation oder Auswahl von Kompetenzdimensionen aus dem generischen Kompetenzinventar)
Individualisierbarkeit (vgl. Brunkow & Hub, 2018)	Veränderbarkeit der Größe eingeblendeter Texte; Veränderung der Position virtueller Objekte, um diese besser betrachten zu können
Güte der Information (vgl. Brunkow & Hub, 2018)	Lesbarkeit und Verständlichkeit der in der VR-Umgebung dargestellten Informationen; Relevanz der präsentierten Informationen (z. B. der im generischen Kompetenzinventar aufgeführten Kompetenzdimensionen)
Vertrauen (vgl. Brunkow & Hub, 2018)	Reduktion anfänglicher Skepsis der Nutzenden durch die Fehlertoleranz der VR-Umgebung (z. B. einfaches und schnelles Revidieren vorgenommener Kompetenzzuordnungen)

Anmerkungen: Gekürzte Darstellung auf Grundlage des tabellarischen Überblicks zu den VR-spezifischen Akzeptanzkriterien in Depenbusch et al. (2023, S. 369).

Abschließend kann die Forschungsfrage 3 dahingehend beantwortet werden, dass VR-Umgebungen aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften Vorteile für die Einbindung der Mitarbeitenden in die PKOM bieten und somit zu einer detaillierteren Kompetenzmodellierung beitragen. Als besonders förderlich für die Durchführung der partizipativ orientierten PKOM erwiesen sich die Möglichkeiten zur virtuellen bzw. dreidimensionalen Visualisierung zukünftiger Arbeitsprozesse, der Immersion und Präsenz, der Interaktion und der daraus resultierenden Motivation der Mitarbeitenden zur aktiven Durchführung der PKOM. Weiterhin

wurden die Möglichkeit der Individualisierung von Prozessdarstellungen sowie die intuitive Bedienbarkeit der VR-Umgebung als vorteilhaft angesehen. Neben den Vorteilen wurden jedoch auch Herausforderungen identifiziert, die mit dem Einsatz einer VR-Umgebung bei der PKOM verbunden sind. Zu nennen ist hier insbesondere die eingeschränkte Möglichkeit, erläuternde Informationen zu den in den Prozessschritten geforderten Kompetenzdimensionen zu dokumentieren. Darüber hinaus ist eine zeitaufwändige Einführungsphase notwendig, in der die Mitarbeitenden mit dem Umgang mit der VR-Hard- und Software vertraut gemacht werden (Müller et al., 2022). Gerade in dieser Anfangsphase besteht häufig noch eine Skepsis der Mitarbeitenden gegenüber dem Einsatz von VR-Technologien, die von den KMU erst überwunden werden muss (Müller et al., 2022).

5.3. Teilstudie 3: VR-basierte Avatarvideos als ein effektives Instrument für das Prozesstraining im Kontext der Digitalisierung

5.3.1 Forschungsfragen der dritten Teilstudie

Die dritte Teilstudie bzw. das dritte Manuskript „VR-based Avatar Videos as an Effective Tool for Process Training in the Context of Digitalization“ (Deppenbusch et al., 2024) widmete sich zwei Forschungsfragen:

1. Eignet sich ein VR-basiertes Avatarvideo (VRA-Video) zur Förderung des Prozessverständnisses besser als ein Voice-over-Slides-Video (VOS-Video)?
2. Eignet sich ein VR-basiertes Avatarvideo (VRA-Video) zur Erhöhung der Lernmotivation besser als ein Voice-over-Slides-Video (VOS-Video)?

5.3.2 Vorgehen und Methodik der dritten Teilstudie

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde eine experimentelle Vergleichsstudie (einfaktorielles Design) durchgeführt. Dabei wurden zwei Hypothesen untersucht, deren theoretisch und empirisch fundierte Herleitung bereits in Kapitel 4.4 ausführlich beschrieben wurde.

- Hypothese 1: Das VRA-Video führt zu einem besseren Prozessverständnis (Retentions- und Transferleistungen) als das VOS-Video.
- Hypothese 2: Das VRA-Video führt zu einer höheren Lernmotivation (ARCS-Faktoren) als das VOS-Video.

Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen der erwähnten experimentellen Vergleichsstudie anhand einer Online-Umfrage. Die Stichprobe ($N_{\text{Gesamt}} = 121$) setzte sich zu 73.6 % aus

Studierenden (insbesondere der Studiengänge Wirtschaftswissenschaften und Psychologie) und zu 26.4 % aus Beschäftigten in deutschen Unternehmen verschiedener Branchen (z. B. Forschung & Bildung, Automobil & Maschinenbau, Gesundheitswesen & Soziales, EDV, IT & Telekommunikation) zusammen. Beim Anklicken des Umfragelinks wurden die Proband*innen randomisiert entweder der VRA-Videogruppe (N = 62) oder der VOS-Videogruppe (N = 59) zugeordnet³¹. Das jeweilige Video (d. h. entweder das VOS-Video oder das VRA-Video) wurde von den Proband*innen zweimal hintereinander angeschaut. Die VRA- und VOS-Videos hatten eine Dauer von ca. neun Minuten und konnten am Desktop eines PCs oder über mobile Endgeräte (z. B. Handy, Tablet) im 2D-Format abgespielt werden.

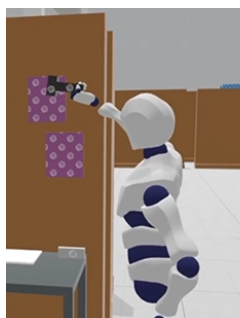
Skalen und Messinstrumente

Die im Rahmen der Erhebung und späteren Auswertung berücksichtigten Variablen umfassen das Videodesign als unabhängige Variable sowie das Prozessverständnis und die Lernmotivation als abhängige Variablen³². Das *Videodesign* bezieht sich auf die VRA- und VOS-Videos und ist entsprechend als eine binäre Variable kodiert (VRA-Video = 1 und VOS-Video = 0). Beide Videos zeigen dieselben zukünftigen Prozessschritte, die von der Beschäftigtengruppe der Lagerist*innen im digitalisierten Lager- und Bestellprozess beim Glasfachbetrieb (KMU 1) auszuführen sind. Die Prozessschritte beziehen sich dabei auf die Ein- und Auslagerung von „Basisglas-Kisten“ (Holzkisten in denen Basisgläser vorhanden sind). Die in den Videos gezeigten Einlagerungsschritte umfassen das Abholen von Kistenetiketten, die Planung der Einlagerung der angelieferten Basisglas-Kisten (mithilfe des Bestandsmanagementsystems), das Antackern der Kistenetiketten an die Basisglas-Kisten (um diese mit Informationen über die Glasart, die Anzahl, usw. zu versehen) sowie das Einscannen der sich auf den Kistenetiketten befindenden Barcodes mithilfe eines Handscanners (um die Informationen über die Glasware an das Bestandsmanagementsystem zu melden). Die Auslagerungsschritte beinhalten die vorausschauende Planung des Versands der Basisglas-Kisten mithilfe des Bestandsmanagementsystems, das Ausbuchen der Basisglas-Kisten durch erneutes Einscannen der Barcodes mittels der Handscanner sowie das Verladen der Basisglas-Kisten auf den LKW.

³¹ Anhand eines Power-Tests (G*Power, $f = .25$ mit 80 % Power, $\alpha = .05$) wurde im Vorfeld eine Mindeststichprobengröße von N = 128 Proband*innen ermittelt.

³² In Teilstudie 3 wurden als Kontrollvariablen zudem das Vorwissen der Proband*innen zum Bestandsmanagement, die Häufigkeit der Nutzung von VR-Umgebungen und Lernvideos, das Alter, Geschlecht sowie der Beschäftigtenstatus erfasst. Mithilfe des Chi-Quadrat-Tests (χ^2 , bei den kategorialen Kontrollvariablen) bzw. des Mann-Whitney-U-Tests (U, bei den metrischen Kontrollvariablen) wurde analysiert, ob sich die Verteilungen der Kontrollvariablen signifikant in beiden Video-Gruppen voneinander unterscheiden. Es lagen keine signifikanten Unterschiede vor, weshalb die Kontrollvariablen in die weiteren Analysen nicht einbezogen wurden.

Das *VRA-Video* wurde mithilfe der VR-Umgebung erstellt, die bereits im Rahmen der VR-basierten PKOM (Teilstudie 2) verwendet wurde. Die zentralen visuellen Gestaltungselemente des VRA-Videos umfassen die virtuell nachgebildete 3D-Lagerumgebung des Glasfachbetriebs, den animierten VR-Avatar sowie prototypische Ansichten zu den Endgeräteinterfaces des digitalen Bestandsmanagementsystems und der einzusetzenden Handscanner. Die genannten Visualisierungen des VRA-Videos sind ausschnitthaft in Abbildung 12 dargestellt. Die Farbgebung im VRA-Video ist der Realität nachempfunden. Der VR-Avatar hat das äußere Erscheinungsbild eines anthropomorphen Charakters (mensenähnlicher Roboter) und simuliert die praktische Ausführung der Prozessschritte mit menschenähnlichen (oberen) Körperbewegungen. Die prototypischen Ansichten der Endgeräteinterfaces sind so gestaltet, wie sie später in der Realität aussehen könnten. Die Interfaces stellen verschiedene Informationen bereit, die für die Planung der Ein- und Auslagerung von Basisglas-Kisten beim Glasfachbetrieb erforderlich sind (z. B. voraussichtliche An- und Auslieferung der Basisglas-Kisten).



(1) Der VR-Avatar scannt die Barcodes mit dem Handscanner ein



(2) Detailliertes Interface des Handscanners

Lagerplatz	Status	Artikelnummer	Menge	Vorauss. Auslieferung
Regal 5, Ebene B	belegt	807682446	30 STK.	30.04.2022
Regal 7, Ebene A	frei			
Regal 1, Ebene	frei			

(3) Detailliertes Interface des Bestandsmanagementsystems

Abbildung 12: Ausschnitt aus dem VRA-Video von KMU 1 (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2024)

Anmerkungen: Die im VRA-Video präsentierte virtuelle 3D-Lagerumgebung wurde mit der Software „Layout & Performance“ von Halocline GmbH & Co.KG erstellt; www.halocline.io

Das *VOS-Video* bildet das Gegenstück zum VRA-Video. Die zentralen visuellen Gestaltungselemente umfassen statische und abstrakte 2D-Grafiken, die auf einem weißen Hintergrund (d. h. weißen Präsentationsfolien) präsentiert werden. Bei den genannten 2D-Grafiken handelt es sich überwiegend um standardisierte Piktogramme sowie um Objekte, die in PowerPoint mittels einfacher geometrischer Formen selbst erstellt wurden. Die Visualisierungen des VOS-Videos sind ausschnitthaft in Abbildung 13 dargestellt. Die Farbgebung ist überwiegend in Schwarz-Weiß- und in Grautönen gehalten. Die praktische Ausführung der

Prozessschritte wird lediglich mittels schwarzer Pfeile angedeutet. Die Ansichten der Endgeräteinterfaces beinhalten im Unterschied zum VRA-Video keine prozessrelevanten Informationen (sondern ausschließlich Überschriften) (vgl. Abbildung 13).

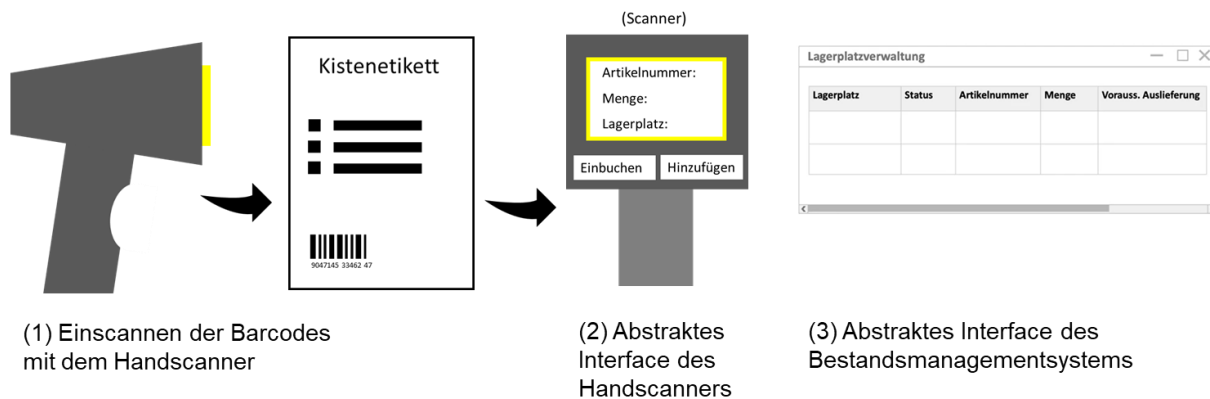


Abbildung 13: Ausschnitt aus dem VOS-Video von KMU 1 (in Anlehnung an Depenbusch et al., 2024)

Anmerkungen: Das VOS-Video wurde mit Microsoft PowerPoint erstellt.

Das *Prozessverständnis* stellt eine der beiden abhängigen Variablen dieser Studie dar. Wie bereits beschrieben, handelt es sich hierbei um das Verstehen einzelner Prozesselemente (z. B. Prozessschritte oder prozessbeteiligte Rollen/Tätigkeiten) und deren Beziehungen zueinander (Burton-Jones & Meso, 2008). Das Prozessverständnis wurde angelehnt an Recker und Dreiling (2011) anhand von Retentions- und Transferleistungen operationalisiert (Recker & Dreiling, 2011). Die Retentionsleistungen wurden mithilfe eines Lückentextes erfasst (vgl. Recker & Dreiling, 2011). Dieser bezieht sich auf die verschiedenen Prozessschritte des digital neugestalteten Lager- und Bestellprozesses von KMU 1. Im Lückentext liegt der Fokus auf den Reihenfolgen der Prozessschritte sowie deren praktische Ausführung unter Einsatz der neuen digitalen Systeme (z. B. Bestandsmanagementsystem, Handscanner). Die Transferleistungen wurden anhand von zwei Problemlösefragen gemessen (Recker & Dreiling, 2011). Die erste Frage bezieht sich darauf, wie das im zukünftigen Lager- und Bestellprozess eingesetzte Bestandsmanagementsystem genutzt werden kann, um die Einlagerung neu eintreffender Basisglas-Kisten trotz fehlender Lagerkapazitäten zu planen und umzusetzen. Die zweite Frage adressiert, wie das Bestandsmanagementsystem verwendet werden kann, um kurzfristige Bestelländerungen von Kund*innen (z. B. kurzfristige Erhöhung der Bestellmenge an Basisgläsern) fristgerecht umzusetzen. Gemäß Recker und Dreiling (2011) deuten gute Retentionsleistungen, aber schlechte Transferleistungen auf ein oberflächliches Prozessverständnis hin. Bei einem tiefen Prozessverständnis hingegen liegen sowohl gute Retentionsleistungen als auch gute Transferleistungen vor (Recker & Dreiling, 2011).

Die zweite in Teilstudie 3 fokussierte abhängige Variable ist die *Lernmotivation*. In Anlehnung an das ARCS-Modell von Keller (2010) wird die Lernmotivation in der vorliegenden Arbeit mit dem Zustand in Verbindung gebracht, in dem Lernende dem Lernmaterial eine hohe Aufmerksamkeit widmen, es als relevant erachten, eine hohe Erfolgszuversicht in die eigene Lernfähigkeit haben und mit der Lernerfahrung zufrieden ist. Die beschriebenen Faktoren Aufmerksamkeit (ARCS-A), Relevanz (ARCS-R), Erfolgszuversicht/Vertrauen (ARCS-C) und Zufriedenheit (ARCS-S) wurden mit der IMMS-Skala (Keller, 2010) erfasst (insgesamt 16 Items). Da die IMMS-Skala in erster Linie die motivationale Qualität von Face-to-Face-Lernumgebungen erfasst, wurden die Items mit Bezug auf den Kontext des videogestützten Prozesslernens umformuliert (z. B. „Die gute Strukturierung des Inhalts im Video hat mir geholfen, den Inhalt zu erlernen“; „das Video beinhaltete Elemente, die meine Neugierde geweckt haben“). Um eine angemessene Untersuchungsdauer zu gewährleisten, wurden nur die für den vorliegenden Untersuchungskontext relevanten Items der IMMS-Skala berücksichtigt.

Vorgehen bei der statistischen Auswertung

Im Vorfeld der Hypothesenprüfung wurden die Reliabilitäten der beschriebenen Skalen bzw. Messinstrumente ermittelt. Um festzustellen, ob die Retentionsleistungen anhand des Lückentextes und die Transferleistungen anhand der beiden Problemlösefragen reliabel erhoben werden konnten, wurde der Cohen's-Kappa-Koeffizient (κ) (als statistisches Maß für die Interrater-Reliabilität) berechnet. Auf diese Weise wurde geprüft, mit welcher Übereinstimmung zwei voneinander unabhängige Beurteiler*innen (engl. „rater“) die ausgefüllten Lückentexte sowie die Antworten der Proband*innen auf die zwei Problemlösefragen bewerteten. Um zu ermitteln, ob die ARCS-Faktoren mithilfe der adaptierten IMMS-Items reliabel gemessen werden konnten, wurde der Cronbach's Alpha-Koeffizient (α)³³ berechnet. Im Anschluss an die Reliabilitätsprüfungen erfolgte eine deskriptive Auswertung der Skalen. Zur Testung der eingangs erwähnten Hypothesen wurde anschließend eine einfaktorielle ANOVA (unter Einsatz der Software SPSS 28) durchgeführt.

