

Sirkka Freigang

Das Internet der Dinge für Bildung nutzbar machen

Gestaltung von Smart Learning
Environments auf Basis eines
interdisziplinären Diskurses

OPEN ACCESS



Springer VS

Das Internet der Dinge für Bildung
nutzbar machen

Sirkka Freigang

Das Internet der Dinge für Bildung nutzbar machen

Gestaltung von Smart Learning
Environments auf Basis eines
interdisziplinären Diskurses

Sirkka Freigang
Berlin, Deutschland

Die Dissertation entstand unter der Betreuung von Herrn Prof. Dr. Thomas Köhler, der die Professur für Bildungstechnologie an der Fakultät Erziehungswissenschaften der TU Dresden leitet sowie am Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken lehrt. Die Forschungsarbeit wurde durch die Gewährung des Sächsischen Landesstipendiums gefördert.



ISBN 978-3-658-32905-1 ISBN 978-3-658-32906-8 (eBook)
<http://doi.org/10.1007/978-3-658-32906-8>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en) 2021. Dieses Buch ist eine Open-Access-Publikation. **Open Access** Dieses Buch wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Buch enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Stefanie Eggert
Springer VS ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

*„Jeder ist ein Genie! Aber wenn Du einen
Fisch danach beurteilst, ob er auf einen
Baum klettern kann, wird er sein ganzes
Leben glauben, dass er dumm ist.“*

ALBERT EINSTEIN (1879–1955)

Geleitwort

In ihrer erziehungswissenschaftlichen Dissertation setzt sich Sirkka Freigang mit der Frage auseinander, „ob und wie das ‚Internet der Dinge‘ auf Lehr- und Lernprozesse in Form von intelligenten und hybriden Lernräumen angewendet werden kann, mit dem Ziel das Lernen am Arbeitsplatz kontinuierlich zu unterstützen.“ Gegenstandsbereich der Dissertation sind „Lernräume, welche optimale Möglichkeiten zum lebenslangen Lernen anbieten und in der Lage sind, informelle und formale Lernmethoden fließend miteinander zu verbinden.“ Frau Freigang untersucht den aktuellen Entwicklungsstand empirisch anhand der Übertragung des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse in Form von Smart Learning Environments (SLEs) im Umfeld betrieblicher Weiterbildung, mit Fokus auf arbeitsplatzorientiertes Lernen in Deutschland. Bei diesem an sich berufspädagogisch fokussiertem Forschungsthema – welches in seiner Konfiguration typisch ist für eine zeitgemäße Forschung im Spannungsfeld zwischen bildungstheoretischer Fragestellung und dessen berufsdidaktischer, hier insbesondere auch der Mediendidaktik verpflichteten Interpretation – ist es interessant, wie die Autorin mediendidaktisch fokussierte Lerntheorie und berufspädagogische Theorie verknüpfen kann, so ggf. neue Impulse für eine immer stärker Beachtung findende Problemlage rund um die Nutzung IoT- basierter Lerntechnologien empirisch sichern und einordnen kann.

Ausgangspunkt ist die Beobachtung, dass „die Orte der Wissensaneignung am Arbeitsplatz nicht optimal auf die Bedürfnisse der Lernenden angepasst“ sind, obschon sich heutige Wissensprozesse insbesondere „durch den schnellen Wechsel zwischen individuellen und kollaborativen Arbeitsschritten, der Handhabung analoger und digitaler Artefakte sowie einer interdisziplinären Zusammenarbeit“ auszeichnen und insofern der Umgang mit verschiedenen digitalen Devices und

Services neue digitale Kompetenzen erforderlich werden. Die multiperspektivische Annäherung an das Forschungsfeld nimmt Sirkka Freigang wie folgt vor: so wird (1) den interdisziplinären Grundlagen aus Pädagogik, Informatik und Architektur bei der (2) Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen durch Anwendung des (3) Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse jeweils eine zentrale Bedeutung beigemessen, wobei diese vor allem im Zusammenhang mit aktuellen Herausforderungen und der daraus resultierenden Notwendigkeit des Lernens in (4) betrieblichen Kontexten begründet wird. Auf dieser Basis kann sie sich der Verdichtung von theoretischen Zugängen zur ihrem Problemfeld widmen. Frau Freigang zeichnet ein umfassendes Bild über IoT-basierte Bildungsinnovationen, die bisher in getrennten Fachdisziplinen und voneinander losgelösten Konzepten erforscht wurden. Sie definiert Begriffe und analysiert den aktuellen Forschungsstand. Bei der Zusammenfassung der Befunde insbesondere interessant ist der Hinweis auf die Relevanz eines ‚soziotechnischen Frameworks‘ als Basis für einen wissenschaftlich fundierten, ganzheitlichen SLE-Entwicklungsprozess. Der Autorin gelingt es mit ihrer Einführung zu den Grundlagen, die in o. g. jeweils eigenständigen Theoriezugänge abgeleiteten Diskussionen zum Untersuchungsgegenstand intelligenter und hybrider Lernräume zusammenfassend inklusive derer Konsequenzen, die sich hieraus für das Forschungsdesign der interdisziplinären Arbeit ergeben, abzuleiten.

