
Gestaltung von Smart Learning Environments in der betrieblichen Weiterbildung als interdisziplinäre Herausforderung

Sirkka Freigang¹, Lars Schlenker², Thomas Köhler³

¹ Bosch Software Innovations GmbH, Technical Communication

² Technische Universität Dresden, Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken

³ Technische Universität Dresden, Medienzentrum

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund aktueller bildungswissenschaftlicher Diskussionen zur digitalen Transformation setzt sich der Beitrag mit der Rolle von Smart Learning Environments (SLEs) in der betrieblichen Weiterbildung und der Notwendigkeit deren interdisziplinärer Gestaltung auseinander. Für eine taugliche, auf den Nutzer fokussierte Gestaltung von SLEs müssen neuartige Konzepte und Modelle entwickelt werden, die den komplexen Anforderungen des 21. Jahrhunderts entsprechen. Der Beitrag beschreibt einen interdisziplinären Forschungszugang zur Gestaltung von SLEs und diskutiert aufbauend ein ganzheitliches, sozio-technisches Framework, das interdisziplinäre Kriterien für eine pädagogisch fundierte Entwicklung von SLEs bündelt. Die Darstellung des Themas erfolgt anhand von aktuellen Befunden aus einer quantitativen Teilstudie eines Forschungsvorhabens der TU Dresden am Fachbereich Bildungstechnologie. Der Beitrag gibt Einblick in den aktuellen Arbeitsstand, wobei die Auswertung der Gesamtstudie umfassendere Befunde erzielen wird.

1 Digitale Transformation und ihre Folgen

Gesellschaft insgesamt und Wirtschaft im Besonderen sind von sprunghaften technologischen Entwicklungen betroffen, die derzeit im Rahmen der „Digitalen Transformation“ beschrieben und diskutiert werden [16, 17]. Organisationen sind durch einen permanenten Wandel gekennzeichnet, der sich sowohl auf der sozialen wie auch auf einer technischen Ebene manifestiert. Tradierte Handlungspraxen werden durch die rasante Entwicklung neuer Technologien disruptiv unterbrochen. In der Folge stehen Management und Mitarbeiter/innen vor neuen Herausforderungen. Der technologische Wandel wirkt sich direkt auf die Arbeitswelt aus, etwa im Einsatz von Maschinen, Robotern (Industrie 4.0), technischer Arbeitsgeräte allgemein oder auch in der Art der Kommunikation, der Arbeitsprozesse oder Zusammenarbeit. Arbeit verändert sich und damit auch die Art wie wir diese gestalten [1]. Notwendiges Erlernen neuer Systeme, Prozesse, Umgangs- und Arbeitsformen werden als Aspekte

einer lernenden Organisation zum ausschlaggebenden Wettbewerbsfaktor. Nicht zuletzt steht der Kulturwandel als Leitwort für einen menschenzentrierten Denkansatz, welcher neben dem technologisch bedingten Wandel auch die Bedürfnisse der Mitarbeiter/innen adressiert, um dualen Anforderungen an einen zukunftsorientierten Arbeitsplatz gerecht zu werden. Heutige Wissensprozesse zeichnen sich besonders durch den schnellen Wechsel zwischen individuellen und kollaborativen Arbeitsschritten, der Handhabung analoger und digitaler Artefakte sowie einer interdisziplinären Zusammenarbeit aus. Dadurch entstehen gleichsam „Brüche“ zwischen formalen und informellen, zwischen selbstgesteuerten und kollaborativen Lernphasen, die dadurch gekennzeichnet sind, dass ein fließender Übergang all dieser Lernprozesse eher selten gelingt [2, S. 261 ff.]. Gleichzeitig fordert der stetige Wechsel in der Wissensgenerierung durch den Umgang mit verschiedenen digitalen Devices und Services neue digitale Kompetenzen. Digitales Lernen erhält vermehrt strategische Relevanz in den Unternehmen. Von daher ist es erforderlich, dass sich die Mitglieder der Organisation stetig weiterbilden, um eine lernende Organisation zu ermöglichen. Entsprechend werden die Fähigkeiten zum Umgang mit und zur Gestaltung von Veränderungen zur Basiskompetenz von Organisationen. Doch wie können diese Lern- und Anpassungsprozesse strategisch erfolgreich eingeführt und operativ umgesetzt werden?