³³ Cronbachs-Alpha (α) ist ein Maß für die interne Konsistenz und gibt an, wie gut eine Gruppe von Items ein unidimensionales, latentes Konstrukt messen (vgl. Toth, 2020). Bei der Interpretation von Cronbach's Alpha gelten Werte zwischen .07 und .08 als brauchbar, Werte ab .08 als gut und Werte ab .09 als sehr gut (Kuckartz, Rädiker, Ebert & Schehl, 2013)

5.3.3 Ergebnisse der dritten Teilstudie

Skalenanalyse

Die Reliabilitätsanalyse zeigt, dass die zwei unabhängigen Beurteiler*innen die Lückentexte (bzw. die von den Proband*innen in die Lücken eingetragenen Begriffe) mit einer sehr guten Übereinstimmung ($\kappa = .887$) und die Problemlösefragen (bzw. die von den Proband*innen formulierten Antworten) mit einer guten Übereinstimmung ($\kappa = .735$) (vgl. Altman, 1990) bewerteten. Die Werte der internen Konsistenzen (Cronbachs Alpha, α) der ARCS-Skalen weisen ausreichende bis sehr zufriedenstellende Reliabilitäten³⁴ auf (Cronbachs Alpha lag zwischen $\alpha = .664$ und $\alpha = .896$).

Deskriptive Ergebnisse

Aus der deskriptiven Analyse geht hervor, dass die Mittelwerte der Retentions- und Transferleistungen sowie der ARCS-Faktoren in der VRA-Videogruppe durchgehend höher ausgeprägt sind als in der VOS-Videogruppe (vgl. Tabelle 8). Grundsätzlich erzielten jedoch beide Versuchsgruppen sowohl gute Retentionsleistungen ($M_{VRA} = 5.081$ und $M_{VOS} = 4.873$ bei einer maximal erreichbaren Punktzahl von sieben Punkten) als auch gute Transferleistungen ($M_{VRA} = 1.831$ und $M_{VOS} = 1.585$ bei einer maximal erreichbaren Punktzahl von zwei Punkten).

Tabelle 8: Mittelwerte und Standardabweichungen der Retentions- und Transferleistungen sowie der ARCS-Faktoren in den VRA- und VOS-Videogruppen

Konstrukt/Skala	VRA ($N = 62$) M (SD)	VOS ($N = 59$) M (SD)
Retentionsleistung	5.081 (1.446)	4.873 (1.379)
Transferleistung	1.831 (.384)	1.585 (.617)
Aufmerksamkeit (ARCS-A)	3.107 (.891)	2.661 (.836)
Relevanz (ARCS-R)	3.750 (.927)	3.093 (1.12)
Vertrauen (ARCS-C)	3.758 (.743)	3.489 (.786)
Zufriedenheit (ARCS-S)	2.441 (1.14)	2.034 (.894)

Anmerkungen: Maximale Retentionsleistung = 7 Punkte; maximale Transferleistung = 2 Punkte. Die ARCS-Faktoren wurden auf einer fünfstufigen Likert-Skala erfasst 1 = trifft nicht zu, 2 = trifft eher nicht zu, 3 = teils-teils, 4 = trifft eher zu, 5 = trifft zu; M = Mittelwert; SD = Standardabweichung

Die Mittelwerte der Faktoren Relevanz (ARCS-R) und Vertrauen (ARCS-C) sind in beiden Versuchsgruppen am höchsten ausgeprägt (Relevanz: $M_{VRA} = 3.750$ und $M_{VOS} = 3.093$ sowie Vertrauen: $M_{VRA} = 3.758$ und $M_{VOS} = 3.489$). Der Mittelwert des

³⁴ Aus der Skala „Relevanz“ (ARCS-R) wurde ein Item („Mir war es wichtig, die Lerneinheit erfolgreich abzuschließen“) aufgrund einer zu geringen Trennschärfe (.173) eliminiert.

Faktors Aufmerksamkeit (ARCS-A) ist in beiden Gruppen moderat ($MVRA = 3.106$ und $MVOS = 2.661$) und der Mittelwert des Faktors Zufriedenheit (ARCS-S) ist in beiden Gruppen gering ausgeprägt ($MVRA = 2.441$ und $MVOS = 2.034$).

Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA

Zur Prüfung der eingangs erwähnten Hypothesen (*H1: Das VRA-Video führt zu einem besseren Prozessverständnis als das VOS-Video; H2: Das VRA-Video führt zu einer höheren Lernmotivation als das VOS-Video*) wurde eine einfaktorielle ANOVA durchgeführt. In diesem Rahmen wurde untersucht, ob die in der VRA-Videogruppe durchweg höheren Mittelwertausprägungen (vgl. Tabelle 8) in Bezug auf das Prozessverständnis (Retentions- und Transferleistungen) und die Lernmotivation (ARCS-Faktoren) signifikant sind. Mit Blick auf Hypothese 1 zeigt sich, dass die VRA-Videogruppe signifikant bessere Transferleistungen erzielte als die VOS-Videogruppe, $F(1,119) = 7.006$, $p = .009$, $\eta^2 = .056$. Die Retentionsleistungen hingegen sind nicht signifikant besser ausgeprägt als in der VOS-Videogruppe, $F(1,119) = .653$, $p = .421$, $\eta^2 = .005$. Die Hypothese (H1), dass das VRA-Video zu einem besseren Prozessverständnis führt als das VOS-Video, kann daher teilweise (d. h. ausschließlich hinsichtlich der Transferleistungen) bestätigt werden.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 1 (*Eignet sich ein VRA-Video zur Förderung des Prozessverständnisses besser als ein VOS-Video?*) lässt sich daher festhalten, dass sich das VRA-Video zur Förderung von Transferleistungen, jedoch nicht zur Förderung von Retentionsleistungen besser eignet als das VOS-Video. Die signifikant besseren Transferleistungen der VRA-Videogruppe deuten gemäß der Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML, Mayer, 2014) darauf hin, dass das VRA-Video die Bildung eines kohärenten mentalen Modells und somit den Aufbau eines tiefen Prozessverständnisses besser unterstützt als das VOS-Video (vgl. Mayer, 2014; Recker & Dreiling, 2011).

Die signifikant besseren Transferleistungen der VRA-Videogruppe lassen sich auf die besonderen Visualisierungen des VRA-Videos zurückführen. Dabei handelt es sich um die virtuell nachgebildete 3D-Lagerumgebung des Glasfachbetriebs, den animierten VR-Avatar sowie die prototypischen Ansichten der Endgeräteinterfaces des Bestandsmanagementsystems und der Handscanner. In Anlehnung an den Ansatz des kontextualisierten Lernens (vgl. Parchmann & Kuhn, 2018; Schmid, 2023) lässt sich annehmen, dass durch die virtuell nachgebildete 3D-Lagerumgebung ein Bezug zum Arbeitskontext der Mitarbeitenden im Glasfachbetrieb hergestellt werden konnte (z. B. Guo et al., 2013; Leyer et al., 2021). Die dadurch geschaffene Realitätsnähe könnte dazu beigetragen haben, dass es für die Proband*innen einfacher war, vollständige mentale Repräsentationen zu den dargestellten Prozesselementen zu

entwickeln und diese (ggf. unter Rückgriff auf bestehendes Vorwissen im Langzeitgedächtnis) zu einem kohärenten mentalen Modell zu integrieren (z. B. Guo et al., 2013; Leyer et al., 2021). Da das VOS-Video keine virtuelle Nachbildung der Lagerumgebung enthält, wurde keine Realitätsnähe erzeugt und die Bildung eines kohärenten mentalen Modells daher weniger unterstützt (z. B. Guo et al., 2013; Leyer et al., 2021; Parchmann & Kuhn, 2018; Schmid, 2023).

Die signifikant besseren Transferleistungen der VRA-Videogruppe lassen sich zudem auf den im VRA-Video präsentierten VR-Avatar zurückführen. In Bezug auf die Social Agency Theory (Mayer, 2014) kann argumentiert werden, dass der VR-Avatar bei den Lernenden eine soziale Präsenz ausgelöst hat, weshalb sie ihre aktiven kognitiven Verarbeitungsprozesse intensiviert haben, um die Prozessschritte des Lager- und Bestellprozesses besser zu verstehen (Generative Processing) (z. B. Mayer, 2014). Laut Mayer (2014) manifestiert sich das in diesem Rahmen intensivierte Generative Processing insbesondere in besseren Transferleistungen (vgl. Mayer, 2014). Gemäß den Ergebnissen der Metaanalyse von Castro-Alonso et al. (2021) werden die beschriebenen Wirkmechanismen der sozialen Präsenz bereits durch die bloße Darstellung des VR-Avatars im VRA-Video ausgelöst. Mit Blick auf die Studien von Davis (2018), Mayer und DaPra (2012) sowie Wang et al. (2018) sind hingegen die menschenähnlichen Körperbewegungen des VR-Avatars als primärer Auslöser des erhöhten Generative Processing bzw. der besseren Transferleistungen der VRA-Videogruppe anzusehen (Embodiment-Prinzip, Mayer, 2014). Da das VOS-Video keinen (verkörperten) VR-Avatar beinhaltet, können die lernförderlichen Wirkmechanismen der sozialen Präsenz nicht zum Tragen kommen. Dies ist ein weiterer möglicher Grund für die signifikant geringere Ausprägung der Transferleistungen in der VOS-Videogruppe.

Schließlich kann angenommen werden, dass neben der virtuellen 3D-Lagerumgebung und dem animierten VR-Avatar auch die detaillierten Ansichten der Endgeräteinterfaces im VRA-Video die Transferleistungen der Proband*innen förderten. In den Overlays wurden detaillierte Informationen präsentiert, die sich auf die Ein- und Auslagerung der Basisglas-Kisten beziehen und für die Lösung der Problemlöseaufgaben benötigt wurden (z. B. Informationen zur voraussichtlichen An- und Auslieferung von Basisglas-Kisten). Aufgrund der durch diese Ansichten vermittelten konkreten und praxisnahen Informationen konnten möglicherweise umfassendere mentale Repräsentationen gebildet und in einem kohärenten mentalen Modell integriert werden. Infolgedessen konnte die VRA-Videogruppe die Informationen gegebenenfalls besser abrufen und im Rahmen der Problemlösesituationen anwenden.

In Bezug auf Hypothese 2 zeigen die ANOVA-Ergebnisse, dass die Faktoren Aufmerksamkeit (ARCS-A), $F(1,119) = 8.017$, $p = .005$, $\eta^2 = .063$, Relevanz (ARCS-R), $F(1,119) = 12.404$, $p = < .001$, $\eta^2 = .094$, und Zufriedenheit (ARCS-S), $F(1,119) = 4.742$, $p = .031$, $\eta^2 = .038$ in der VRA-Videogruppe signifikant höher ausgeprägt sind als in der VOS-Videogruppe. In Bezug auf den Faktor Vertrauen (ARCS-C) können jedoch keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt werden, $F(1,119) = 3.757$, $p = .055$, $\eta^2 = .031$. Die Hypothese (H2), dass das VRA-Video zu einer höheren Lernmotivation (ARCS-Faktoren) führt als das VOS-Video, kann somit teilweise (d. h. ausschließlich mit Blick auf die Faktoren ARCS-A, ARCS-R und ARCS-S) bestätigt werden. Hinsichtlich der Forschungsfrage 2 (*Eignet sich ein VRA-Video zur Erhöhung der Lernmotivation besser als ein VOS-Video?*) lässt sich somit feststellen, dass sich das VRA-Video zur Erhöhung der Aufmerksamkeit (ARCS-A), der wahrgenommenen Relevanz (ARCS-R) und der Zufriedenheit (ARCS-S), jedoch nicht zur Erhöhung der Erfolgszuversicht der Lernenden (ARCS-C), besser eignet als das VOS-Video.

Die signifikant höheren Ausprägungen der Faktoren Aufmerksamkeit (ARCS-A), Relevanz (ARCS-R) und Zufriedenheit (ARCS-S) lassen sich ebenfalls auf die besonderen visuellen Gestaltungselemente des VRA-Videos zurückführen. In Bezug auf den Ansatz des kontextualisierten Lernens können die motivationalen Effekte auf den durch die virtuelle 3D-Lagerumgebung erzeugten Kontextbezug und die damit einhergehende Realitätsnähe zurückgeführt werden (vgl. Chen et al., 2016; Schmid, 2023). In Anlehnung an die Studie von Jong (2023) kann die signifikant höher ausgeprägte Aufmerksamkeit (ARCS-A) in der VRA-Videogruppe damit erklärt werden, dass die authentische Nachbildung der virtuellen 3D-Lagerumgebung des Glasfachbetriebs das (situationale) Interesse und die Neugierde der Lernenden geweckt und somit auch ihre Aufmerksamkeit erhöht hat. Des Weiteren lässt sich angelehnt an die Studien von Chin et al. (2016) sowie Dinçer und Doğanay (2017) schlussfolgern, dass auch das anthropomorphe Erscheinungsbild sowie die menschenähnlichen Körperbewegungen des VR-Avatars zur Erhöhung des Interesses und der Neugierde der Lernenden und somit zu einer erhöhten Aufmerksamkeit beigetragen haben (z. B. Chin et al., 2016; Dinçer & Doğanay, 2017). Im Gegensatz werden im VOS-Video ausschließlich abstrakte und statische Visualisierungen (standardisierte Piktogramme oder geometrische Formen in Schwarz-Weiß und Grautönen) präsentiert. Diese wenig ansprechend gestalteten Visualisierungen sind möglicherweise ein Grund für die signifikant geringer ausgeprägte Aufmerksamkeit (ARCS-A) der VOS-Videogruppe.

Die signifikant höhere Ausprägung des Faktors Relevanz (ARCS-R) in der VRA-Videogruppe lässt sich mit Blick auf den Ansatz des kontextualisierten Lernens (z. B. Parchmann & Kuhn, 2018; Schmid, 2023) sowie die Studie von Jong (2023) erklären. Vor diesem Hintergrund ist anzunehmen, dass die Relevanz des vermittelten Lager- und Bestellprozesses durch dessen Darstellung in der virtuell nachgebildeten Lagerumgebung des Glasfachbetriebs hervorgehoben wurde (z. B. Parchmann & Kuhn, 2018; Schmid, 2023). Da die praktische Ausführung der Prozessschritte durch den animierten VR-Avatar demonstriert wurde, kann zudem – mit Bezug auf die Social Agency Theory (Mayer, 2014) – angenommen werden, dass der VR-Avatar von den Proband*innen als ein sozialer Interaktionspartner angesehen wurde. Dies könnte dazu geführt haben, dass die durch ihn vermittelten Informationen automatisch als relevant erachtet wurden (vgl. Stiller et al., 2020).

Wie bereits angedeutet, liegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den VRA- und VOS-Videos in Bezug auf die Erfolgszuversicht der Lernenden (ARCS-C) vor. Dies legt nahe, dass die durch den VR-Avatar erzeugte Vermenschlichung der Lernsituation eine eher untergeordnete Rolle bei der Vertrauensbildung spielte. Es ist davon auszugehen, dass in diesem Zusammenhang andere Empfehlungen des ARCS-Modells zur Steigerung des Vertrauens bzw. der Erfolgszuversicht (ARCS-C) von primärer Bedeutung waren. Aufgrund der hohen Vertrauenswerte in beiden Videogruppen schienen diese Empfehlungen durch die VRA- und VOS-Videos ähnlich gut erfüllt worden zu sein (z. B. die verständliche Erläuterung der Lernziele und die Vermeidung einer zu hohen Anzahl an Lerninformationen, vgl. Keller, 2010).

Schließlich lässt sich vermuten, dass die visuell ansprechende und interessante Gestaltung der virtuell nachgebildeten 3D-Lagerumgebung sowie des anthropomorphen VR-Avatars zu einer höheren Freude bei den Lernenden geführt hat. Die Freude gilt als ein wesentlicher Aspekt zur Förderung der Zufriedenheit (ARCS-S) mit der Lernerfahrung (hier: Prozesslernen) (z. B. Keller, 2010; Plass et al., 2014; Um et al., 2012). In diesem Kontext kann das Fehlen visuell ansprechender Darstellungen im VOS-Video als ein möglicher Grund für die signifikant geringere Zufriedenheit der VOS-Videogruppe genannt werden. Es sei jedoch angemerkt, dass die Zufriedenheit der VRA-Videogruppe trotz ihrer signifikant höheren Ausprägung (im Vergleich zur VOS-Videogruppe) grundsätzlich gering ausgeprägt ist. Ein möglicher Grund dafür ist, dass die Proband*innen beim Lernen mit dem VRA-Video (und dem VOS-Video) eine passive, „beobachtende“ Rolle eingenommen haben. Gemäß dem ARCS-Modell sollten die Lernenden zur Steigerung ihrer Zufriedenheit jedoch auch aktiv in die Lerneinheit eingebunden werden (z. B. durch Lernspiele) und Feedback zu ihrem Lernfort-

schritt erhalten (z. B. Zander & Heidig, 2019). Entsprechende „zufriedenheitsfördernden Elemente“ waren jedoch weder im VRA-Video noch im VOS-Video enthalten.

6. Diskussion

Ausgehend von einer sozio-digitalen Perspektive widmete sich diese Dissertation der prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung und dem Prozesstraining für digitalisierte Arbeitsprozesse in KMU. Dabei wurde untersucht, inwiefern VR-Umgebungen die Modellierung zukünftiger Kompetenzanforderungen sowie den Aufbau von Prozessverständnis unterstützen können.