Insgesamt liefert die Autorin eine umfangreiche Theorieaufarbeitung in Bezug auf allgemeingültige Lernaktivitäten und das Internet der Dinge im Kontext betrieblicher Weiterbildung bzw. Smart Learning Environments. Gerade für letzteres kann sie die Bedeutsamkeit, respektive die Herausforderungen für die berufliche (Weiter-)Bildung, nachvollziehbar aufzeigen. Mitunter ist der Diskurs sehr umfangreich und der Verdienst von Frau Freigang liegt in der umfangreichen Verknüpfung der Desiderate aktuellster Ansätze, die noch in der Theorieverdingung begriffen sind, und der Zusammenführung dieser Ansätze hin zu tragfähigen Grundlagen für die empirische Arbeit.

Die vorliegende Forschungsarbeit verwendet einen Methoden-Mix im Sinne einer methodologischen sowie theoretischen Triangulation, wobei die quantitativen Elemente eine Ergänzung zum schwerpunktmäßig explorativen Forschungsansatz einnehmen. Präzise erfasst Frau Freigang für die analysierten theoretischen Modelle die jeweils unterschiedlichen Anknüpfungspunkte für die empirische Bearbeitung und bestimmt so, welche Konstrukte empirisch bewertbar sind. Insofern kann sie auf Basis dieser theoretischen Aufarbeitung dann auch die Ableitung ihrer Methodik vornehmen: hier geht es ihr nach der Literaturstudie in einem zweiten Schritt darum, die aus der Theorie abgeleiteten Erkenntnisse in einem Modell zur Gestaltung intelligenter und hybrider Lernräume zu verdichten, um

dieses dann mittels Experteninterviews zu validieren und auf Grundlage der Expertenmeinungen zu konkretisieren. Erst darauf aufbauend wird der deskriptive Ansatz im Sinne eines anwendungsorientierten Gestaltungsprozesses erweitert, mit dem Ziel, „ein wissenschaftlich fundiertes Konzept zu entwickeln, das Organisationen mit konkreten Handlungsempfehlungen und Werkzeugen schrittweise bei der Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen unterstützen.“

Es handelt sich um eine in ihrem theoretischen Erklärungsgehalt, aber auch in der methodischen Umsetzung ausgesprochen anregende wie gelungene Arbeit. Theoretisch besonders anregend ist die Kombination von bildungswissenschaftlichen mit bildungstechnologischen Überlegungen mit Blick auf den Kontext betrieblicher Wissensaneignung. Sirkka Freigang schafft in ihren Erklärungen Übergänge, die einerseits innovativ und andererseits für den Leser argumentativ nachvollziehbar und sogar in dessen eigener Bildungspraxis beobachtbar sind. Der Verdienst dieser Arbeit liegt denn auch darin, die Funktion eines aktuellen und in der Bildung kaum rezipierten medientechnologischen Konzeptes (welches prinzipiell anwendbar für jeden Fachinhalt ist) im Alltag betrieblicher Bildungssettings theoretisch wie empirisch kompetent zu analysieren. Damit entwickelt Sirkka Freigang eine für die Bildungswissenschaft ausgesprochen ergiebige Interpretation, deren Bedeutung gerade in der empirisch gestützten, modellhaften Integration möglicher berufspraktischer Handlungsansätze rund um das Lernen am Arbeitsplatz zu sehen ist. Die empirische Studie ist im Hinblick auf ihre methodische und inhaltliche Detaillierung, wie auch die systematisch gewonnene Breite des Überblicks und die hier im betrieblichen Kontext gewonnenen Daten von sehr hoher Qualität. Nicht zuletzt für die Qualifikation von Pädagogen (bzw. betrieblichen Weiterbildnern und Mediendidaktikern) sind die Befunde und auch das erhebungsmethodische Vorgehen von hervorragender Bedeutung.

Dresden
Januar 2021

Prof. Dr. Thomas Köhler

Danksagung

Die Dissertation war schon immer ein Traum von mir. Ohne die Unterstützung anderer hätte ich diesen nicht verwirklichen können. Daher gilt mein aufrichtiger Dank allen Mitmenschen, die mich bei der Verwirklichung gestützt haben. Auf der fachlichen Ebene ist hier mein Doktorvater Professor Dr. Thomas Köhler zu nennen, der mich in den vergangenen Jahren hervorragend beraten, gefördert sowie kompetent und zuverlässig unterstützt hat. Ich bin außerordentlich froh sowie dankbar darüber, dass wir auf mittlerweile annähernd fünf Jahre produktiver und vertrauensvoller Zusammenarbeit zurückblicken können, auf deren Basis auch gemeinsame Publikationen entstanden sind.

Weiterhin möchte ich mich bei meiner Zweitgutachterin Professorin Dr. Ulrike Lucke vom Institut für Informatik und Computational Science der Universität Potsdam bedanken, die mir bei meiner Forschung ebenfalls mit umfassendem Rat und vielen relevanten Hinweisen zur Seite stand.