Konzepte des „Workplace Learning“ greifen diese Herausforderungen auf und zielen im Zuge der digitalen Transformation auf eine integrierte Kompetenzentwicklung im Prozess der Arbeit selbst sowie auf eine Unterstützung von vernetzten und sozialen Lernformen [2 S. 211 ff.]. Diesem Ansatz folgend ist Lernen vor allem vor dem Hintergrund einer selbstorganisierten Kompetenzentwicklung zu verstehen und findet mehr und mehr in und mit dem Netz statt. Das Internet ist dabei einer der wichtigsten Zugänge innerhalb moderner Kompetenzentwicklungsansätze. Die Ausrichtung erwachsenen-pädagogischer, didaktischer Modelle lassen einen deutlichen Wandel hin zu kompetenzorientierten Konzepten erkennen, die den Lernenden selbst ins Zentrum rücken. Dies impliziert eine Abkehr von den traditionell eher lehrendenzentrierten Lernformaten hin zu offenen und selbstgesteuerten Umgebungen. Die (passive) Nutzung eines Lernmanagement-Systems (LMS) wird zu einer (aktiv) gestalteten persönlichen Lernumgebung [3]. Insbesondere die digitalen Medien bieten für selbstgesteuerte und arbeitsplatzbezogene Lernformen vielfältige und leicht nutzbare Ressourcen. Eine persönliche Lernumgebung, kurz PLE, kann als organisierendes Rahmenkonstrukt des selbstgesteuerten, lebenslangen Lernens bezeichnet werden, welche alle zum Lernen (und Arbeiten) benötigten Ressourcen umfasst [4]. Eine PLE aggregiert entsprechend viele, unterschiedliche und teils untereinander vernetzte Medien bzw. Werkzeuge und kann nach individuellen Bedürfnissen zusammengestellt werden.

Nach Kerres [5] braucht es im Rahmen der Digitalisierung sowohl einen Kulturwandel als auch ein systematisches Veränderungsmanagement. Mit der Digitalisierung der Bildung wird ein Veränderungsprozess angezeigt, der über ein bisheriges E-Learning Verständnis hinausgeht und den gesamten Bildungsprozess durchdringt. Die Chancen und Möglichkeiten der digitalen Technologien eröffnen sich in besonderer Weise, wenn sich der Blick auf eine ganzheitliche Bildungsarbeit im Ganzen fokussiert und insbesondere die personalisierten Lernprozesse in den Vordergrund rücken. Die Digitalisierung der Bildung ist pervasiv, sie durchdringt alle Prozesse, Orte und Formate der Bildungsarbeit. Diese dabei entstehenden Lösungen werden auch für das Lehren und Lernen zusätzlichen Nutzen und zusätzliche Qualitäten entwickeln.

Seufert und Meier [6] entwickeln auf dem zu transformierenden Bildungsverständnis nach Kerres, das einen ganzheitlich digitalisierten Wissenserschließungsprozess beinhaltet, eine prozessuale und digitale Lernarchitektur, die für jeweils unterschiedliche Aktivitäten des Lernens eine entsprechende Auswahl an verfügbaren Werkzeugen liefert. Die Gestaltung der Lernarchitektur beginnt bei den konkreten Lehr- und Lernaktivitäten (wie z.B. Austauschen & Diskutieren) und führt über die Aufzählung der verfügbaren Werkzeuge (z.B. Online Foren) bis hin zu Lernunterstützungssysteme (z.B. Dashboards) und ähnelt im Vorgehen und Ergebnis dem Aufbau einer PLE.

In den aktuellen bildungswissenschaftlichen Diskursen wird deutlich, dass die Digitalisierung zu einer komplexer werdenden Bildungsarbeit führt. Folglich ist es empfehlenswert, die Arbeitsteilung stärker als bisher zwischen Partnern mit sehr speziellen Kompetenzen zu organisieren, bei der beispielsweise Spezialisten für Diagnostik, für die Entwicklung von digitalen Lernumgebungen, für die Lernprozessbegleitung sowie für das Testing und Analytics zusammenarbeiten. Gerade in einem hybriden Zusammenwirken aller im Lernprozess involvierten Phasen und Formen, die vorhandene (Medien-) Brüche überwinden und alle Elemente in der Wertschöpfungskette neu kombiniert, wird sich vermutlich die Transformation der Bildungsarbeit zeigen. Im Zentrum dieser bildungs-theoretischen Transformationsprozesse stehen Menschen, die die Bildung neu denken und innovieren. Es ist nicht die Technik, die die Bildung verändert. Nichtsdestotrotz eröffnen neue Technologien neue Zugänge des Lernens. Unter Berücksichtigung der genannten Transformationsprozesse wird im Folgenden die Rolle von Smart Learning Environments (SLEs) und deren Anforderungen an ihre Gestaltung dargestellt.