6.1. Zusammenfassende Betrachtung der Ergebnisse

In Teilstudie 1 wurde ein verallgemeinerbares Vorgehen zur prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung mit zugehörigem Befragungs- und Begleitinstrumentarium entwickelt. Das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen stellte zugleich die konzeptionelle Grundlage und Vergleichsreferenz für die Durchführung der PKOM in der VR-Umgebung dar. Die verallgemeinerbare PKOM ermöglicht es KMU, Kompetenzanforderungen in digitalisierten Arbeitsprozessen bereits vor Umsetzung der Digitalisierungsmaßnahmen (prospektiv) sowie in Bezug auf einzelne Prozessschritte (prozessbezogen) zu erfassen. Dabei werden erfahrene Mitarbeitende und Führungskräfte als Prozessexpert*innen mit in die PKOM eingebunden. Das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen kombiniert bewährte Zugänge und Methoden Kompetenzmodellierung (z. B. die induktive und deduktive Methode) und der psychologischen Anforderungsanalyse (z. B. die erfahrungsgeleitet-intuitive Methode und die arbeitsplatzanalytisch-empirische Methode). Die Zugänge und Methoden wurden in Bezug auf den prospektiven und prozessbezogenen Analysefokus adaptiert.

Das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen wurde im Rahmen von Experteninterviews mit Mitarbeitenden und Führungskräften in drei KMU durchgeführt und erprobt ($N_{\text{Gesamt}} = 18$ Interviews). In der gegenwartsbezogenen Analysephase wurden zunächst die in den gegenwärtigen Prozessen der KMU geforderten Kompetenzen als Vergleichsbasis ermittelt. Die ermittelten Kompetenzen wurden anschließend in gegenwärtige prozessbezogene Kompetenzmodelle überführt. In der zukunftsbezogenen Analysephase erfolgte die Bestimmung der in den zukünftigen bzw. digital neugestalteten Prozessen geforderten Kompetenzen. Diese wurden entsprechend in zukünftigen prozessbezogenen Kompetenzmodellen abgebildet.

Auf Basis der prozessbezogenen Kompetenzmodelle wurde anschließend der Kompetenzentwicklungsbedarf *einzelner Mitarbeitender* anhand eines Soll-Ist-Abgleichs in Bezug auf bestimmte Prozessschritte ermittelt. Die prozessbezogenen Kompetenzmodelle wurden ebenfalls genutzt, um die Entwicklungsbedarfe der an den digitalisierten Prozessen der KMU

beteiligten *Mitarbeitendengruppen* abzuleiten. Im Rahmen dessen wurde die prozentuale Häufigkeit bestimmt, mit der die verschiedenen Kompetenzdimensionen in den Prozessen der KMU gefordert werden. Grundsätzlich wurde deutlich, dass fachliche und methodische Kompetenzdimensionen – trotz Einführung der neuen digitalen Technologien in den KMU – weiterhin von hoher Bedeutung sind. Zu nennen sind hier beispielsweise die Anwendung von Fachwissen (z. B. Produktkenntnisse) oder die Problemlösefähigkeit (z. B. Erkennen von Produkt- oder Maschinenmängeln und Anstoßen entsprechender Problemlöseprozesse). Es zeigte sich zudem, dass mit der Einführung der digitalen Systeme neue bzw. veränderte Anforderungen an die digitalen Kompetenzen der Mitarbeitenden entstehen. Dabei geht es beispielsweise um das Erzeugen digitaler Inhalte und Daten (z. B. Eintragungen in Datenbanken vornehmen) oder um den Einsatz digitaler Technologien zur Lösung von Problemsituationen (z. B. Einsatz digitaler Fehlerhistorien zur Analyse von Maschinenmängeln). Die Ergebnisse stehen beispielsweise im Einklang mit der Studie von Blumberg und Kauffeld (2021). Auch hier wurden unter anderem fachliche, methodische und digitale Kompetenzanforderungen als bedeutsam für die Ausführung digitalisierter Arbeitsschritte ermittelt (Blumberg & Kauffeld, 2021). Grundsätzlich können jedoch keine allgemeinen Aussagen darüber getroffen werden, welche Kompetenzdimensionen in digitalisierten Arbeitsprozessen wichtig werden. Wie bereits angedeutet, ergeben sich die Kompetenzanforderungen und Entwicklungsbedarfe aus den individuellen Digitalisierungsmaßnahmen in den Unternehmen (vgl. Hirsch-Kreinsen et al., 2020).

Aufbauend auf dem verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehen wurde in Teilstudie 2 ein VR-basiertes PKOM-Vorgehen konzipiert. Dieses ermöglicht die prospektive und prozessbezogene Kompetenzmodellierung unter Einbeziehung von Mitarbeitenden und Führungskräften sowie unter Einsatz von VR-Umgebungen. Zur Konzipierung des VR-basierten PKOM-Vorgehens wurde der verallgemeinerbare PKOM-Ansatz für die Anwendung in einer VR-Umgebung adaptiert. Das resultierende VR-basierte PKOM-Vorgehen beinhaltet ausschließlich eine zukunftsbezogene Analysephase. Diese wurde, wie bei der verallgemeinerbaren PKOM, im Rahmen von Experteninterviews mit Mitarbeitenden und Führungskräften ($N_{\text{Gesamt}} = 9$ Interviews) durchgeführt. Die eingesetzten VR-Umgebungen simulierten die Unternehmensumgebungen der drei KMU. Die (im Rahmen des Projekts SoDigital) digitalisierten Arbeitsprozesse der KMU wurden als Prozessmodelle in diese Umgebungen eingebettet (vgl. Müller et al., 2023). Das in Teilstudie 1 entwickelte generische Kompetenzinventar sowie der zugehörige Einstufungsschlüssel wurden an jedem in der VR-Umgebung abgebildeten Prozessschritt dargestellt. Die bei den Prozessschritten geforderten Kompetenzdimensionen und Soll-Kompetenzausprägungsgrade konnten aus dem Inventar bzw. dem Einstufungsschlüssel

ausgewählt und den Prozessschritten zugeordnet werden. In der Folge waren die Mitarbeitenden und Führungskräfte in der Lage, die prozessbezogenen Kompetenzmodelle (bzw. deren Grundgerüst") selbst zu erstellen. Dies ermöglichte eine vertieftere Einbindung der Mitarbeitenden und Führungskräfte als im Rahmen des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens (Teilstudie 1). Somit konnte im Rahmen der VR-basierten PKOM auch eine höhere Anzahl an Kompetenzdimensionen identifiziert werden als bei dem verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehen.

Ein Vergleich der im Rahmen der VR-basierten PKOM (Teilstudie 2) und der verallgemeinerbaren PKOM (Teilstudie 1) erstellten prozessbezogenen Kompetenzmodelle zeigte, dass unter Einsatz der VR-Umgebung detailliertere Kompetenzmodelle (enthielten mehr Kompetenzdimensionen) konzipiert werden konnten als bei der verallgemeinerbaren PKOM. Daher ließen sich auch die Kompetenzentwicklungsbedarfe der Mitarbeitenden präziser bestimmen. In diesem Zusammenhang ist anzunehmen, dass die Mitarbeitenden erst innerhalb der immersiven VR-Umgebung und in direkter Interaktion mit den virtuellen Objekten (z. B. Prozesselementen und Arbeitsmitteln) bestimmte Kompetenzanforderungen (als bedeutsam) erkannten. Darüber hinaus konnten die Mitarbeitenden möglicherweise besser nachvollziehen, wann und bei welchen (zukünftigen) Prozessschritten die neuen digitalen Technologien zum Einsatz kommen und welche Kompetenzdimensionen für den Umgang mit diesen Technologien benötigt werden (vgl. Müller et al., 2023).

Um herauszufinden, welche konkreten Eigenschaften der VR-Umgebung Vorteile bzw. Herausforderung für die Durchführung der PKOM darstellen, wurden VR-spezifische Akzeptanzkriterien identifiziert und evaluiert. Als besonders vorteilhaft erwies sich die Kontextualisierung der zukünftigen Arbeitsprozesse innerhalb der virtuell nachgebildeten Unternehmensumgebungen. Dadurch konnten sich die Mitarbeitenden besser in ihre zukünftigen Arbeitsschritte hineinversetzen und entsprechende Kompetenzanforderungen antizipieren. Die Möglichkeit des „Eintauchens“ (Immersion) in diese Umgebungen trug dazu bei, dass die Mitarbeitenden das Gefühl hatten, tatsächlich an ihrem Arbeitsplatz zu sein (Präsenz). In den Experteninterviews zudem beobachtbar, dass die VR-Umgebung eine erhöhte Aufmerksamkeit und Motivation der Mitarbeitenden während der PKOM förderte (vgl. Depenbusch et al., 2023). Als Herausforderungen von VR-Umgebungen für die PKOM wurden die begrenzten Möglichkeiten zur Dokumentation von Informationen (z. B. Kompetenzbeschreibungen) in der VR-Umgebung genannt. Darüber hinaus waren vor der PKOM Einführungstrainings erforderlich, um die Mitarbeitenden und Führungskräfte für den Umgang mit der VR-Hard- und Software zu befähigen (vgl. Müller et al., 2022). In diesem Rahmen wurde deutlich, dass bei

einigen Mitarbeitenden eine anfängliche Skepsis hinsichtlich ihrer Fähigkeiten im Umgang mit der VR-Technologie vorhanden war, die es zunächst zu überwinden galt (vgl. Müller et al., 2022).

In Teilstudie 3 wurden die VR-Umgebungen aus Teilstudie 2 genutzt, um VR-basierte Avatarvideos (VRA-Videos) zu erstellen. In den VRA-Videos wurde die praktische Ausführung der digitalisierten Arbeitsschritte in den KMU durch einen animierten VR-Avatar (mit menschenähnlichen Körperbewegungen und Gesten) demonstriert. Bislang gab es noch keine empirischen Befunde, ob sich ein VRA-Video zur Förderung des Prozessverständnisses und zur Erhöhung der Lernmotivation von Mitarbeitenden eignet. Da es darüber hinaus divergierende Perspektiven in Bezug auf die Lernförderlichkeit der im VRA-Video enthaltenen Visualisierungen gibt und diese teilweise als Quelle des Extraneous Processing angesehen werden (vgl. Scheiter et al., 2009), wurde das VRA-Video mit einem abstrakten und statischen Voice-over-Slides-Video (VOS-Video) verglichen.

Die Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA zeigen, dass das VRA-Video beim Prozesslernen (bzw. Aufbau von Prozessverständnis) zu signifikant besseren Transferleistungen führte als das VOS-Video. Entsprechend ist davon auszugehen, dass das VRA-Video die Bildung eines kohärenten mentalen Modells – und somit den Aufbau eines tiefen Prozessverständnisses – besser unterstützt hat als das VOS-Video (vgl. Mayer, 2005; Recker & Dreiling, 2011). Dies lässt sich einerseits dadurch erklären, dass das VRA-Video kontextualisiertes Lernen gefördert hat. Durch die Darstellung der virtuell nachgebildeten Lagerumgebung konnten konkrete Bezüge zum Arbeitskontext der Lagermitarbeitenden hergestellt werden (vgl. Parchmann & Kuhn, 2018; Schmid, 2023). Die damit einhergehende Realitätsnähe (vgl. Müller et al., 2023) hat möglicherweise zur Bildung des kohärenten mentalen Modells zu gezeigten Lager- und Bestellprozess beigetragen (vgl. Parchmann & Kuhn, 2018; Schmid, 2023). Des Weiteren kann mit Bezug auf die Social Agency Theory (Mayer, 2014) angenommen werden, dass durch den VR-Avatar eine soziale Präsenz induziert wurde (vgl. Müller et al., 2023). Diese hat womöglich dazu beigetragen, dass die Proband*innen der VRA-Videogruppe sich stärker bemühten, die durch den Avatar demonstrierten Lager- und Bestellprozessschritte des Glasfachbetriebs zu verstehen (Generative Processing) (z. B. Mayer, 2014; Mayer & DaPra, 2012; Stiller et al., 2020). Das in diesem Rahmen erhöhte Generative Processing kann zur Erklärung der signifikant höheren Transferleistungen der VRA-Videogruppe herangezogen werden (vgl. Mayer, 2014).

Ein weiteres zentrales Ergebnis der einfaktoriellen ANOVA ist, dass das VRA-Video zu signifikant höheren Ausprägungen der Aufmerksamkeit (ARCS-A), der wahrgenommenen

Relevanz (ARCS-R) und der Zufriedenheit (ARCS-S) führte als das VOS-Video. Es lässt sich schlussfolgern, dass die authentische Darstellung der virtuellen 3D-Lagerumgebung sowie das menschenähnliche Design des VR-Avatars die Neugierde und das Interesse der Lernenden und somit auch ihre Aufmerksamkeit (ARCS-A) geweckt haben (vgl. Chin et al., 2016; Dinçer & Doğanay, 2017; Jong, 2023). Die signifikant höheren Ausprägungen des Faktors Relevanz (ARCS-R) lassen sich einerseits unter Rückgriff auf die Social Agency Theory (Mayer, 2014) erklären. Demgemäß hat die durch den VR-Avatar induzierte soziale Präsenz dazu beigetragen, dass dieser von den Lernenden als ein sozialer Interaktionspartner wahrgenommen wurde und die durch ihn vermittelten Informationen automatisch als bedeutsam angesehen wurden (vgl. Stiller et al., 2020). Darüber hinaus kann auf den Ansatz des kontextualisierten Lernens Bezug genommen werden. Gemäß diesem Ansatz verdeutlichte die kontextbezogene Darstellung der zukünftigen Lager- und Bestellprozessschritte in der virtuell nachgebildeten 3D-Lagerumgebung die Relevanz der vermittelten Lerninhalte für die Zielgruppe der Lagerist*innen von KMU 1 (vgl. Parchmann & Kuhn, 2018; Schmid, 2023). Die signifikant höhere Zufriedenheit der VRA-Videogruppe (ARCS-S) kann schließlich damit begründet werden, dass die visuell ansprechende und interessante Gestaltung der virtuellen 3D-Lagerumgebung sowie des anthropomorphen VR-Avatars Freude bei den Lernenden ausgelöst haben (vgl. Dinçer & Doğanay, 2017; Plass et al., 2014; Um et al., 2012).

6.2. Beitrag zum aktuellen Stand der Forschung

Mit den beschriebenen Ergebnissen der drei Teilstudien trägt diese Dissertation zum aktuellen Stand der Forschung bei. Durch die Entwicklung eines verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens in Teilstudie 1 wird zunächst ein Beitrag zu bestehenden prospektiven und prozessbezogenen Ansätzen der Kompetenzmodellierung geleistet (z. B. Hasenau et al., 2013; Kato-Beiderwieden et al., 2021; Koch, 2010; Yang et al., 2006). In bestehenden Ansätzen werden der prospektive und der prozessbezogene Analysefokus noch häufig unabhängig voneinander betrachtet bzw. deren Integration eher generisch beschrieben (vgl. Depenbusch et al., 2021). So finden sich einerseits prospektive Ansätze, welche die zukünftigen Kompetenzanforderungen einer Tätigkeit „als Ganzes“, jedoch nicht bezogen auf einzelne Prozessschritte ermitteln (z. B. die TAToo und die ProKA, vgl. Kapitel 3.5). Andererseits existieren Ansätze, mit denen Kompetenzanforderungen in Bezug auf einzelne Prozessschritte erhoben werden. Hierbei handelt es sich jedoch zumeist um die in aktuellen (und nicht in zukünftigen) Prozessen geforderten Kompetenzen (z. B. die prozessbezogene Kompetenzmatrix und das POCCI Modell, vgl. Kapitel 3.5). Das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen hingegen integriert pros-

pektive und prozessbezogene Verfahrensweisen. Dadurch ist es möglich, die in zukünftigen bzw. digitalisierten Prozessen geforderten Kompetenzen bereits vor Umsetzung der Digitalisierungsmaßnahmen (prospektiv) sowie in Bezug auf einzelne Prozessschritte (prozessbezogen) zu erfassen. Die Mitarbeitenden und Führungskräfte werden dabei als Prozessexpert*innen im Rahmen von Experteninterviews eingebunden. Die erfassten Kompetenzanforderungen werden in prozessbezogene Kompetenzmodelle überführt, welche zur Ableitung von Kompetenzentwicklungsbedarfen herangezogen werden können. Damit leistet Teilstudie 1 einen weiteren Beitrag zum aktuellen Forschungsstand (z. B. Hasenau et al., 2013; Yang et al., 2006), indem gezeigt wird, wie Kompetenzdimensionen und -facetten in prozessbezogenen Kompetenzmodellen systematisch dargestellt und zur Bestimmung von Kompetenzentwicklungsbedarfen genutzt werden konnten.

Mit der Entwicklung des VR-basierten PKOM-Vorgehens in Teilstudie 2 wird zunächst ein Beitrag zu bestehenden Ansätzen des VR-gestützten Kompetenzmanagements geleistet. Bislang werden VR-Umgebungen vor allem zur Messung vorhandener Kompetenzen von Mitarbeitenden eingesetzt (Ist-Erfassung). Dabei werden bestimmte Tätigkeiten (z. B. medizinische Operationen) in VR-Umgebungen realitätsnah simuliert und die dabei gezeigten Kompetenzen der Personen erfasst (z. B. die benötigte Dauer zur Ausführung eines Arbeitsschritts) (vgl. z. B. Jensen et al., 2017). Das VR-basierte PKOM-Vorgehen hingegen erlaubt die Einbindung von Mitarbeitenden und Führungskräften bereits in einer vorgelagerten analytischen Phase, nämlich der Identifikation geforderter Kompetenzen (Soll-Erfassung).

Darüber hinaus stellt das VR-basierte PKOM-Vorgehen eine Erweiterung bestehender Ansätze zur Digitalisierung von Arbeitsprozessen dar. So können die in der VR-Umgebung neu gestalteten Arbeitsprozesse zugleich in Bezug auf zukünftige Kompetenzanforderungen analysiert werden. Die prozessbezogenen Erfahrungen und Expertisen der Mitarbeitenden bieten dabei eine wertvolle Grundlage für eine umfassende Kompetenzbestimmung (vgl. Müller et al., 2023).