2 Gestaltung von SLEs als interdisziplinäre Herausforderung

Eine einheitliche Definition von Smart Learning Environments (SLEs) existiert nicht. Nach Koper sind SLEs physische Räume, die mit digitalen und kontextsensitiven Komponenten angereichert sind, um ein schnelleres und besseres Lernen zu ermöglichen [7]. Dabei entstehen Mischformen des Lernens, die zwischen formalen und informellen Lernsettings, zwischen selbstorganisiertem und sozialem Lernen, zwischen verschiedenen Lernzeiten und Lernorten sowie zwischen analogen und digitalen Lernformaten zu verorten sind. Ziel von SLEs ist es, vielfältige Lernformen zu unterstützen und zwischen formalen und informellen Lernformen zu orchestrieren sowie insbesondere selbstgesteuerte Lernformen zu ermöglichen. Grundsätzlich dienen SLEs dazu, dass Lernprozesse effektiv, effizient und mit Freude verlaufen. Lernende haben jedoch sehr heterogene Vorkenntnisse, Lernbedarfe und Vorlieben innerhalb der Lernmethoden. Insofern ist es wichtig, dass Lernprozesse individuell und passgenau unterstützt werden können. Eine strategische Integration von PLEs in SLEs würde dazu beitragen, die in Abschnitt 1 beschriebenen Brüche zu minimieren und formales Lernen mit informellen Lernphasen zu verknüpfen. Für einen hochgradig personalisierten Lernprozess ist es zudem bedeutsam, dass sich SLEs zum einen an die Bedürfnisse der Lernenden anpassen (adaptiv) und zum anderen Informationen aus der Umwelt bzw. Lernsituation aufnehmen und verarbeiten, um darauf aufbauend angepasste Aktionen auslösen können. Eine „smarte“ Lernumgebung geht nach Bomsdorf [8, S.1 ff.] adaptiv auf unterschiedlichste Nutzerbedürfnisse ein. Nicht nur die Inhalte werden an den Bedürfnissen ausgerichtet, sondern auch die Methode der Darbietung [9]. Zhu et al. [10] führen insgesamt 10 Eigenschaften auf, die SLEs charakterisieren: 1. Location-Aware, 2. Context-Aware, 3. Socially Aware, 4. Interoperability, 5. Seamless Connection, 6. Adaptability, 7. Ubiquitous, 8. Whole Record and 9. Natural Interaction.

Aus diesen Eigenschaften geht die spezielle Bedeutung des Lernortes hervor und obwohl Koper SLEs als physische Räume definiert [7], spielen in der aktuellen SLE-Forschung die Architektur des Raumes sowie die Auswirkungen des Raumdesigns auf Lernprozesse keine Rolle. Bei der Gestaltung von SLEs als physische Lernräume handelt es sich um eine interdisziplinäre Aufgabenstellung die sich unter Weiterführung der in Abschnitt 1 dargelegten Interdisziplinarität letztlich als disziplinübergreifend darstellt. Bildungstechnologische Aspekte spielen dabei eine ebenso große Rolle, wie die Berücksichtigung von Gestaltungsprinzipien aus den Fachdisziplinen Design und Architektur. Literaturanalysen aus den Bereichen der Lernraumforschung und Lernarchitektur bestätigen zudem, dass die Gestaltung von Lernräumen Einfluss auf Lernprozesse im Allgemeinen sowie auf die Ermöglichung spezifischer Lernmethoden hat, die im Raum ausgeübt werden können [11,12,13]. Edinger [14] plädiert in diesem Zusammenhang für eine Lernraumgestaltung in

Anlehnung an ein Human Centered Design, welches die Bedürfnisse der Lernenden ins Zentrum rückt und über die Entwicklung konkreter User Journeys beispielhafte Abläufe in Lernräumen demonstriert und dadurch greif- und gestaltbar werden lässt (vgl. ebenda, S. 113). Entsprechend müssen bei der Gestaltung innovativer Lernräume sowohl erwachsenenpädagogische Grundlagen als auch informationstechnische sowie raumdidaktische Aspekte berücksichtigt werden.

2.1 Forschungsansatz, methodisches Vorgehen und Ergebnisse

Die hier vorgestellte Studie wird an der TU Dresden am Lehrstuhl für Bildungstechnologie durchgeführt und sucht einen interdisziplinären Zugang unter Einbezug der Fachdisziplinen Pädagogik, Informatik und Architektur zu der Frage, welchen Beitrag dieser bei der Gestaltung von SLEs leisten kann. Die Studie ist Teil eines Forschungsvorhabens, für das vor dem Hintergrund eines Design-Based Research Ansatzes ein mehrstufiges, triangulatives und exploratives Forschungsdesign gewählt wurde, das insgesamt zwei aufeinander aufbauende Empiriephasen mit insgesamt drei Teilstudien und einer Hauptstudie umfasst. Die erste Phase bestand aus einem einleitendem Expertenworkshop (Teilstudie 1), der Hauptstudie in Form von halbstrukturierten, leitfadengestützten Experten-interviews sowie einem Fragebogen (Teilstudie 2). In der zweiten Empirie-Phase wurden das Erkenntnisinteresse systematisch vertieft und bisherige Erkenntnisse mittels halbstrukturierter, leitfadengestützter Experteninterviews (Teilstudie 3) verdichtet. Da zum Zeitpunkt der Beitragserstellung die vollständige Auswertung der qualitativen Datenerhebung noch andauert, können im Folgenden ausschließlich die Ergebnisse der quantitativ erhobenen Expertenmeinungen mittels Fragebogen vorgestellt werden.

Ziel der Untersuchung ist die Entwicklung eines didaktisch fundierten Konzepts zur Gestaltung von Smart Learning Environments. Dieses Konzept besteht aus einer allgemeinen Beschreibung von Smart Learning Environments mit Handlungsempfehlungen, einem SLE Modell mit relevanten Erfolgsfaktoren und einer Empfehlung zum methodischen Vorgehen (Forschungswerkstatt und Design Sprints) inklusive einem Toolkit, das konkrete Werkzeuge zur iterativen und menschenzentrierten Gestaltungsarbeit (z.B. Kontextanalysen, Reifegradanalysen, SLE Storyboards, Templates für User Journeys & Personae, Learning Canvas, Leitfragen & Literatur) anbietet.

Im Vorfeld der Empiriephasen wurden ausführliche Literaturrecherchen und -analysen mit primären und sekundären Suchbegriffen unter Berücksichtigung des Schneeballsystems durchgeführt. Dabei wurden Erkenntnisse aus der aktuellen Lehr- und Lernforschung mit Ergebnissen aus der künstlichen Intelligenz sowie der Design- und Lernraumforschung kombiniert. Arbeits- und organisations-psychologische

Erfahrungen hinsichtlich sozio-technischer Systeme rundeten den theoretischen Hintergrund ab und führten im Vorfeld der empirischen Untersuchung zu einem ersten hypothetischen und phänomenologischen Modell zur Gestaltung von SLEs, welches Merkmale aus den jeweiligen Disziplinen identifiziert und kategorisiert.

In Anlehnung an Spectors “preliminary framework for smart learning environments” [15] wurden philosophische, psychologische und technologische Ansätze in einem sozio-technischen Modell verdichtet. Dieses Modell ist eine aus der Theorie abgeleitete, partielle Vermutung, die durch die empirischen Befunde modifiziert und ergänzt werden soll und dient als Suchraster der empirischen Untersuchung. Das Modell besteht aus zwei Handlungsfeldern (Mensch und Raum) mit jeweils drei Einflussbereichen, wobei die jeweiligen Kategorien und Items in gegenseitiger Wechselwirkung und Interaktion miteinander stehen (vgl. Abb.1).