Ein weiterer Beitrag der Teilstudie 2 ist, dass konkrete Vorteile (z. B. kontextbezogene Darstellung von Prozessschritten und Immersion) und Herausforderungen (z. B. Skepsis aufseiten der Mitarbeitenden und Durchführung umfassender Einführungstrainings) von VR-Umgebungen für die Durchführung der PKOM identifiziert wurden. Auf dieser Grundlage können zukünftige Forschungsarbeiten die VR-basierte PKOM optimieren und Möglichkeiten zur Bewältigung der mit der VR-Nutzung einhergehenden Herausforderungen ableiten.

Mit der Teilstudie 3 leistet diese Arbeit zunächst einen Beitrag zu bestehenden Ansätzen des VR-gestützten Prozesstrainings (z. B. Aysolmaz et al., 2016; Leyer et al., 2019; Leyer et

al., 2021). Es konnte gezeigt werden, dass auch Ansätze erfolgsversprechend sind, bei denen VR-Umgebungen nicht als immersive Trainingsumgebung, sondern zur Erstellung von VRA-Videos genutzt werden. VRA-Videos sind im Gegensatz zu immersiven Trainingsumgebungen einfacher zu konzipieren (beispielsweise sind hier keine umfangreichen Programmierfähigkeiten oder didaktischen Kenntnisse erforderlich). Zudem können Lernvideos bzw. VRA-Videos flexibel im Betrieb eingesetzt werden (vgl. Tamrin & Desnita, 2023), was insbesondere im dynamischen Tagesgeschäft von KMU wichtig ist. Konkret wurde im Vergleich mit einem abstrakten und statischen VOS-Video festgestellt, dass das VRA-Video für den Aufbau von Prozessverständnis – insbesondere im Hinblick auf die Förderung von Transferleistungen – besser geeignet ist.

Mit der vergleichenden Analyse wurde zudem zum divergierenden Forschungsstand in Bezug auf die Lernförderlichkeit der im VRA-Video enthaltenen Visualisierungen (z. B. virtuell nachgebildete Arbeitsumgebung und animierter VR-Avatar) beigetragen. In Übereinstimmung mit verschiedenen empirischen Studien (z. B. Castro-Alonso et al., 2021; Leyer et al., 2021; Mayer & DaPra, 2012; Wang et al., 2018) konnte gezeigt werden, dass die Visualisierungen des VRA-Videos (z. B. animierter VR-Avatar, virtuell nachgebildete 3D-Lagerumgebung) das Lernen nicht behinderten, sondern im Gegenteil sogar fördern. Wie bereits erläutert, lässt sich dies unter anderem darauf zurückführen, dass die virtuell nachgebildete 3D-Lagerumgebung kontextualisiertes Lernen ermöglichte (vgl. Parchmann & Kuhn, 2008; Schmid, 2023) und der VR-Avatar durch die Erzeugung einer sozialen Präsenz das Generative Processing unterstützte (vgl. Mayer, 2014).

Eine weitere Erkenntnis der Teilstudie 3 ist, dass VRA-Videos ebenfalls zur Erhöhung der Lernmotivation bzw. ARCS-Faktoren beitragen können. Diese Ergebnisse lassen sich in Einklang mit bisherigen Studien bringen, die ebenfalls das Motivationspotenzial von kontextualisierten Visualisierungen einerseits (z.B. Jong, 2023; Leyer et al., 2021) und die motivationalen Effekte von VR-Avataren andererseits (z.B. Castro-Alonso et al., 2021; Chin et al., 2016; Davis, 2018; Dinçer & Doğanay, 2017) festgestellt haben.

6.3. Limitationen

Die drei Teilstudien der vorliegenden Dissertation sind mit verschiedenen Limitationen verbunden. In den Teilstudien 1 und 2 bestehen zunächst Einschränkungen in Bezug auf die Gültigkeit (Validität) der entwickelten bzw. eingesetzten PKOM-Verfahrensweisen. So wurden ausschließlich qualitative Erhebungsmethoden im Kontext von Experteninterviews durchgeführt. Quantitative Zugänge, wie zum Beispiel eine Fragebogenerhebung (um bei-

spielsweise die Wichtigkeit relevanter Kompetenzdimensionen zu bewerten), oder Beobachtungsmethoden (wie z. B. eine Arbeitsplatzbegehung) wurden hingegen nicht durchgeführt (vgl. Kato-Beiderwieden et al., 2021). Dies liegt darin begründet, dass die Mitarbeitenden und Führungskräfte bei diesen Methoden der Kompetenzerhebung nicht aktiv als Prozessexperten*innen mit in die PKOM eingebunden worden wären.

Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass der Analysefokus während der Experteninterviews aufgrund der Verwendung des generischen Kompetenzinventars eingeschränkt war. Dadurch sind möglicherweise weitere für die KMU relevante Kompetenzdimensionen während der Experteninterviews unberücksichtigt geblieben. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Kompetenzmodelle, die dem generischen Kompetenzinventar zugrunde gelegt wurden (z. B. der DigComp 2.1, Carretero et al., 2017), keinen konkreten Bezug zu produzierenden KMU aufweisen. Eine systematische Validierung der im Kompetenzinventar aufgeführten Kompetenzdimensionen hinsichtlich ihrer Bedeutsamkeit für die drei KMU (im Projekt SoDigital) wurde allerdings nicht durchgeführt. Das Kompetenzinventar wurde jedoch vor der Durchführung der Experteninterviews an die KMU verschickt, um zu überprüfen, ob die aufgeführten Kompetenzdimensionen tatsächlich relevant sind oder ergänzt werden müssen. Eine Adaption des Inventars war aus Perspektive der KMU nicht erforderlich, sodass dieses unverändert in den Interviews eingesetzt wurde.

Nicht nur die PKOM-Verfahrensweisen (Teilstudien 1 und 2) selbst, sondern auch die daraus abgeleiteten prozessbezogenen Kompetenzmodelle können Einschränkungen in ihrer Gültigkeit aufweisen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die kommunikative Validierung der prozessbezogenen Modelle bereits vor Umsetzung der Digitalisierungsmaßnahmen in den KMU erfolgte. Eine anschließende Prüfung, ob die in den Modellen abgebildeten Kompetenzanforderungen auch nach Implementierung der Digitalisierungsmaßnahmen bedeutsam blieben, erfolgte jedoch nicht. Der Grund für die fehlende zweite Validierung ist, dass die Digitalisierungsvorhaben in den KMU erst nach Ende der Projektlaufzeit von „SoDigital“ (in dessen Rahmen diese Dissertation erfolgte) vollständig implementiert waren.

Eine weitere Limitation liegt in der Subjektivität der PKOM-Verfahrensweisen (Teilstudien 1 und 2). Aufgrund der vorrangig eingesetzten qualitativen Erhebungs- und Auswertungsmethoden ist es möglich, dass während der Experteninterviews Verzerrungen durch subjektive Interpretationsprozesse aufseiten der Interviewerin entstanden sind. Ihre Vorstellungen über die Relevanz bestimmter Kompetenzanforderungen könnten dazu geführt haben, dass während der Experteninterviews bestimmte Kompetenzdimensionen in den Fokus gerückt

worden sind, die für die Tätigkeit der Befragten bzw. die auszuübenden Prozessschritte nur von geringerer Bedeutung waren.

In Bezug auf Teilstudie 2 ist weiterhin zu berücksichtigen, dass durch die Interaktion mit der VR-Umgebung Verzerrungen entstanden sein könnten. Es ist anzunehmen, dass die interviewten Mitarbeitenden und Führungskräfte ihre Aufmerksamkeit verstärkt auf die Navigation in der VR-Umgebung oder die Auswahl von Kompetenzdimensionen aus dem Kompetenzinventar (mittels der VR-Controller) gerichtet haben. Infolgedessen haben sie sich möglicherweise weniger differenziert mit den zukünftig geforderten Kompetenzdimensionen auseinandergesetzt.

Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass in den Teilstudien 1 und 2 Verzerrungen bei der kategorienbasierten Auswertung der Experteninterviews aufgetreten sein können. Es ist jedoch zu erwähnen, dass die Interrater-Reliabilität überprüft wurde. In beiden Teilstudien konnten gute bis sehr gute Beurteilerübereinstimmungen festgestellt werden. Dementsprechend konnten die Interviewpassagen weitestgehend unabhängig von den auswertenden Personen in das Kategoriensystem eingeordnet werden (vgl. Ramsenthaler, 2013).

Eine weitere Einschränkung der Teilstudien 1 und 2 besteht darin, dass die Kompetenzentwicklungsbedarfe der an den zukünftigen bzw. digitalisierten Prozessen der KMU beteiligten Mitarbeitendengruppen anhand von prozentualen Kompetenzhäufigkeiten ermittelt wurden. Die prozentuale Häufigkeit, mit der bestimmte Kompetenzdimensionen in einem Prozess gefordert werden, erlaubt lediglich eine indirekte Schlussfolgerung in Bezug auf Kompetenzentwicklungsbedarfe. Ergänzend zu den Häufigkeiten sollten insbesondere die Soll-Ausprägungsgrade der Kompetenzdimensionen berücksichtigt werden. In den Teilstudien 1 und 2 wurden die Soll-Ausprägungsgrade der bei den einzelnen Prozessschritten geforderten Kompetenzdimensionen zwar erfasst, die Aggregation auf ein höheres Niveau (z. B. Berechnung des Mittelwerts der Soll-Ausprägungsgrade bezogen auf einzelne Kompetenzdimensionen) erfolgte jedoch nicht. Dies liegt darin begründet, dass sich die Komplexität der Darstellung und Interpretation der Kompetenzentwicklungsbedarfe weiter erhöht hätte. Weiterhin ist einschränkend anzumerken, dass die prozentualen Kompetenzhäufigkeiten als Indikator für den Vorteil eines PKOM-Ansatzes zur Unterstützung einer umfassenden Kompetenzmodellierung (Identifikation einer höheren Anzahl an geforderten Kompetenzdimensionen) verwendet wurden. Im Umkehrschluss könnte eine höhere Anzahl an identifizierten Kompetenzanforderungen jedoch auch bedeuten, dass die Mitarbeitenden weniger klar zwischen relevanten und weniger relevanten Kompetenzanforderungen differenzieren konnten.

Eine weitere Limitation, die sowohl Teilstudie 1 als auch Teilstudie 2 betrifft, ist die geringe Stichprobengröße. Die Befragung einer größeren Anzahl an Mitarbeitenden und Führungskräften hätte eine differenzierte Identifikation und Beschreibung der zukünftigen Kompetenzanforderungen ermöglicht. Es sei zudem angemerkt, dass in beiden Teilstudien dieselben Mitarbeitenden und Führungskräfte interviewt wurden. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese Personen in nachfolgenden Befragungen bereits für die Relevanz bestimmter Kompetenzdimensionen sensibilisiert waren. Der Grund für die Befragung der gleichen Personen war, dass diese im Rahmen von Teilstudie 2 in der Lage sein sollten, das VR-basierte PKOM-Vorgehen mit dem verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehen zu vergleichen, um mögliche Vorteile bzw. Herausforderungen des Einsatzes einer VR-Umgebung zu identifizieren.

Schließlich sei darauf hingewiesen, dass die PKOM-Verfahren der Teilstudien 1 und 2 nur in produzierenden KMU (industrieller Kontext) pilotiert wurden. Der Fokus lag dabei auf einfachen Produktions- und Lagerprozessen (vgl. Müller et al., 2023). Es stellt sich daher die Frage, ob die PKOM-Verfahren (Teilstudien 1 und 2) auch für andere Tätigkeitsklassen (z. B. Arbeitsprozesse, die primär auf Wissensarbeit beruhen) oder andere Branchen (z. B. Dienstleistungen) geeignet sind.

Die dritte Teilstudie weist ebenfalls Limitationen auf. Eine Einschränkung besteht zunächst darin, dass die Einzeleffekte der verschiedenen visuellen Designelemente in den VRA- und VOS-Videos (z. B. des VR-Avatars oder der statischen Piktogramme) auf das Prozessverständnis und die Lernmotivation nicht empirisch untersucht wurden. Infolgedessen konnten die signifikant höheren Ausprägungen der Transferleistungen sowie der Faktoren Aufmerksamkeit (ARCS-A), Relevanz (ARCS-R) und Zufriedenheit (ARCS-S) lediglich auf theoretischer Grundlage erklärt werden (z. B. wurden die positiven Wirkungen des VR-Avatars auf die Transferleistungen anhand der Social Agency Theory erörtert).

Weiterhin sei angemerkt, dass die experimentelle Vergleichsanalyse in Teilstudie 3 lediglich einen Messzeitpunkt umfasste. Mögliche Gruppenunterschiede zwischen den VRA- und der VOS-Videogruppen hinsichtlich des Prozessverständnisses und der Lernmotivation konnten daher nur zu diesem Zeitpunkt bestimmt und interpretiert werden. Es bleibt somit ungeklärt, ob die signifikant besseren Transferleistungen sowie die signifikant höheren Ausprägungen der Faktoren Aufmerksamkeit (ARCS-A), Relevanz (ARCS-R) und Zufriedenheit (ARCS-S) tatsächlich auf das VRA-Video zurückzuführen sind. Genauso gut kann es sein, dass das Prozessverständnis und die Lernmotivation bereits vor der Intervention – d. h. dem Anschauen des VRA-Videos – in der VRA-Videogruppe höher ausgeprägt waren als in der

VOS-Gruppe. Zudem stellt sich die Frage, ob die nicht-signifikanten Unterschiede im Hinblick auf die Retentionsleistungen und den Faktor Vertrauen (ARCS-C) zu einem späteren Zeitpunkt möglicherweise noch signifikant geworden wären (tendenziell zugunsten des VRA-Videos). Die Entscheidung für einen Messzeitpunkt basierte auf der Tatsache, dass die Teilnahme an der experimentellen Studie viel Zeit in Anspruch nahm (ca. 35 Minuten). Dies hätte eine erneute Akquise der Proband*innen zu einem zweiten Messzeitpunkt erheblich erschwert und wäre mit einem hohen zeitlichen Aufwand verbunden.

Eine weitere Limitation der Teilstudie 3 besteht darin, dass die Vergleichsstudie nicht mit den Lagermitarbeitenden des Glasfachbetriebs durchgeführt wurde, an die sich die VRA- und VOS-Videos primär richteten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Größe dieser spezifischen Zielgruppe für eine fundierte statistische Analyse nicht ausreichend gewesen wäre. Auch eine ausschließliche Rekrutierung von Lagermitarbeitenden (aus anderen Unternehmen) wäre mit einem hohen Aufwand verbunden. Aus diesem Grund wurde auf ein Convenience Sample zurückgegriffen (hauptsächlich Studierende und Beschäftigte in deutschen Betrieben verschiedener Branchen).

6.4. Implikationen für die Forschung

Anknüpfend an die zuvor genannten Limitationen und die Beiträge der Teilstudien zum aktuellen Stand der Forschung, ergeben sich Implikationen für die zukünftige Forschung. Nach dem Kenntnisstand der vorliegenden Arbeit handelt es sich bei dem verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehen um einen Ansatz, der die integrative Umsetzung prospektiver und prozessbezogener Analyseverfahren erstmals in dieser Konkretheit beschreibt und ermöglicht. Zukünftige Forschungsarbeiten sollten sich daher mit einer systematischen Validierung des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens befassen. In Anlehnung an Koch (2010) könnten Rückschlüsse über die Validität des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens anhand der Gültigkeit der aus diesem Vorgehen resultierenden prozessbezogenen Kompetenzmodelle gezogen werden. Zur Prüfung der prozessbezogenen Kompetenzmodelle könnten verschiedene Methoden eingesetzt werden. Zunächst wäre es möglich, die Gültigkeit der prozessbezogenen Kompetenzmodelle anhand von Wichtigkeitseinstufungen der darin aufgeführten Kompetenzdimensionen und -facetten zu analysieren (vgl. Koch, 2010). Die Wichtigkeitseinstufungen geben Auskunft über die Passung des prozessbezogenen Kompetenzmodells zur darin abgebildeten Tätigkeit (vgl. Koch, 2010). Da die Kompetenzdimensionen und -facetten in den prozessbezogenen Kompetenzmodellen in Bezug auf einzelne Prozessschritte aufgeführt werden, sollte auch die Wichtigkeit der Kompetenzdimensionen und -facetten in Bezug auf die jewei-

ligen Prozessschritte bewertet werden. Die in den prozessbezogenen Kompetenzmodellen aufgeführten Kompetenzdimensionen und -facetten würden entsprechend als Items ausformuliert und durch die Stelleninhaber*innen anhand einer vorgegebenen Antwortskala bewertet werden (vgl. Koch, 2010). Grundsätzlich empfiehlt sich hier ein längsschnittliches Studiendesign, da auf diese Weise bestimmt werden kann, ob die mit der PKOM identifizierten Kompetenzanforderungen auch eine langfristige Gültigkeit in den KMU (z. B. nach Implementierung der Digitalisierungsmaßnahmen) haben (vgl. Koch, 2010).

Angelehnt an Koch (2010) kann die Validität des PKOM-Ansatzes zudem durch einen Vergleich der prozessbezogenen Kompetenzmodelle mit den aus anderen Verfahren hervorgehenden Modellen untersucht werden. Beispielsweise könnten die prozessbezogenen Kompetenzmodelle mit den im Rahmen der prospektiven Kompetenzanalyse (ProKA, Kato-Beiderwieden et al., 2021) entwickelten Kompetenzmodellen verglichen werden. In diesem Zusammenhang gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die im Rahmen der ProKA erstellten Kompetenzmodelle die Kompetenzdimensionen nicht in Bezug auf einzelne Prozessschritte systematisieren und ein Vergleich daher nur eingeschränkt möglich ist.