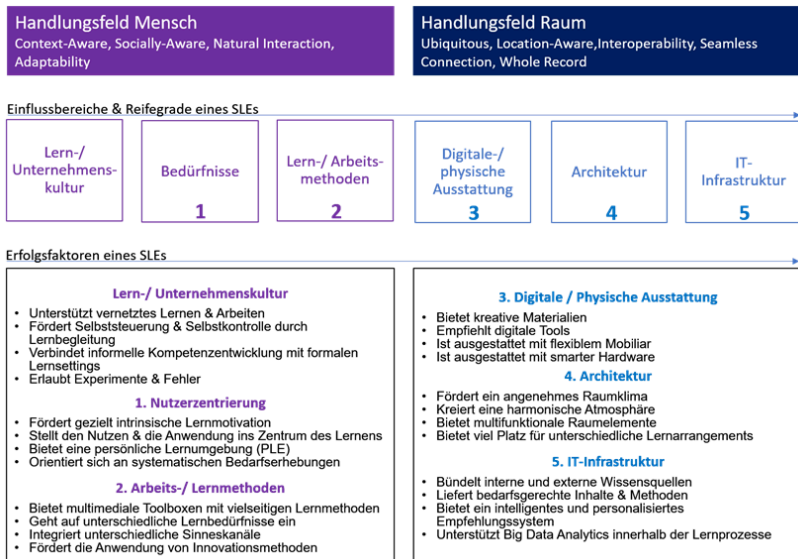


Abbildung 1: SLE Modell mit Handlungsfeldern, Einflussbereichen und Erfolgsfaktoren

Um im Gesamtergebnis des Forschungsvorhabens konkrete Handlungsempfehlungen ableiten zu können, wurden zu jedem Gestaltungsbereich¹ verschiedene Merkmale (insgesamt 46 Items) herausgearbeitet und in einem Fragebogen zusammengefasst, der in Ergänzung zur qualitativen Expertenbefragung ein quantitatives Element der

¹ Vgl. hierzu auch weitere Erläuterungen zu den sechs Kategorien online auf dem BoschBlog zu „IoT in education by designing smart learning environments“ [14].

Untersuchung darstellt. Die Merkmale sollten von den befragten Expert/inn/en auf einer Skala von 1=sehr wichtig bis 5=unwichtig im Hinblick auf ihre Wichtigkeit für die Gestaltung von SLEs bewertet werden. Ziel war es herauszufinden, ob sich die Bedeutsamkeit der aus der Theorie hergeleiteten Merkmale der sechs interdisziplinären Bereiche auch über das empirische Material „bestätigen“ lässt. Die Datenerhebung erfolgte im Herbst/Winter 2016 im Rahmen von 9 problembasierten, leitfadengestützten Interviews mit insgesamt 11 Expert/inn/en. Das hypothetische Modell wurde jeweils im Anschluss an ein Interview auf Grundlage der Strukturlegetechnik vor den/die Experten/Expertin gelegt und kurz erläutert. Danach erfolgte eine systematische Bewertung der einzelnen Items mittels des Bewertungsbogens. Die quantitative Datenauswertung auf Basis von neun Bewertungsbögen ist in der folgenden Tabelle dargestellt. Die einzelnen Items korrelieren innerhalb der jeweiligen Kategorie sehr hoch miteinander, so dass die verschiedenen Items für die Auswertung zu jeweils einer Skala pro Kategorie zusammengefasst wurden². Die deskriptive Statistik weist im Detail folgende Mittelwerte und Standardabweichungen pro Kategorie auf:

Tabelle 1. Mittelwerte der sechs SLE-Gestaltungsbereiche

Kategorie	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Nutzerzentrierung	9	1,00	3,22	2,0494	0,65
Lern-/ Arbeitsmethoden	9	1,00	3,83	2,1481	0,82
Lern-/ Unternehmenskultur	9	1,00	2,33	1,8148	0,46
IT-Infrastruktur	9	1,00	3,75	2,3981	0,75
Digitale/Physische Ausstattung	9	1,00	2,86	2,0794	0,58
Architektur	9	1,00	3,33	1,9815	0,68

Zusätzlich zu o.a. Einschätzung der Wichtigkeit der einzelnen Merkmale wurde auch ein Item hinsichtlich einer generellen Einschätzung, ob das Modell dazu geeignet ist, um intelligente und hybride Lernräume didaktisch fundiert gestalten zu können, erhoben³. Die deskriptive Statistik weist hierbei folgenden Mittelwert und folgende Standardabweichung auf:

2 Für die Skalenbildung wurde ein Mittelwert über alle Items berechnet. Die Skalen weisen trotz der geringen Stichprobengröße eine akzeptable bis gute Reliabilität auf ($\alpha=.70$ bis $\alpha=.90$).

3 Verwendete Skala: (1) trifft zu – (2) trifft eher zu – (3) teils-teils – (4) trifft eher nicht zu – (5) trifft nicht zu

Tabelle 2. Kategorien Mittelwert zur generellen Eignung des Modells

Kategorie	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Modell Bewertung	9	1,00	3,00	2,11	,78

Im Ergebnis der quantitativen Auswertung kann festgestellt werden, dass das vorliegende Modell geeignet erscheint, um SLEs didaktisch fundiert zu gestalten. Die quantitative Auswertung ist jedoch aufgrund der geringen Stichprobengröße (n=9) nicht repräsentativ, sondern fallbezogen auf den Untersuchungsgegenstand zu interpretieren. Es kann zudem nicht ausgeschlossen werden, dass die Expert/inn/en unter Umständen nicht „kritisch genug“ bewertet haben, da letztlich alle aufgeführten Aspekte Einfluss bzw. Auswirkungen auf Lernprozesse haben. Insofern sind weiterführende Erkenntnisse vor allem in Bezug auf Beziehungen und Wechselwirkungen untereinander notwendig. Die Autoren erhoffen sich durch die Auswertung der digital aufgezeichneten Expertenbewertungen weitere Hinweise zur Verbesserung bzw. Modifizierung des Modells, welche in den kommenden Monaten qualitativ und inhaltsanalytisch erfolgen wird.

3 Fazit und Ausblick

Die aktuellen Befunde weisen zum einen darauf hin, dass eine interdisziplinäre und soziotechnische Sichtweise wichtig ist, um den Untersuchungsgegenstand von SLEs tiefer und umfassender als bisher zu beschreiben. Diese Erkenntnis steht im Einklang technikoziologischer und innovationswissenschaftlicher Literatur [18], ist aber in der Bildungswissenschaft eher ungewöhnlich [19]. Zum anderen müssen die identifizierten Eigenschaften in handlungsorientierte Empfehlungen und Werkzeuge zur Gestaltung von Smart Learning Environments überführt werden. In Anbetracht der noch ausstehenden Datenauswertung werden diesbezüglich neue Erkenntnisse erwartet, die den aktuellen Forschungsstand maßgeblich beeinflussen werden.

Innerhalb der vorgestellten Teilstudie lassen sich auf Grundlage der Expertenmeinungen Hinweise finden, die auf die Notwendigkeit einer interdisziplinären Gestaltungsarbeit von SLEs abzielen. Diese Schlussfolgerung ergibt sich aus den errechneten Mittelwerten, die über alle interdisziplinären Gestaltungsbereiche hinweg ermittelt wurden (vgl. Abschnitt 2). Allerdings sind diese Erkenntnisse nur bedingt valide. Dies liegt zum einen an der geringen Stichprobengröße und zum anderen an der noch offenen Auswertung der qualitativ erhobenen Daten. Das explorative Untersuchungsdesign umfasst wie in Abschnitt 2 skizziert mehrere Empiriephasen, bei denen der qualitative Anteil aufgrund der innovationsorientierten Ausrichtung im Sinne eines Design Based Research Ansatzes im Mittelpunkt steht. Insofern ist die Aussagekraft der in diesem Stadium losgelösten Teilstudie beschränkt und bedingt

eine weiterführende, systematische und inhaltsanalytische Auseinandersetzung mit dem erhobenen Datenmaterial. Wie bereits in Abschnitt 1 erläutert wurde, nimmt die Komplexität der Bildungsarbeit auch durch neue Konstrukte wie SLEs zu. Derartige Bildungsinnovationen können nur durch die Bündelung interdisziplinärer Erkenntnisse verstanden und sinnvoll gestaltet werden. Für die weitere SLE-Forschung bedeutet dies, dass angrenzende Disziplinen reflektiert und in den Forschungsstand integriert werden müssen, um kausale Zusammenhänge auf der Metaebene zu untersuchen. Eine entsprechend gestaltungsorientierte Bildungsforschung mit engen Rückkopplungsprozessen an eine Praxis der räumlichen und informations- bzw. medientechnologischen Gestaltung würde neue Perspektiven im Hinblick auf die Entwicklung technologiegestützter Lehr- und Lernumgebungen eröffnen.