In Ergänzung zur Gültigkeitsprüfung der prozessbezogenen Kompetenzmodelle sollten bei der Validierung des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens die Nebengütekriterien Ökonomie und Nützlichkeit betrachtet werden (vgl. Koch, 2010). Bei der Ökonomie stehen Kriterien wie die Verständlichkeit, der Schwierigkeitsgrad der Interviewfragen sowie der Umfang und die Dauer des Vorgehens (zeit- und kostengünstige Durchführbarkeit) im Vordergrund (vgl. Koch, 2010; Steininger, 2020). Die Nützlichkeit des PKOM-Vorgehens hingegen ist gegeben, wenn durch dessen Anwendung Erkenntnisse gewonnen werden, die durch kein anderes Verfahren (ebenso gut) ermittelt werden können (vgl. Steininger, 2020). Im Rahmen dieser Dissertation wurde bereits ausführlich erörtert, dass es sich bei dem verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehen um einen neuen Ansatz handelt, der die Integration eines prospektiven und prozessbezogenen Analysefokus in konkreter Form vornimmt und beschreibt (vgl. Depenbusch et al., 2021). Insofern sind bereits grundlegende Voraussetzungen für die Nützlichkeit erfüllt (Koch, 2010). Die genannten Validitätskriterien der Ökonomie und Nützlichkeit könnten als Items ausformuliert und durch die Mitarbeitenden (beispielsweise im Rahmen einer Online-Umfrage) bewertet werden (vgl. Koch, 2010). Auf Grundlage der dabei gewonnen Erkenntnisse könnten wichtige Hinweise für eine noch ökonomischere und nützlichere Gestaltung des PKOM-Vorgehens gewonnen und entsprechend umgesetzt werden.

Ein weiterer Punkt, der bei der Validierung des PKOM-Vorgehens adressiert werden könnte, ist dessen Übertragbarkeit auf andere Anwendungskontexte. So könnte untersucht

werden, ob sich das PKOM-Vorgehen auch in anderen Branchen (z. B. Dienstleistungen und Handwerk) oder Tätigkeitsklassen (z. B. Verwaltungstätigkeiten) umsetzen lässt und die Entwicklung valider sowie für die Personalarbeit handhabbarer Kompetenzmodelle unterstützt.

In Bezug auf die oben genannten Nebengütekriterien könnten sich zukünftige Studien zudem mit der Weiterentwicklung des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens bzw. der eingesetzten Methoden und Instrumente (z. B. das generische Kompetenzinventar) beschäftigen. Angesichts der fortschreitenden Digitalisierung könnte beispielsweise untersucht werden, ob und wie sich das verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen in eine digitale Desktop-Anwendung überführen lässt. Eine Desktop-Anwendung stellt gegebenenfalls einen effektiven und effizienten Mittelweg zwischen dem konventionellen Interviewsetting beim verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehen (Teilstudie 1) und dem Einsatz immersiver VR-Umgebungen bei dem VR-basierten PKOM-Vorgehen (Teilstudie 2) dar. Beispielsweise könnten die Interviewmodule des PKOM-Vorgehens interaktiv am PC (z. B. Zuordnung der Kompetenzdimensionen per Drag and Drop sowie schriftliche Beantwortung der Interviewfragen) durchgeführt werden. Falls das Unternehmen über genügend Ressourcen und Expertise verfügt, könnte für jedes Modul ein Avatar bzw. pädagogischer Agent entwickelt werden, der Hilfestellungen und Anleitungen zur Durchführung der Module sowie der Bedienung der Desktop-Anwendung gibt.

In Teilstudie 2 erfolgte – wie bereits angedeutet – eine Anpassung und Modifikation des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens für die Durchführung der prospektiven und prozessbezogenen Kompetenzmodellierung in einer immersiven VR-Umgebung. Auch das resultierende VR-basierte PKOM-Vorgehen stellt gemäß dem Kenntnisstand der vorliegenden Arbeit einen Ansatz dar, der erstmals eine prospektive und prozessbezogene Kompetenzmodellierung unter Einbindung von Mitarbeitenden in einer VR-Umgebung ermöglicht. Daher sollte auch das VR-basierte PKOM-Vorgehen zunächst systematisch validiert werden. In diesem Zusammenhang könnten die bereits zur Validierung des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens erläuterten Methoden in Anlehnung an Koch (2010) umgesetzt werden (z. B. Wichtigkeitseinstufungen der in den Kompetenzmodellen aufgeführten Kompetenzdimensionen oder Vergleich der Modelle mit denen anderer Verfahren). Bei der Erfassung der Nebengütekriterien Ökonomie und Nützlichkeit sollte eine Anpassung der betrachteten Kriterien bzw. Fragebogenitems an den VR-bezogenen Anwendungskontext erfolgen.

Eine weitere Implikation für zukünftige Studien ist die umfassende Analyse der Benutzerfreundlichkeit der im Rahmen der PKOM eingesetzten VR-Umgebungen. Die Benutzerfreundlichkeit (engl. „ease of use“) ist Bestandteil des „Technology Acceptance Model“ und gilt damit als eine zentrale Determinante der Nutzerakzeptanz (vgl. Davis, 1989). In Bezug

auf die Benutzerfreundlichkeit werden verschiedene physische Aspekte von VR-Umgebungen in den Vordergrund gestellt (vgl. Kreichgauer & Waloszek, 2007). Beispielsweise könnte auf physischer Ebene die Augenbelastung beim Tragen eines HMDs oder das Auftreten von Cybersickness analysiert werden (vgl. Chandra, El Jamiy & Reza, 2019). Darüber hinaus könnten auch sinnesphysiologische Aspekte, wie der optische Fluss (synchrone Bildverarbeitung mit der Bewegung des Nutzenden), das haptische Feedback, die räumliche Orientierung oder die Antwortzeit der VR-Umgebung evaluiert werden (vgl. Chandra et al., 2019; Karre et al., 2019). Als Erhebungsmethoden könnten Interviews mit den Nutzer*innen in Bezug auf die genannten Aspekte oder eine quantitative Umfrage durchgeführt werden (vgl. Chandra et al., 2019). Eine ebenfalls bewährte Methode ist der „Cognitive Walkthrough“, wobei Personen (ohne vorherige Einführung in die VR-Technologie) bestimmte Aufgaben (hier: die einzelnen Interviewmodule der PKOM) unter Einsatz der VR-Umgebung durchführen. Dabei werden sie durch Expert*innen beobachtet und beantworten Fragestellungen in Bezug auf die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit des Systems (vgl. Kabassi & Maravelakis, 2015). Auf dieser Basis lassen sich Optimierungspotenziale der physikalischen und technologischen Rahmenbedingungen bei der PKOM ableiten.

Zuletzt könnten zukünftige Forschungsarbeiten die Methoden bzw. Vorgehensweisen der VR-basierten PKOM weiterentwickeln. Als potenzielle Erweiterung des Methodenrepertoires könnte ein „Multi-User-Ansatz“ in Erwägung gezogen werden (vgl. Müller et al., 2023). Hierbei begibt sich eine Person in die VR-Umgebung, während die andere Person das Geschehen am Desktop verfolgt und bei der Identifikation von Kompetenzanforderungen sowie der Erstellung des prozessbezogenen Kompetenzmodells unterstützt (vgl. Müller et al., 2023). Dadurch kann eine größere Perspektivenvielfalt bei der Kompetenzmodellierung berücksichtigt werden (vgl. Müller, 2023).

Im Rahmen von Teilstudie 3 dieser Dissertation wurde deutlich, dass die bei der VR-basierten PKOM eingesetzten VR-Umgebungen ebenfalls zur Erstellung von VRA-Videos genutzt werden können. Die Ergebnisse der experimentellen Vergleichsanalyse zeigen, dass sich ein VRA-Video insbesondere zur Förderung des Prozessverständnisses und der Lernmotivation eignet.

Um flexible und einfache Einsatzmöglichkeiten zu gewährleisten, wurden die VRA-Videos im 2D-Format erstellt. Dabei wurde die theoretische Annahme zugrunde gelegt, dass ein 2D-Lernvideo das Prozessverständnis ähnlich effektiv fördern kann wie immersive VR-Umgebungen. Diese Annahme sollte jedoch auch in empirischen bzw. experimentellen Vergleichsstudien untersucht werden. Möglicherweise erweist sich der Einsatz immersiver VR-

Umgebungen im Vergleich zu VRA-Videos – trotz des damit verbundenen hohen Erstellungs- und Nutzungsaufwands – als vorteilhaft für das Prozesstraining.

Zudem könnte untersucht werden, ob die Betrachtung des VRA-Videos mit einem Head-Mounted Display (HMD) das Prozessverständnis und die Lernmotivation möglicherweise besser fördert als die Betrachtung auf einem 2D-Bildschirm. Durch das Aufsetzen eines HMDs könnte eine (höhere) Immersion erzeugt werden, ohne dass die prozessbeteiligten Mitarbeitenden zunächst in (zeitaufwendigen) Schulungen den Umgang mit der VR-Hard- und Software erlernen müssen. Insofern würden entsprechende Untersuchungen bzw. Erkenntnisse eine wichtige Grundlage für die Ableitung neuer Nutzungsmöglichkeiten von VRA-Videos geben.

Eine weitere Implikation für zukünftige Studien ist die Analyse der Wirkungszusammenhänge zwischen den VRA- und VOS-Videos und dem Prozessverständnis sowie der Lernmotivation. Beispielsweise postuliert die „Cognitive Affective Theory of Learning with Media“ (CATLM, Moreno, 2005), dass affektive Aspekte (z. B. Freude) und motivationale Faktoren (z. B. Interesse) das Generative Processing der Lernenden fördern, was schließlich zu besseren Lernergebnissen führt (Park, Knörzer, Plass & Brünken, 2015). In diesem Zusammenhang könnte eine Mediationsanalyse erfolgen, um zu untersuchen, ob die Lernmotivation bzw. die ARCS-Faktoren die Wirkungen der VRA- und VOS-Videos auf das Prozessverständnis (bzw. die Retentions- und Transferleistungen) vermitteln.

6.5. Implikationen für die Praxis

Das in Teilstudie 1 entwickelte verallgemeinerbare PKOM-Vorgehen bietet die Möglichkeit, Kompetenzanforderungen in digitalisierten Arbeitsprozessen bereits vor Umsetzung der entsprechenden Digitalisierungsmaßnahme (prospektiv) sowie in Bezug auf einzelne Prozessschritte (prozessbezogen) zu identifizieren. Dabei werden die Mitarbeitenden als Prozessexpert*innen eingebunden, was eine umfassende Kompetenzbestimmung ermöglicht (vgl. Schulte et al., 2023). Die aus der PKOM resultierenden prozessbezogenen Kompetenzmodelle ermöglichen eine präzise Ableitung des Kompetenzentwicklungsbedarfs der Mitarbeitenden.

Für die praktische Anwendung des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens ist es zunächst wichtig, dass die Unternehmen sich das für die Durchführung und Auswertung der Experteninterviews sowie zur Konzipierung der prozessbezogenen Kompetenzmodelle erforderliche Know-how aneignen. Dazu wurde im Rahmen des Projekts SoDigital eine webbasierte Begleitplattform, die „SoDigital Transformationsplattform“, entwickelt (vgl. Müller et al., 2023). Die Transformationsplattform beinhaltet neben Begleitformaten zur Steuerung der

digitalen Prozessgestaltung auch Unterstützungsmaterialien zur Umsetzung der begleitenden PKOM (vgl. Müller et al., 2023). Im Rahmen des vorliegenden Dissertationsprojekts wurden beispielsweise Schritt-für-Schritt-Anleitungen entwickelt, die beschreiben, wie die Experteninterviews im Rahmen der PKOM durchgeführt und anschließend ausgewertet werden können. Darüber hinaus wurden den KMU strukturierte Dokumentationsbögen zur Verfügung gestellt, um die während der PKOM erhobenen Informationen systematisch und vergleichbar zu dokumentieren (vgl. Müller et al., 2023). Da für die erfolgreiche Umsetzung der PKOM ein grundlegendes Verständnis psychologischer Konstrukte (z. B. Kompetenz- und Anforderungsdimensionen) sowie methodische Kenntnisse zur Durchführung und Auswertung von Experteninterviews erforderlich sind, sollte bei der erstmaligen Durchführung (trotz der bereitgestellten Begleitinstrumente) eine externe Beratung hinzugezogen werden.

Vor der Durchführung der PKOM sollten zudem die potenziellen Interviewpartner*innen sorgfältig ausgewählt werden. Wichtig ist, dass diese bereits über mehrjährige Erfahrung im digitalisierten bzw. zu digitalisierenden Arbeitsprozess verfügen und somit genau wissen, welche Aufgaben und Anforderungen zu bewältigen sind bzw. welche Kompetenzen dafür wichtig sein könnten.

Um den hohen Zeitaufwand der PKOM zu reduzieren, wird den Unternehmen bzw. KMU darüber hinaus empfohlen, diejenigen Kompetenzdimensionen zu fokussieren, die für den eigenen Betrieb bzw. den betrachteten Arbeitsprozess besonders wichtig sind. Beispielsweise könnte der Schwerpunkt auf die Erhebung von fachlichen, methodischen und digitalen Kompetenzdimensionen gelegt werden. Diese Dimensionen unterscheiden sich zwischen verschiedenen Tätigkeiten am meisten (vgl. Mansfield, 1996) und können durch die Mitarbeitenden am besten beschrieben werden.

Die im Rahmen der verallgemeinerbaren PKOM entwickelten prozessbezogenen Kompetenzmodelle weisen eine hohe Komplexität auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die verschiedenen Kompetenzdimensionen und -facetten auf die einzelnen Prozessschritte bezogen sind und daher mehrfach im Modell aufgeführt werden. Um die Komplexität zu reduzieren, empfiehlt es sich für die KMU, in den Modellen ausschließlich die Prozessschritte und damit verbundenen Kompetenzanforderungen abzubilden, die sich im Rahmen der Digitalisierung besonders wichtig werden.

Wie in Teilstudie 2 dargelegt, eröffnen VR-Umgebungen besondere Möglichkeiten, um Mitarbeitende und Führungskräfte vertiefter in die PKOM einzubinden. Auf diese Weise können ihre Sichtweisen differenzierter berücksichtigt werden (als mit dem verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehen). Damit die VR-basierte PKOM durchgeführt werden kann, sind jedoch

bestimmte Rahmenbedingungen zu schaffen. Dazu zählen zunächst die Beschaffung des VR-Equipments sowie die Erstellung einer virtuellen Nachbildung der Unternehmensumgebung. Die Beschaffung des VR-Equipments kann in der heutigen Zeit bereits zu überschaubaren Kosten erfolgen (vgl. Müller et al., 2022). Demgegenüber ist die Erstellung bzw. Nachbildung der virtuellen Unternehmensumgebungen mit einem hohen zeitlichen Aufwand verbunden und erfordert zudem eine hohe Expertise im Umgang mit der VR-Technologie (vgl. Müller et al., 2023). Dies ist bereits bei der Erstellung abstrakter VR-Umgebungen der Fall und nimmt mit steigendem Realitätsgrad bzw. steigender Genauigkeit der VR-Umgebungen zu (vgl. Müller et al., 2022; Müller et al., 2023). Die Unternehmen sollten daher entweder ausgewählte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter entsprechend schulen lassen oder auch in diesem Zusammenhang eine externe Beratung in Anspruch nehmen. Das gleiche gilt in Bezug auf den Einsatz der VR-Hard- und Software im Rahmen der PKOM. Es ist wichtig, dass die Mitarbeitenden zunächst mit den Grundfunktionen und der Bedienung der VR-Hard- und Software vertraut gemacht werden und eine entsprechend professionelle Unterstützung beim Einstieg in die VR-Nutzung erhalten (vgl. Müller et al., 2022). Im Rahmen des Projekts SoDigital war dafür eine zeitaufwändige Einstiegsphase erforderlich (vgl. Müller et al., 2022). Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass in dieser Phase noch eine anfängliche Skepsis aufseiten der Mitarbeitenden in Bezug auf die Nutzung von VR-Umgebungen vorhanden sein kann, die es zu überwinden gilt (vgl. Müller et al., 2022).

Wie bereits im Hinblick auf die verallgemeinerbare PKOM erwähnt, ist es auch bei der VR-basierten PKOM wichtig, sich ein notwendiges Know-how zur Durchführung und Auswertung der Experteninterviews anzueignen. Dazu wurden ebenfalls Unterstützungsmaterialien (z. B. Interviewinstrumente, Schritt-für-Schritt-Anleitungen sowie Dokumentationsbögen) auf der SoDigital-Transformationsplattform bereitgestellt.

Im Rahmen von Teilstudie 3 wurde deutlich, dass VR-basierte Avatarvideos (VRA-Videos) das Prozessverständnis und die Lernmotivation der Mitarbeitenden fördern können und daher vielversprechend für das Prozesstraining sind. Ein besonderer Vorteil ist, dass entsprechende VRA-Videos im Gegensatz zu immersiven VR-Trainingsumgebungen flexibel einsetzbar sind. Zudem ist für die Nutzung von VRA-Videos im Prozesstraining keine aufwändige Einführung der Mitarbeitenden in die Bedienung der VR-Soft-und-Hardware erforderlich (z. B. Bedienung der VR-Controller und Umgang mit der virtuellen Trainingsumgebung).

Zur Erstellung entsprechender VRA-Videos begibt sich eine Person mittels eines HMDs in die VR-Umgebung. Innerhalb der VR-Umgebung, welche die Unternehmensumgebung des

jeweiligen KMU simuliert, wird die Person als ein anthropomorpher VR-Avatar dargestellt. Mithilfe der Teleportations- und Greiffunktionen der VR-Controller können bestimmte Handlungssequenzen zur praktischen Durchführung der zukünftigen Prozessschritte in der virtuellen Umgebung reproduziert und mittels der Aufnahmefunktion direkt in der VR dokumentiert werden. Zur Überführung in ein 2D-Format wurden die VR-Aufzeichnungen über eine Wiedergabefunktion innerhalb der VR-Software rekapituliert. Mittels eines Bildschirmaufnahmeprogramms (Open Broadcaster Software, OBS) konnte schließlich eine Bildschirmaufnahme des Geschehens angefertigt werden. Die Aufnahme wurde anschließend mit einem Audio-kommentar angereichert, welcher die Avatar-Handlungssequenzen bzw. die Ausführung der Prozessschritte erläuterte. Mit Blick auf den Erstellungsprozess des VRA-Videos wird deutlich, dass sich der Einsatz von VRA-Videos insbesondere für diejenigen Unternehmen eignet, die bereits VR-Umgebungen im Rahmen der digitalen Prozessneugestaltung oder der PKOM einsetzen und dementsprechend bereits über eine virtuelle 3D-Nachbildung ihrer Arbeitsumgebung verfügen bzw. diese zur Videoerstellung nutzen können.

In Teilstudie 3 zeigte sich, dass VRA-Videos im Vergleich zu VOS-Videos besonders geeignet sind, um Transferleistungen zu fördern sowie die Aufmerksamkeit (ARCS-A), die wahrgenommene Relevanz (ARCS-R) und die Zufriedenheit (ARCS-S) der Lernenden zu erhöhen. Auch wenn diese positiven Effekte bereits durch das alleinige Anschauen des VRA-Videos zum Tragen kamen, ist es wichtig, dass die Mitarbeitenden auch die praktische Ausführung dieser Prozessschritte in ihrem realen Arbeitsumfeld erproben und einüben. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen des Projekts SoDigital ein Konzept für ein betriebliches Prozesstraining entwickelt, das auf dem Ansatz des Lernens am Modell (Bandura, 1976) beruht (vgl. Müller et al., 2023). Das Konzept untergliedert sich in vier Module. Das erste Trainingsmodul 1 umfasst die Einführungsphase, in der die Mitarbeitenden zunächst über die Ziele der digitalen Prozessgestaltung informiert werden. Dabei werden zudem ihre Vorkenntnisse und bisherigen Erfahrungen im Umgang mit digitalen Technologien erfragt. Das zweite Trainingsmodul bezieht sich auf die Aneignungsphase, in deren Rahmen der digitalisierte Prozess den Mitarbeitenden mittels des VRA-Videos präsentiert wird. Das VRA-Video wird zweimal hintereinander abgespielt, damit die Mitarbeitenden alle relevanten Informationen und Inhalte aufnehmen können. Nach dem zweimaligen Anschauen des Videos können die Mitarbeitenden Fragen zum neuen Prozess stellen. In Trainingsmodul 3 findet dann die Ausführungsphase statt. Hierbei werden die Prozessschritte des digitalisierten Arbeitsprozesses durch die Mitarbeitenden in der Realität bzw. der realen Arbeitsumgebung erprobt. Während der Ausführung der neuen Arbeitsschritte beschreiben die Mitarbeitenden – gemäß der Methode des lau-

ten Denkens (Ericsson & Simon, 1984) – was sie bei der Ausführung der neuen Prozessschritte denken (z. B. wo noch Unklarheiten bei der Handhabung des neuen digitalen Tools bestehen). Auch wenn dieses Trainingskonzept noch erprobt und validiert werden muss, bildet es eine erste Grundlage, um darauf aufbauend Trainingskonzepte zu entwickeln, in deren Rahmen ein individualisiertes, unternehmensspezifisches VRA-Video zum Einsatz kommt.

7. Fazit

Die entwickelten PKOM-Verfahrensweisen sowie die konzipierten VR-basierten Avatavideos, unterstützen die Umsetzung eines strategischen und zukunftsgerichteten Kompetenzmanagements. Dies stellt insbesondere für KMU eine große Herausforderung und zugleich eine wichtige Voraussetzung für den Erhalt ihrer Wettbewerbsfähigkeit im Digitalisierungskontext dar (vgl. Abel & Wagner, 2017). Die vorliegende Dissertation trägt dazu bei, dass das vorausschauende und strategische Kompetenzmanagement in KMU weiter etabliert wird und die Mitarbeitenden und Führungskräfte dabei als Prozessexpert*innen mit in die Kompetenzmodellierung einbezogen werden. Auf diese Weise gelingt im Sinne des sozio-digitalen Ansatzes eine angemessene Berücksichtigung der Kompetenzanforderungen und Entwicklungsbedarfe von Mitarbeitenden im Kontext digitaler Prozessneugestaltungen (vgl. Müller et al., 2023)

Der kombinierte Einsatz bewährter Zugänge und Methoden der psychologischen Arbeitsanalyse sowie der Kompetenzmodellierung ermöglicht eine umfassende Herleitung zukünftiger Kompetenzanforderungen. Der Übertrag des verallgemeinerbaren PKOM-Vorgehens in eine VR-Darstellung kann die Einbindung der Mitarbeitenden in die prospektive und prozessbezogene Kompetenzmodellierung effizienter gestalten. Die aus den PKOM-Verfahrensweisen resultierenden prozessbezogenen Kompetenzmodelle können zur konkreten Ableitung von Kompetenzentwicklungsbedarfen herangezogen werden. Die PKOM-Verfahrensweisen sollten jedoch nicht als alleinige Lösung für ein erfolgreiches Kompetenzmanagement in KMU angesehen werden. Vielmehr handelt es sich hier um einen wichtigen strategischen Ausgangspunkt, an dem zukünftige Forschungsarbeiten und die Praxis anknüpfen können. Beispielsweise können die im Rahmen der PKOM-Verfahrensweisen eingesetzten Methoden weiterentwickelt und hinsichtlich der Gütekriterien (insbesondere der Validität) überprüft werden. Mit Blick auf den Einsatz von VR-Umgebungen bei der PKOM sollte mit anfänglichen Einführungs- und Akzeptanzhürden gerechnet werden, denen jedoch mittels VR-Einführungsschulungen begegnet werden kann (vgl. Müller et al., 2022). Die VR-basierten Animationsvideos bilden einen lernförderlichen Anknüpfungspunkt an die vorherige (VR-basierte) Kompetenzmodellierung und unterstützen das Prozessverständnis sowie die Lernmotivation der Mitarbeitenden im betrieblichen Prozessstraining. Diese Dissertation ist ein erster wissenschaftlicher Schritt, um KMU für ein vorausschauendes und strategisches Kompetenzmanagement zu befähigen.

Förderhinweis

Diese Dissertation wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „Sozio-digitale Innovation durch partizipative Prozessgestaltung im virtuellen Raum“ (SoDigital) durchgeführt. Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung [FKZ: 02L18B571] kofinanziert durch den Europäischen Sozialfonds) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin.



Literaturverzeichnis

- Abel, J., & Wagner, P. (2017). Industrie 4.0: Mitarbeiterqualifizierung in KMU. In K. Kock (Hrsg.), *Arbeit erforschen und gestalten* (S. 7-14). Sozialforschungsstelle Dortmund (sfs), Zentrale Wissenschaftliche Einrichtung der Technischen Universität Dortmund.
- Acatech (Hrsg.) *Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen*, München 2016. <https://www.acatech.de/publikation/kompetenzentwicklungsstudie-industrie-4-0-erste-ergebnisse-und-schlussfolgerungen/>
- Altman, D. G. (1990). *Practical statistics for medical research*. Chapman and Hall/CRC.
- Amadiou, F., Mariné, C., & Laimay, C. (2011). The attention-guiding effect and cognitive load in the comprehension of animations. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 36-40. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.009>
- Ambrosio, A. P., & Fidalgo, M. I. R. (2020). Past, present and future of Virtual Reality: Analysis of its technological variables and definitions. *Culture & History Digital Journal*, 9(1). <https://doi.org/10.3989/chdj.2020.010>
- Anah, A., Novari, A. F., & Gumelar, R. E. (2022). The Effect of Using Animation Video Towards Students' Vocabulary Mastery at The Ninth Grade Student of MTs MII Jiput Pandeglang in Academic Year 2021/2022. *Journal of English Education Studies*, 5(2), 33-46. <https://doi.org/10.30653/005.202252.103>
- Aysolmaz, B., Brown, R., Bruza, P., & Reijers, H. A. (2016, 24.-28. Oktober). *A 3D visualization approach for process training in office environments*. In On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2016 Conferences: Confederated International Conferences: CoopIS, C&TC, and ODBASE 2016, Rhodos, Griechenland, Proceedings (S. 418-436). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48472-3_24
- Bandura, A. (1976). Self-reinforcement: Theoretical and methodological considerations. *Behaviorism*, 4(2), 135-155. <https://www.jstor.org/stable/27758862>
- Barfield W, Zeltzer D, Sheridan T, & Slater M (1995) Presence and performance within virtual environments. In: W. Barfield & TA. Furness (Hrsg.), *Virtual environments and advanced interface design* (S. 473-513). Oxford University Press.
- Beil, B., & Rauscher, A. (2018). Avatar. In B. Beil, T. Hensel & A. Rauscher (Hrsg.), *Game Studies* (S. 201-217). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-13498-3_10
- Bell, J. T., & Fogler, H. S. (1995, Juni). *The investigation and application of virtual reality as an educational tool*. In Proceedings of the American society for engineering education annual conference (Vol. 2513).
- Bellalouna, F. (2020). Industrial Case Studies for Digital Transformation of Engineering Processes using the Virtual Reality Technology. *Procedia CIRP*, 90, 636-641. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.082>
- Blickle, G. (2019) Anforderungsanalyse. In F. Nerdinger, G. Blickle & N. Schaper (Hrsg.), *Arbeits- und Organisationspsychologie* (S. 235-249). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56666-4_15
- Blumberg, V. S. L., & Kauffeld, S. (2021). Kompetenzen und Wege der Kompetenzentwicklung in der Industrie 4.0. *Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO)*, 52(2), 203-225. <https://doi.org/10.1007/s11612-021-00579-5>

- Boda, P. A., & Brown, B. (2020). Designing for relationality in virtual reality: Context-specific learning as a primer for content relevancy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(5), 691-702. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09849-1>
- Bögel, S., Stieglitz, S., & Meske, C. (2014). A role model-based approach for modelling collaborative processes. *Business Process Management Journal*, 20(4), 598-614. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-07-2013-0094>
- Botzkowski, T. (2018). Digitale Transformation von Geschäftsmodellen im Mittelstand. In W. Becker & P. Ulrich (Hrsg.), *Unternehmensführung und Controlling*. Springer Fachmedien. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-658-20333-7.pdf>
- Bozgeyikli, E., Raij, A., Katkoori, S., & Dubey, R. (2016). Point & Teleport Locomotion Technique for Virtual Reality. In A. Cox, P. O. Toups Dugas, R. L. Mandryk & P. Cairns (Hrsg.), *Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play* (S. 205–216). Association for Computer Machinery. <https://doi.org/10.1145/2967934.2968105>
- Briscoe, J. P., & Hall, D. T. (1999). Grooming and picking leaders using competency frameworks: Do they work? An alternative approach and new guidelines for practice. *Organizational dynamics*, 28(2), 37-52. [https://doi.org/10.1016/S0090-2616\(00\)80015-7](https://doi.org/10.1016/S0090-2616(00)80015-7)
- Brown, R., Recker, J., & West, S. (2011). Using virtual worlds for collaborative business process modeling. *Business Process Management Journal*, 17(3), 546-564. <https://doi.org/10.1108/14637151111136414>
- Brunkow, P., & Hub, M. (2018). Zur Relevanz der Akzeptanz virtueller Techniken. Entwicklung eines Modells zur multikriteriellen Frühphasenbewertung virtueller Techniken. *wt Werkstattstechnik online*, 108(3), 162-168. <https://doi.org/10.37544/1436-4980-2018-03-58>
- Burton-Jones, A., & Meso, P. (2008). The Effects of Decomposition Quality and Multiple Forms of Information on Novices' Understanding of a Domain from a Conceptual Model. *Journal of the Association for Information Systems*, 9(12), 748-802. <https://doi.org/10.17705/1jais.00179>
- Campion, M. A., Fink, A. A., Ruggeberg, B. J., Carr, L., Phillips, G. M., & Odman, R. B. (2011). Doing competencies well: Best practices in competency modeling. *Personnel Psychology*, 64(1), 225-262. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2010.01207.x>
- Carretero, S., Vuorikari, R., & Punie, Y. (2017). *DigComp 2.1: The digital competence framework for citizens*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 1-48. <https://doi.org/doi:10.2760/38842>
- Carrion, B., Gonzalez-Delgado, C. A., Mendez-Reguera, A., Erana-Rojas, I. E., & Lopez, M. (2021). Embracing virtuality: User acceptance of virtual settings for learning. *Computers & Electrical Engineering*, 93, 107283. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107283>
- Castro-Alonso, J. C., Wong, R. M., Adesope, O. O., & Paas, F. (2021). Effectiveness of multimedia pedagogical agents predicted by diverse theories: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 33, 989-1015. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09587-1>
- Chandler, P., & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 62(2), 233-246.
- Chandra, A. N. R., El Jamiy, F., & Reza, H. (2019). A review on usability and performance evaluation in virtual reality systems. In 2019 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI) (S. 1107-1114). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSCI49370.2019.00210>

- Chen, M. P., Wang, L. C., Zou, D., Lin, S. Y., & Xie, H. (2019). Effects of caption and gender on junior high students' EFL learning from iMap-enhanced contextualized learning. *Computers & Education*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103602>
- Chin, K.-Y., Hong, Z.-W., Huang, Y.-M., Shen, W.-W., & Lin, J.-M. (2016). Courseware development with animated pedagogical agents in learning system to improve learning motivation. *Interactive Learning Environments*, 24(3), 360-381. <https://doi.org/10.1080/10494820.2013.851089>
- Choi, S., & Clark, R. E. (2006). Cognitive and affective benefits of an animated pedagogical agent for learning English as a second language. *Journal of Educational Computing Research*, 34(4), 441-466. <https://doi.org/10.2190/A064-U776-4208-N145>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement*, 20(1), 37-46.
- Cook, D. A., & Artino Jr, A. R. (2016). Motivation to learn: an overview of contemporary theories. *Medical education*, 50(10), 997-1014. <https://doi.org/10.1111/medu.13074>
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, 35(8), 982-1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>
- Davis, R. O. (2018). The impact of pedagogical agent gesturing in multimedia learning environments: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 24, 193-209. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.05.002>
- Decius, J., & Schaper, N. (2017). The Competence Management Tool (CMT)—A new instrument to manage competences in small and medium-sized manufacturing enterprises. *Procedia Manufacturing*, 9, 376-383. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.041>
- Decius, J., & Schaper, N. (2021). Ein Instrument zur strategischen Kompetenzentwicklung in mittelständischen gewerblichen Betrieben: Die Kompetenzmanagementtabelle (KMT). Gruppe. Interaktion. Organisation. *Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO)*, 52(2), 261-277. <https://doi.org/10.1007/s11612-021-00566-w>
- Depenbusch, S., Bender, E., & Schaper, N. (2021). Prospektive und prozessbezogene Kompetenzanalyse im Digitalisierungskontext—Gestaltung und Erprobung eines Vorgehens. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 75(4), 405-423. <https://doi.org/10.1007/s41449-021-00276-5>
- Depenbusch, S., Schaper, N., & Schumacher, J. P. (2023). Virtual reality for prospective and process-related competence modeling—piloting a participatory approach and investigating user acceptance of the applied VR-tool. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 77(3), 350-374. <https://doi.org/10.1007/s41449-023-00355-9>
- Depenbusch, S., Schaper, N., Schürmann, M., & Schumacher, J. P. (2024). VR-based Avatar Videos as an Effective Tool for Process Training in the Context of Digitalization (Unveröffentlichtes Manuskript). Paderborn: Universität Paderborn.
- Dillon, A. (2001). *User acceptance of information technology*. London: Taylor and Francis.
- Dinçer, S., & Doğanay, A. (2017). The effects of multiple-pedagogical agents on learners' academic success, motivation, and cognitive load. *Computers & Education*, 111, 74-100. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.ke04.005>
- Dransch, D. (2000). Begriffe und Grundprinzipien der Animation. In G. Buziek, D. Dransch & WD. Rase (Hrsg.), *Dynamische Visualisierung* (S. 5-13). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-57230-2_2