Literaturverzeichnis

- [1] BMWi (2017). Die digitale Transformation im Betrieb gestalten – Beispiele und Handlungsempfehlungen für Aus- und Weiterbildung.
- [2] Sauter, W. & Sauter, S. (2013). Workplace Learning. Springer Berlin Heidelberg.
- [3] Kroop, S., Mikroyannidis, A., & Wolpers, M. (Hrsg.). (2015). Responsive Open Learning Environments. Cham: Springer International Publishing.
- [4] Buchem, I., Attwell, G., & Torres, R. (2011). Understanding Personal Learning Environments: Literature review and synthesis through the Activity Theory lens. In Proceedings of the The PLE Conference 2011, 10th – 12th July 2011, Southampton, UK
- [5] Kerres, M. (2016). E-Learning vs. Digitalisierung der Bildung: Neues Label oder neues Paradigma. Handbuch E-Learning.
- [6] Seufert, S. & Meier C. (2016). Digitale Transformation: Vom Blended Learning zum digitalisierten Leistungsprozess ‚Lehren und Lernen‘. In GMW 2016: Digitale Medien: Zusammenarbeit in der Bildung. Waxmann.
- [7] Koper, R. (2014). Conditions for effective smart learning environments. Smart Learning Environments, 1(1), 1–17.
- [8] Bomsdorf, B. (2005). Adaptation of learning spaces: Supporting ubiquitous learning in higher distance education. In Mobile computing and ambient intelligence.
- [9] Hwang, G.-J. (2014). Definition, framework and research issues of smart learning environments - a context-aware ubiquitous learning perspective. Smart Learning Environments, 1(1).
- [10] Zhu, Z.-T., Yu, M.-H. & Riezebos, P. (2016). A research framework of smart education. Smart Learning Environments 3.
- [11] Bollnow, O. F. (1963). Mensch und Raum. W. Kohlhammer Stuttgart.
- [12] Sesink, W. (2007). Raum und Lernen. Education Permanente. Schweizerische Zeitschrift für Weiterbildung 41, 16–18.

-
- [13] Eigenbrod, O., & Stang, R. (Hrsg.). (2014). Formierungen von Wissensräumen: Optionen des Zugangs zu Information und Bildung. Berlin; Boston: De Gruyter Saur.
- [14] Edinger, E.-C. (2015). BESUCHER? NUTZER? KUNDE? – MENSCH! Raumsoziologische Perspektiven auf Bibliotheksgestaltung im Sinne des Human Centered Designs. In: Lernarchitekturen und (Online-) Lernräume
- [15] Spector, J. M.: Conceptualizing the emerging field of smart learning environments. *Smart Learning Environments* 1, 1–10 (2014)
- [16] Fischer, H. & Köhler, T. (2014). Postgraduale Bildung mit digitalen Medien. Fallbeispiele aus den sächsischen Hochschulen; Reihe: Medien in der Wissenschaft, Band 65; Münster, Waxmann.
- [17] Köhler, T. & Neumann, J. (2011). Wissensgemeinschaften. Digitale Medien – Öffnung und Offenheit in Forschung und Lehre; Reihe: Medien in der Wissenschaft, Band 60; Münster, Waxmann.
- [18] Köhler, T. (1998). Technikgenese als sozialer Prozeß: Das Beispiel Telefon und die Konsequenzen für neue Informations- und Kommunikationstechnologien; In: Coenen, O. & Zimmer, A.: Technologischer Wandel an der Schwelle zum 21. Jahrhundert; Shaker-Verlag. Düsseldorf.
- [19] Köhler, T. (in Press). Zur Didaktik des Virtuellen. Überlegungen zu Handlungsansätzen in ingenieurtechnischen Lehr- und Forschungskontexten; In: Kamasch et al.: Proceedings der 12. Ingenieurpädagogischen Regionaltagung 2017 „Digitalisierung in der Techniklehre – ihr Beitrag zum Profil technischer Bildung. Wege zu technischer Bildung“; Ilmenau.