- Eck, C. D., & Rietiker, J. (2010). Kompetenzen und Anforderungsanalyse. In B. Werkmann-Karcher & J. Rietiker (Hrsg.), *Angewandte Psychologie für das Human Resource Management. Konzepte und Instrumente für ein wirkungsvolles Personalmanagement* (S. 180-214). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12481-5_10
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1984): *Protocol analysis – Verbal Reports as Data*. Cambridge
- Europäische Kommission. (2003). Empfehlung der Kommission vom 6. Mai 2003 betreffend die Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen (Text von Bedeutung für den EWR) (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2003) 1422). Amtsblatt der Europäischen Union, L 124, 36-41. <http://data.europa.eu/eli/reco/2003/361/oj>
- Ferrari, A., Punie, Y., & Redecker, C. (2012). *Understanding Digital Competence in the 21st Century: An Analysis of Current Frameworks*. In A. Ravenscroft, S. Lindstaedt, C. D. Kloos & D. Hernández-Leo (Hrsg.), 21st Century Learning for 21st Century Skills: 7th European Conference of Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2012, Saarbrücken, Germany, September 18-21, 2012, Proceedings (S. 79-92). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33263-0_7
- Figl, K., & Recker, J. (2016). Exploring cognitive style and task-specific preferences for process representations. *Requirements Engineering*, 21, 63-85. <https://doi.org/10.1007/s00766-014-0210-2>
- Flanagan, J. C. (1954). The critical incident technique. *Psychological Bulletin*, 51(4), 327.-358. <https://doi.org/10.1037/h0061470>
- Fleischmann, A., Oppl, S., Schmidt, W., & Stary, C. (2018). *Ganzheitliche Digitalisierung von Prozessen. Perspektivenwechsel – Design Thinking – Wertgeleitete Interaktion*. Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-658-22648-0_3
- Flick, U. (2020). Gütekriterien qualitativer Forschung. In G. May & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 248-263). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-658-26887-9_30
- Freeman, G., & Maloney, D. (2021). Body, avatar, and me: The presentation and perception of self in social virtual reality. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 4(239), 1-27. <https://doi.org/10.1145/3432938>
- Fried, O., Tewari, A., Zollhöfer, M., Finkelstein, A., Shechtman, E., Goldman, D. B., Genova, K., Jin, Z., Theobalt, C., & Agrawala, M. (2019). Text-based editing of talking-head video. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 38(4), 1-14. <https://doi.org/10.1145/3306346.3323028>
- Fussell, S. G., & Truong, D., (2022). Using virtual reality for dynamic learning: an extended technology acceptance model. *Virtual Reality*, 26(1), 249-267. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00554-x>
- Galanxhi, H., & Nah, F. F. H. (2007). Deception in cyberspace: A comparison of text-only vs. avatar-supported medium. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(9), 770-783. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2007.04.005>
- Gessler, M., & Sebe-Opfermann, A. (2016). Kompetenzmodelle. In M. Müller-Vorbrüggen & J. Radel (Hrsg.), *Handbuch Personalentwicklung: Die Praxis der Personalbildung, Personalförderung und Arbeitsstrukturierung* (4. Aufl.) (S. 159-184). Schäffer-Poeschel Verlag.
- Grassini, S., Laumann, K., & Rasmussen Skogstad, M. (2020). The Use of Virtual Reality Alone Does Not Promote Training Performance (but Sense of Presence Does). *Frontiers in Psychology*, 11(1743). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01743>

- Guo, H., Brown, R., & Rasmussen, R. (2013). *A theoretical basis for using virtual worlds as a personalised process visualisation approach*. In Advanced Information Systems Engineering Workshops: CAiSE 2013 International Workshops, Valencia, Spain, June 17-21, 2013. Proceedings 25 (S. 229-240). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38490-5_22
- Hamborg, K. C., & Schaper, N. (2018). Analyse, Bewertung und Gestaltung von Aufgaben, Arbeitstätigkeiten und Arbeitssystemen. Methoden der Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie. *Enzyklopädie der Psychologie*, 1-79.
- Harp, S. F., & Mayer, R. E., (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. *Journal of Educational Psychology*, 90(3), 414-434.
- Harwardt, M. (2022). *Management der digitalen Transformation*. Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35918-8_1
- Hasenau, K., Sende, C., & Nick, C. (2013). Erstellung prozessbezogener Kompetenzmatrizen in produzierenden KMU. *Handreichungen für die betriebliche Praxis*, 1-8.
- Hecklau, F., Ronald, O., Kidschun, F., & Tominaj, S. (2020). *Veränderte Kompetenzanforderungen im Rahmen von Digitalisierung und Industrie 4.0. WM 2019 - Wissensmanagement in digitalen Arbeitswelten: Aktuelle Ansätze und Perspektiven - Knowledge Management in Digital Workplace Environments: State of the Art and Outlook*. Gesellschaft für Informatik
- Heidicker, P., Langbehn, E., & Steinicke, F. (2017, March). Influence of avatar appearance on presence in social VR. In 2017 IEEE symposium on 3D user interfaces (3DUI) (S. 233-234). IEEE.
- Hegarty, M. (2004). Dynamic visualizations and learning: getting to the difficult questions. *Learning and Instruction*, 14(3), 343-351. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.06.007>
- Heyse, V. (2007). KompetenzAtlas. In V. Heyse & J. Erpenbeck (Hrsg.), *Kompetenzmanagement: Methoden, Vorgehen, KODE® und KODE®X im Praxistest* (S. 32-96) Waxmann Verlag.
- Heyse, V. (2010). Verfahren zur Kompetenzermittlung und Kompetenzentwicklung. In V. Heyse, J. Erpenbeck & S. Ortmann (Hrsg.), *Grundstrukturen menschlicher Kompetenzen: Praxiserprobte Konzepte und Kompetenzen* (S. 55–174). Waxmann Verlag.
- Hirsch-Kreinsen, H., Ten Hompel, M., & Kretschmer, V. (2020). Digitalisierung industrieller Arbeit: Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsansätze. In M. ten Hompel, T. Bauernhansl & B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Handbuch Industrie 4.0: Band 3: Logistik* (S. 495-512). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58530-6_21
- H'mida, C., Degrenne, O., Souissi, N., Rekik, G., Trabelsi, K., Jarraya, M., Bragazzi, N., & Khacharem, A. (2020). Learning a motor skill from video and static pictures in physical education students—effects on technical performances, motivation and cognitive load. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23), 9067. <https://doi.org/10.3390/ijerph17239067>
- Huang, T., Li, Y., & Liang, H. N. (2023, November). Avatar Type, Self-Congruence, and Presence in Virtual Reality. In *Proceedings of the Eleventh International Symposium of Chinese CHI* (S. 61-72). <https://doi.org/10.1145/3629606.3629614>
- Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722-738. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.013>

- Höft, S., & Goerke, P. (2014). Traditionelle Arbeits- und Anforderungsanalyse trifft modernen Kompetenzmanagementansatz: Rosenkrieg oder Traumhochzeit. *Wirtschaftspsychologie*, 16(1), 5-14.
- Holopainen, J., Lähdevänoja, A., Mattila, O., Södervik, I., Pöyry, E., & Parvinen, P. (2020, Januar). *Exploring the learning outcomes with various technologies-proposing design principles for virtual reality learning environments*. In 53rd Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS 2020, Maui, Hawaii, USA. ScholarSpace, 2020. <https://hdl.handle.net/10125/63743>
- Hulla, M., Hammer, M., Karre, H., & Ramsauer, C. (2019). A case study based digitalization training for learning factories. *Procedia Manufacturing*, 31, 169-174. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.027>
- Imhof, B., Jarodzka, H., & Gerjets, P. (2009). Classifying instructional visualizations: A psychological approach. IMAGE. *Zeitschrift für interdisziplinäre Bildwissenschaft*, 5(2), 99-123. <https://doi.org/10.25969/mediarep/16613>
- Janzik, R. (2022). *Mediennutzung und virtuelle Realität: Erklärungsfaktoren der Akzeptanz und Nutzung von Virtual Reality im privaten Kontext*. Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37224-8_4
- Jensen, K., Bjerrum, F., Hansen, H. J., Petersen, R. H., Pedersen, J. H., & Konge, L. (2017). Using virtual reality simulation to assess competence in video-assisted thoracoscopic surgery (VATS) lobectomy. *Surgical Endoscopy*, 31, 2520-2528. <https://doi.org/10.1007/s00464-016-5254-6>
- Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23, 1515-1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
- Jo, D., Kim, K., Welch, G. F., Jeon, W., Kim, Y., Kim, K. H., & Kim, G. J. (2017, November). *The impact of avatar-owner visual similarity on body ownership in immersive virtual reality*. In Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (S. 1-2). <https://doi.org/10.1145/3139131.3141214>
- Jong, M. S. Y. (2023). Flipped classroom: motivational affordances of spherical video-based immersive virtual reality in support of pre-lecture individual learning in pre-service teacher education. *Journal of Computing in Higher Education*, 35(1), 144-165. <https://doi.org/10.1007/s12528-022-09334-1>
- Kabassi, K., & Maravelakis, E. (2015). *Walkthrough evaluation of a VR museum for the physical environment*. In 2015 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA) (S. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IISA.2015.7388088>
- Kähler B, Zettl A, Prinz F (2019) Nutzerfreundliche Softwaregestaltung in der Pflegedokumentation – Handreichung für Softwareentwickler. *BGWiThemen. Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW)*, Hamburg.
- Karre, S. A., Mathur, N., & Reddy, Y. R. (2020). Understanding usability evaluation setup for VR products in industry: a review study. *ACM SIGAPP Applied Computing Review*, 19(4), 17-27. <https://doi.org/10.1145/3381307.3381309>
- Kathleen, N., Ross, B., & Kriglstein, S. (2014). *Storyboard augmentation of process model grammars for stakeholder communication*. In 2014 International Conference on Information Visualization Theory and Applications (IVAPP) (S. 114-121). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7294407>

- Kato-Beiderwieden, A. L., Schlicher, K. D., Ötting, S. K., Heppner, H., & Maier, G. W. (2021). Prospektive Kompetenzanalyse (ProKA)–Ein Verfahren zur Einschätzung von zukünftigen Kompetenzveränderungen. *Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO)*, 52(2), 245-260. <https://doi.org/10.1007/s11612-021-00577-7>
- Kauffeld, S. (2010). KRI – Kompetenz-Reflexions-Inventar. In W. Sarges, H. Wottaw & C. Roos (Hrsg.), *Organisationspsychologische Instrumente. Handbuch wirtschaftlicher Testverfahren* (S. 201-208). Pabst Science Publishers.
- Kauffeld, S., & Grote, S. (2019). Personalentwicklung. In S. Kauffeld (Hrsg.), *Arbeits-, Organisations- und Personalpsychologie für Bachelor* (S. 167-210). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56013-6_7
- Kauffeld, S. (2021). Das Kompetenz-Reflexions-Inventar (KRI) – Konstruktion und erste psychometrische Überprüfung eines Messinstrumentes. *Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO)*, 52(2), 289-310. <https://doi.org/10.1007/s11612-021-00580-y>
- Kauffeld, S., & Schaper, N. (2021). Kompetenzdiagnose: Modelle, Instrumente und Tools. *Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO)*, 52(2), 197-201. <https://doi.org/10.1007/s11612-021-00583-9>
- Keller, J. M. (2010). *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS model Approach*. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1250-3>
- Klevjer, R. (2022). *What is the avatar?: Fiction and embodiment in avatar-based singleplayer computer games*. transcript Verlag.
- Koch, A. (2010). *Die Task-Analysis-Tools (TAToo). Entwicklung, empirische und praktische Prüfungen eines Instrumentes für Anforderungsanalysen* [Dissertation]. Technische Universität Dresden. <https://core.ac.uk/download/pdf/236365753.pdf>
- Köse, E., Taşlıbeyaz, E., & Karaman, S. (2021). Classification of instructional videos. *Technology, Knowledge and Learning*, 26(4), 1079-1109. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09530-5>
- Kreichgauer, U., & Waloszek, G. (2007). User-Centered Design-Prozess der SAP AG. In P. Abele, J. Hurtienne & J. Prümper (Hrsg.), *Usability Management bei SAP-Projekten* (S. 333-355). https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9404-5_13
- Krumm, S., Martin, I., & Dries, C. (2012). *Kompetenzmodelle* (Bd. 27). Hogrefe Verlag.
- Kuckartz, U., Rädiker, S., Ebert, T., & Schehl, J. (2013). *Statistik: eine verständliche Einführung*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19890-3>
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Beltz Juventa.
- Kulke, L., & Pasqualette, L. (2024). Learning from 360-degree videos on a VR headset compared to 2D videos on a monitor. *Cogent Education*, 11(1), 2355386. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2355386>
- Laumer, S., Maier, C., & Weitzel, T. (2017). Information quality, user satisfaction, and the manifestation of workarounds: a qualitative and quantitative study of enterprise content management system users. *European Journal of Information Systems*, 26(4), 333–360. <https://doi.org/10.1057/s41303-016-0029-7>
- Leyer, M., Stumpf-Wollersheim, J., & Pisani, F. (2017). The influence of process-oriented organisational design on operational performance and innovation: a quantitative analysis in the financial services industry. *International Journal of Production Research*, 55(18), 5259-5270. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1304667>

- Leyer, M., Brown, R., Aysolmaz, B., Vanderfeesten, I., & Turetken, O. (2019). *3D virtual world BPM training systems: process gateway experimental results*. In P. Giorgini & B. Weber (Hrsg.), *Advanced Information Systems Engineering: 31st International Conference, CAiSE 2019, Rome, Italy, June 3–7, 2019, Proceedings* (S. 415–429). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21290-2_26
- Leyer, M., Aysolmaz, B., Brown, R., Türkay, S., & Reijers, H. A. (2021). Process training for industrial organisations using 3D environments: An empirical analysis. *Computers in Industry*, 124, 103346. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103346>
- Leyh, C., & Bley, K. (2016). Digitalisierung: Chance oder Risiko für den deutschen Mittelstand?—Eine Studie ausgewählter Unternehmen. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 53, 29–41. <https://doi.org/10.1365/s40702-015-0197-2>
- Leyh, B., Bley, K., & Ott, M. (2018). Chancen und Risiken der Digitalisierung – Befragungen ausgewählter KMU. In J. Hofmann (Hrsg.), *Arbeit 4.0 – Digitalisierung, IT und Arbeit. IT als Treiber der digitalen Transformation* (S. 29–51). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21359-6_3
- Lindner, D., & Leyh, C., (2019). Digitalisierung von KMU—Fragestellungen, Handlungsempfehlungen sowie Implikationen für IT-Organisation und IT-Servicemanagement. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 2(56), 402–418. <https://doi.org/10.1365/s40702-019-00502-z>
- Lindsay, A., Downs, D., & Lunn, K. (2003). Business processes—attempts to find a definition. *Information and Software Technology*, 45(15), 1015–1019. [https://doi.org/10.1016/S0950-5849\(03\)00129-0](https://doi.org/10.1016/S0950-5849(03)00129-0)
- Lucas, T. (2019). Exploring the effect of realism at the cognitive stage of complex motor skill learning. *E-Learning and Digital Media*, 16(4), 242–266. <https://doi.org/10.1177/2042753019835893>
- Mansfield, R. S. (1996). Building Competency Models: Approaches for HR Professionals. *Human Resource Management*, 35(1), 7–18. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-050X\(199621\)35:1%3C7::AID-HRM1%3E3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-050X(199621)35:1%3C7::AID-HRM1%3E3.0.CO;2-2)
- Mara, M., & Leichtmann, B. (2021). Soziale Robotik und Roboterpsychologie: Was psychologische Forschung zur menschenzentrierten Entwicklung robotischer Systeme beiträgt. In O. Bendel (Hrsg.), *Soziale Roboter* (S. 169–189). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-31114-8_9
- Marcus, B. (2011). *Personalpsychologie*. VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-93093-0_2
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Animation as an Aid to Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 14(1), 87–99. <https://doi.org/10.1023/A:1013184611077>
- Mayer R. E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369>
- Mayer, R. E. (2021). Evidence-based principles for how to design effective instructional videos. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 10(2), 229–240. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2021.03.007>
- Mayring P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. In: G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (1. Aufl.) (S 601–613). VS.
- McMahan, A. (2003). Immersion, engagement, and presence: A method for analyzing 3-D video games. In W. Mark & B. Perron (Hrsg.), *The video game theory reader* (S. 67–86). Routledge.

- Mlekus, L., Ötting, S. K., & Maier, G. W. (2020). Psychologische Arbeitsgestaltung digitaler Arbeitswelten. In G. W. Maier, G. Engels & E. Steffen (Hrsg.), *Handbuch Gestaltung digitaler und vernetzter Arbeitswelten* (S. 87–111). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-52979-9_5
- Morgeson, F. P., & Humphrey, S. E. (2006). The Work Design Questionnaire (WDQ): developing and validating a comprehensive measure for assessing job design and the nature of work. *Journal of Applied Psychology*, 91(6), 1321–1339. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.91.6.1321>
- Müller, K., Straatmann, T., Schumacher, J., & Depenbusch, S. (2022). Virtual Reality bei der digitalen Neugestaltung von Geschäftsprozessen. *Personal Quarterly*, 72, 34–39.
- Müller, K., Hamborg, K. C., Straatmann, T., Schumacher, J. P., Koßmann, C., Teuteberg, F., Pöhler, L., Schaper, N., Depenbusch, S., Schüler, T., Izdebski, K., Deppen, K., Neyer, C., & zu Venne, W. M. (2023). Sozio-digitale Innovation durch partizipative Prozessgestaltung im virtuellen Raum. In V. Nitsch, C. Brandl, R. Häußling, P. Roth, T. Gries & B. Schmenk (Hrsg.), *Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand 3: Ergebnisse und Best Practice des BMBF-Forschungsschwerpunkts "Zukunft der Arbeit: Mittelstand – innovativ und sozial"* (S. 239–290). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-67024-8_7
- Müller-Seitz, G., Metzger, J., Ritter, F., Schmüser, M., Westram, J., (2021). *Wertschöpfung–Die Digitalisierung als Werkzeug wirtschaftlicher Tätigkeiten. Quick Guide Digitale Transformation im Mittelstand: Wie Sie Ihre Digitalisierungsstrategie erfolgreich finden und umsetzen*. Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-34978-3_4
- Mütterlein, J. (2018). *The three pillars of virtual reality? Investigating the roles of immersion, presence, and interactivity*. In Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences. <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/items/c059d24a-7545-462f-bd26-dba9f91dcefa9>
- Nilsson, N. C., Nordahl, R., & Serafin, S. (2016). Immersion revisited: A review of existing definitions of immersion and their relation to different theories of presence. *Human Technology*, 12(2), 108–134. <http://dx.doi.org/10.17011/ht/urn.201611174652>
- Noviana, D., Rosidin, O., & Yuliana, R. (2023). Development of contextual teaching and learning based audiovisual learning videos in III grade of elementary school. *JURNAL PENDIDIKAN DASAR NUSANTARA*, 9(1). <https://doi.org/10.29407/jpdn.v9i1.19164>
- Nykänen, M., Puro, V., Tiikkaja, M., Kannisto, H., Lantto, E., Simpura, F., Uusitalo, J., Lukander, K., Räsänen, T., Heikkilä, T., & Teperi, A. M. (2020). Implementing and evaluating novel safety training methods for construction sector workers: Results of a randomized controlled trial. *Journal of Safety Research*, 75, 205–221. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.09.015>
- Oberhauser, R., Pogolski, C., & Matic, A. (2018, Juli). *VR-BPMN: Visualizing BPMN Models in Virtual Reality*. In B. Shishkov (Hrsg.), *Business Modeling and Software Design: 8th International Symposium, BMSD 2018, Vienna, Austria, Proceedings* (S. 83–97). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94214-8_6
- Oberhauser, R., & Pogolski, C. (2019, Juli). *VR-EA: Virtual Reality Visualization of Enterprise Architecture Models with ArchiMate and BPMN*. In B. Shishkov (Hrsg.), *Business Modeling and Software Design: 9th International Symposium, BMSD 2019, Lisbon, Portugal, 2019, Proceedings* (S. 170–187). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24854-3_11

- Parchmann, I., & Kuhn, J. (2018). Lernen im Kontext. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschafts-didaktischen Forschung* (S. 193-207). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_12
- Park, B., Knörzer, L., Plass, J. L., & Brünken, R. (2015). Emotional design and positive emotions in multimedia learning: An eyetracking study on the use of anthropomorphisms. *Computers & Education*, 86, 30-42. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.016>
- Paulsen, H. F. K., & Kauffeld, S. (2019). Kompetenzmanagement in Organisationen: Ein Beitrag zur Laufbahnentwicklung. In S. Kauffeld & D. Spurk (Hrsg.), *Handbuch Karriere und Laufbahnmanagement* (S. 511–542). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48750-1_21
- Peng, T. H., & Wang, T. H. (2022). Developing an Analysis Framework for Studies on Pedagogical Agent in an e-Learning Environment. *Journal of Educational Computing Research*, 60(3), 547–578. <https://doi.org/10.1177/07356331211041701>
- Petri, P. S., & Krempkow, R. (2023). Aktionsfeld Digitalisierung–Ein differenzierter Blick auf benötigte „Digitale Kompetenzen“. In W. Webler (Hrsg.), *Welche Rolle müssen Hochschule und Wissenschaft bei den gesellschaftlichen Transformationsprozessen spielen?*. UniversitätsVerlag Webler
- Plass, J. L., Heidig, S., Hayward, E. O., Homer, B. D., & Um, E. (2014). Emotional design in multimedia learning: Effects of shape and color on affect and learning. *Learning and Instruction*, 29, 128-140. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.02.006>
- Ploetzner, R., & Lowe, R. (2012). A systematic characterisation of expository animations. *Computers in Human Behavior*, 28(3), 781–794. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.12.001>
- Pöhler, L., & Teuteberg, F. (2021). *Closing Spatial und Motivational Gaps: Virtual Reality in Business Process Improvement* [Konferenzbeitrag]. 29. European Conference on Information Systems (ECIS) Research Papers, 151, Artikel 1827.
- Pöhler, L., Schuir, J., Meier, P., & Teuteberg, F. (2021, 12.-15.Dezember). *Let's get immersive: how virtual reality can encourage user engagement in process modeling*. ICIS 2021, Austin, Texas. https://aisel.aisnet.org/icis2021/user_behaviors/user_behaviors/12/
- Rachmadina, D., & Pratiwi, D. D. (2021). Developing mathematics video assisted by Powtoon application in contextual learning approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 1796(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012027>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Radicic, D., & Petković, S. (2023). Impact of digitalization on technological innovations in small and medium-sized enterprises (SMEs). *Technological Forecasting and Social Change*, 191, 122474. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122474>
- Raihan, A. (2024). A review of the digitalization of the small and medium enterprises (SMEs) toward sustainability. *Global Sustainability Research*, 3(2), 1-16. <https://doi.org/10.56556/gssr.v3i2.695>
- Ramsenthaler, C. (2013). Was ist „Qualitative Inhaltsanalyse?“ In M. Schnell, C. Schulz, H. Kolbe & C. Dunger (Hrsg.), *Der Patient am Lebensende. Eine Qualitative Inhaltsanalyse* (S. 23-42). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19660-2_2

- Recker, J. C., & Dreiling, A. (2011). The Effects of Content Presentation Format and User Characteristics on Novice Developers' Understanding of Process Models. *Communications of the Association for Information Systems*, 28(6), 65–84. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.02806>
- Reinhold, F. (2019). *Wirksamkeit von Tablet-PCs bei der Entwicklung des Bruchzahlbegriffs aus mathematikdidaktischer und psychologischer Perspektive*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23924-4>
- Rheinberg, F. (2008). *Motivation* (7. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.
- Rodriguez, D., Patel, R., Bright, A., Gregory, D., & Gowing, M. K. (2002). Developing competency models to promote integrated human resource practices. *Human Resources Management*, 41(3), 309–324. <https://doi.org/10.1002/hrm.10043>
- Rosenberger, K. (2016). Fall-Vignetten. Ein methodisches Instrument in der Bildungsforschung. In C. Fridrich, R. Klingler, R. Potzmann, W. Greller & R. Petz (Hrsg.), *PH Wien Forschungsperspektiven 7* (S. 203–215). Lit Verlag.
- Sanchez-Vives, M. V., & Slater, M. (2005). From presence to consciousness through virtual reality. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(4), 332–339. <https://doi.org/10.1038/nrn1651>
- Santos-Espino, J. M., Afonso-Suárez, M. D., & Guerra-Artal, C. (2016). Speakers and Boards: A Survey of Instructional Video Styles in MOOCs. *Technical Communication*, 63(2), 101–115.
- Schall, M., & Howe, F. (2024). Berufliche Handlungskompetenz von betrieblichem Ausbildungspersonal: Ein Kompetenzmodell für die Erstellung von Kompetenzprofilen und die Entwicklung von Bildungsangeboten. *BIBB Fachbeiträge zur beruflichen Bildung*. <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0035-1095-5>
- Schaper, N. (2009). Aufgabenfelder und Perspektiven bei der Kompetenzmodellierung und -messung in der Lehrerbildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2(1), 166–199. <https://doi.org/10.25656/01:14697>
- Schaper, N. (2014). Validitätsaspekte von Kompetenzmodellen und -tests für hochschulische Kompetenzdomänen. In F. Musekamp & G. Spöttl (Hrsg.), *Kompetenz im Studium und in der Arbeitswelt. Nationale und internationale Ansätze zur Erfassung von Ingenieurkompetenzen* (S. 21–48). Peter Lang. <https://doi.org/10.25656/01:12883>
- Schaper, N. (2019). Arbeitsanalyse und -bewertung. In F. W. Nerdinger, G. Blickle & N. Schaper (Hrsg.), *Arbeits- und Organisationspsychologie* (S. 385–410). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56666-4_21
- Schaper, N. (2020). Entwicklung und Validierung eines Modells zur E-Lehrkompetenz. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 37, 313–342. <https://doi.org/10.21240/mpaed/37/2020.07.17.X>
- Scheiter, K., Gerjets, P., Huk, T., Imhof, B., & Kammerer, Y. (2009). The effects of realism in learning with dynamic visualizations. *Learning and Instruction*, 19(6), 481–494. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.08.001>
- Scheiter, K., Richter, J., & Renkl, A. (2020). Multimediales Lernen: Lehren und Lernen mit Texten und Bildern. In H. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Handbuch Bildungstechnologie* (S. 31–56). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9_4
- Schmid, A. (2023). Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen. Eine zweiteilige Interventionsstudie in den Fachdidaktiken Physik und Technik. In M. Hopf & M. Ropohl (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Logos Verlag.

- Schneider, S., Beege, M., Nebel, S., & Rey, G. D. (2022). Psychologische Befunde zum Lernen mit digitalen Medien – ein Überblick. In M. A. Pfannstiel & P. F.-J. Steinhoff (Hrsg.), *E-Learning im digitalen Zeitalter* (S. 581–605). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-36113-6_28
- Schöpfer, H., Lodemann, S., Dörries, F., & Kersten, W. (2018). Digitalisierung deutscher KMU im Branchenvergleich: Warum Unternehmen genau auf ihre Kompetenzen schauen sollten. *Industrie 4.0 Management: Gegenwart und Zukunft industrieller Geschäftsprozesse*, 34(2), 38-42. https://doi.org/10.30844/I40M18-2_38-42
- Schuler, H. (2014). Personalagnostik. In H. Schuler & U. P. Kanning (Hrsg.), *Lehrbuch der Personalpsychologie* (3. Aufl.) (S. 61-98). Hogrefe.
- Schulte, J., Kato-Beiderwieden, A. L., & Maier, G. W. (2023). Welche Kompetenzen benötigen Mitarbeitende für den Einsatz von Augmented Reality in Logistik und Produktion? *Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO)*, 54(3), 301–310. <https://doi.org/10.1007/s11612-023-00701-9>
- Schumacher, J. P., Depenbusch, S., Straatmann, T., Bender, E., Schaper, N., & Hamborg, K. C. (2022). Participative human-factor evaluation in the context of digital work (re-) design. *Work*, 72(4), 1629-1654. <https://doi.org/10.3233/WOR-211248>
- Schwarz Müller, T., Brosi, P., Duman, D., & Welp, I. M. (2018). How does the digital transformation affect organizations? Key themes of change in work design and leadership. *Management Review*, 29(2), 114-138. <https://doi.org/10.5771/0935-9915-2018-2-114>
- Setyowati, R. R., Rochmat, S., & Nugroho, A. N. P. (2023). Virtual Reality on Contextual Learning during Covid-19 to Improve Students' Learning Outcomes and Participation. *International Journal of Instruction*, 16(1), 173-190. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16110a>
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2018). Understanding Virtual Reality. Interface, Application, and Design (2. Aufl.). Morgan Kaufmann Publishers.
- Shippmann, J. S., Ash, R. A., Battista, M., Carr, L., Eyde, L. D., Hesketh, B., Kehoe, J., Pearlman, K., Prien, E., & Sanchez, J. I. (2000). The practice of competency modeling. *Personnel Psychology*, 53(3), 703-740.
- Slater, M. (2003). A Note on Presence Terminology. *Presence-Connect*, 3(3), 1–5.
- Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3549-3557. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0138>
- Slater, M. (2018). Immersion and the illusion of presence in virtual reality. *British Journal of Psychology*, 109(3), 431–433. <https://doi.org/10.1111/bjop.12305>
- Soderquist, K., Papalexandris, A., Ioannou, G., & Prastacos, G. (2010). From task-based to competency-based: A typology and process supporting a critical HRM transition. *Personnel Review*, 39(3), 325-346. <https://doi.org/10.1108/00483481011030520>
- Sonntag, K., & Schaper, N. (2006). Berufliche Handlungskompetenz fördern: Wissens- und verhaltensbasierte Verfahren. In K. Sonntag (Hrsg.), *Personalentwicklung in Organisationen. Psychologische Grundlagen, Methoden und Strategien* (S. 370-409). Hogrefe.
- Sonntag, K. (2007). Kompetenzmodelle im Human Resource (HR-) Management. In E. Schäfer, M. Buch, I. Pahls & J. Pfitzmann (Hrsg.), *Arbeitsleben! Arbeitsanalyse – Arbeitsgestaltung – Kompetenzentwicklung* (S. 264-279). kassel university press GmbH.
- Spöttl, G., & Loose, G. (2018). Work-Process Based Development of Curricula: A Framework. *TVET-Online Asia*, 41(11), 1-17.

- Stegmann, S., van Dick, R., Ullrich, J., Charalambous, J., Menzel, B., Egold, N., & Wu, T. T. C. (2010). Der Work Design Questionnaire – Vorstellung und erste Validierung einer deutschen Version. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 54(1), 1–28. <https://doi.org/10.1026/0932-4089/a000002>
- Steininger, T. (2020). *Der Einsatz psychologischer Testverfahren in Unternehmen*. Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-28462-6_2
- Stiller, K. D., Schworm, S., & Gruber, H. (2020). *Learning with and from illustrations: Cognitive, motivational, affective, social and metacognitive processes. Challenging the iconic turn—Den Iconic Turn neu denken*. Wilhelm Fink Verlag.
- Stopper, S., von Garrel, J., Bittner, P., & Mühlfelder, M. (2017). Digitalisierung in der Produktion: Eine soziotechnische Analyse am Beispiel der Einführung und Umsetzung von Enterprise-Resource-Planning-Systemen. In SRH Fernhochschule (Hrsg.), *Digitalisierung in Wirtschaft und Wissenschaft* (S. 27-36). Weiterbildung und Forschung der SRH Fernhochschule – The Mobile University. https://doi.org/10.1007/978-3-658-17405-7_3
- Straatmann, T., Schumacher, J. P., Koßmann, C., Poehler, L., Teuteberg, F., Mueller, K., & Hamborg, K. C. (2022). Advantages of virtual reality for the participative design of work processes: An integrative perspective. *WORK: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*, 72(4), 1765–1788. <https://doi.org/10.3233/WOR-211260>
- Streuber, S., & Chatziastros, A. (2007, December). *Human interaction in multi-user virtual reality* [Konferenzbeitrag]. 10th International Conference on Humans and Computers (HC 2007) (S. 1-6). University of Aizu, Aizu, Japan.
- Tamrin, H., & Desnita, D. (2023). The Effect of Using Context-Based Learning Videos on Global Warming Materials on Students' Problem-Solving Skills. *Physics Education Research Journal*, 5(1), 21–28. <https://doi.org/10.21580/perj.2023.5.1.13082>
- Thies, L., Strohmeyer, C., Ebert, J., Stamminger, M., & Bauer, F. (2019, Oktober). *Compiling VR/AR trainings from business process models*. In 2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct) (S. 181-186). IEEE.
- Toth, C. T. (2020). *Massive Open Online Courses im Kontext von Persönlichkeit und Prokrastination*. Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-26296-9_5
- Um, E. R., Plass, J. L., Hayward, E. O., & Homer, B. D. (2012). Emotional Design in Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology*, 104(2), 485–498. <https://doi.org/10.1037/a0026609>
- van der Meij, H., van der Meij, J., & Harmsen, R. (2015). Animated pedagogical agents effects on enhancing student motivation and learning in a science inquiry learning environment. *Educational Technology Research and Development*, 63(3), 381–403. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9378-5>
- Vogt, H. (2007). Theorie des Interesses und des Nicht-Interesses. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 9-20). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3>
- Wang, F., Li, W., Mayer, R. E., & Liu, H. (2018). Animated Pedagogical Agents as Aids in Multimedia Learning: Effects on Eye-Fixations During Learning and Learning Outcomes. *Journal of Educational Psychology*, 110(2), 250–268. <https://doi.org/10.1037/edu0000221>
- Wang, Y., Zhang, Y., & Wang, Y. (2024). The Application of Virtual Reality (VR) Technology in Contextualized Learning in Higher Education and Its Impact on Students' Comprehension. *Curriculum and Teaching Methodology*, 7(3), 67-77. <https://doi.org/10.23977/curtm.2024.070312>

- Wiendahl, H. P., Harms, T., & Fiebig, C. (2003). Virtual factory design – a new tool for a co-operative planning approach. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 16(7–8), 535–540. <https://doi.org/10.1080/0951192031000115868>
- Wilkinson, M., Brantley, S., & Feng, J. (2021, September). A mini review of presence and immersion in virtual reality. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 65(1), S. 1099–1103). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Wixom, B. H., & Todd, P. A. (2005). A Theoretical Integration of User Satisfaction and Technology Acceptance *Information Systems Research*, 16(1), 85–102. <https://doi.org/10.1287/isre.1050.0042>
- Wohlgenannt, I., Simons, A., & Stieglitz, S. (2020). Virtual Reality. *Business & Information Systems Engineering*, 62(5), 455–461. <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00658-9>
- Wouters, P., Paas, F., & van Merriënboer, J. J. (2008). How to optimize learning from animated models: A review of guidelines based on cognitive load. *Review of Educational Research*, 78(3), 645–675. <https://doi.org/10.3102/0034654308320320>
- Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 1991–2005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13023>
- Yang, B. C., Wu, B. E., Shu, P. G., & Yang, M. H. (2006). On establishing the core competency identifying model: A value-activity and process oriented approach. *Industrial Management & Data Systems*, 106(1), 60–80. <https://doi.org/10.1108/02635570610640997>
- Yarden, H., & Yarden, A. (2010). Learning using dynamic and static visualizations: students' comprehension, prior knowledge and conceptual status of a biotechnological method. *Research in Science Education*, 40, 375–402. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9126-0>
- Zander, S., & Heidig, S. (2019). Motivationsdesign bei der Konzeption multimedialer Lernumgebungen. In H. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Lernen mit Bildungstechnologien* (S. 1–23). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54373-3_37-1
- Zenner, A., Makhsadov, A., Klingner, S., Lieberman, D., & Krüger, A. (2020). Immersive process model exploration in virtual reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 26(5), 2104–2114. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.2973476>