Auch möchte ich mich bei allen Professor*innen, Doktor*innen und Doktorand*innen der Universität Potsdam sowie des International Doctoral Colloquium of Media Centre & Education Technology der Technischen Universität Dresden für ihr wertvolles Feedback und ihre fruchtbaren Ideen bedanken, auf die ich mich während des Promotionsstudiums stets verlassen konnte.

Ich betrachte es als großes Privileg, dass ich mich intensiv mit sozialwissenschaftlichen, pädagogischen und technologischen Fragen rund um zukunftsorientierte Bildungsinnovationen beschäftigen durfte und werde unsere intensiven Gespräche und Diskussionen in besonderer Erinnerung behalten.

Mein herzlicher Dank gilt darüber hinaus meiner Freundin, Susanne Bergann, die mir mit ihrem Feedback zentrale Anstöße für die Forschungsarbeit gegeben hat. Gleicher Dank geht an alle Freund*innen sowie Karolin Hülsmann, Annette

Krautz, Magdalena Schaffrin, Kathrin Volkert, Anita Hagedorn und Barbara Ruhmann, die mich in dieser Zeit des intensiven Arbeitens manchmal vermisst und dennoch stets aufgebaut und aufgemuntert haben. Ihr habt mir immer Verständnis entgegengebracht, auch in anstrengenden Zeiten, wenn ich es nicht vermocht habe, aus den Tiefen des Forschens und Schreibens aufzutauchen. Ich hätte mir keine besseren Freunde wünschen können als euch.

Weiterhin bedanken möchte ich mich bei Andrea Augsten, meiner Freundin und PhD „Leidensgenossin“, mit der ich mich oft, gern und intensiv über Forschungsmethoden und Forschungsinhalte austauschen konnte. Wesentliche Anstöße für Publikationen und öffentliche Vorträge habe ich ihr zu verdanken und ich erinnere mich gerne zurück an die langen und späten Stunden der Diskussion, insbesondere, als wir beide unsere Datenerhebung abgeschlossen und vor der Datenanalyse standen.

Dass ich die Freiheit des wissenschaftlichen Arbeitens erleben und genießen durfte, habe ich nicht zuletzt der Gewährung eines Stipendiums zu verdanken, das durch das Sächsische Landesstipendium und das Studentenwerk Dresden positiv beschieden wurde. Danken möchte ich zudem meinem Arbeitgeber Bosch Software Innovations, der es mir durch flexible Arbeitszeitmodelle erst ermöglicht hat, mich auf die Reise in die Welt der Wissenschaft zu begeben und mir darüber hinaus auch nach Abschluss der Arbeit ein optimales Arbeitsumfeld zum Transfer der Erkenntnisse in die Praxis ermöglicht hat. Ich bin mir durchaus bewusst, dass dies nicht jeder Arbeitsgeber getan hätte und schätze die moderne und zukunftsgerichtete Arbeitskultur sehr.

Bedanken möchte ich mich auch bei Elke Freigang, Irmela und Karlheinz Freigang, sowie Christiane Neu und Olaf Mertens, die mich auf diesem Weg kontinuierlich begleitet und bei Gesprächen stets motiviert haben, am Ball zu bleiben.

Mein größter Dank gilt meiner Familie, meinem Sohn Alec Anton Freigang sowie meinem Lebensgefährten Gordon Neu, die mich auch in schwierigen Phasen aufgeheitert und mich während der vergangenen Jahre stets ermutigt und unterstützt haben. Ihr wart immer an meiner Seite und habt mich zum Lachen gebracht, so dass ich neue Energie und Kraft tanken konnte. Ohne Eure Unterstützung und Euer fortwährendes Verständnis wäre diese Arbeit nie möglich gewesen. Euren Anteil an dieser Doktorarbeit kann ich nicht hoch genug schätzen.

Zusammenfassung

Das lebenslange Lernen wird sich derart verändern, dass intelligente Technologien mehr und mehr den Kompetenzerwerb am Arbeitsplatz unterstützen werden. Dazu bedarf es vernetzten und modern gestalteten Lernumgebungen, die die Phantasie und Kreativität anregen und die Lernenden motivieren, sich Inhalte selbstständig zu erarbeiten. Die Dissertation liefert auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse neue Antworten auf die Herausforderungen der Wissensgesellschaft. Das Wissen der Zukunft ist vernetzt, dezentral und interdisziplinär. Im Zentrum dieser Herausforderung stehen menschliche Bedürfnisse und nicht technische Möglichkeiten.

Ziel der Dissertation war es herauszufinden, ob und wie das „Internet der Dinge“ auf Lehr- und Lernprozesse in Form von intelligenten und hybriden Lernräumen angewendet werden kann, um das Lernen am Arbeitsplatz kontinuierlich zu unterstützen. Gegenstandsbereich der Dissertation waren Lernräume, welche optimale Möglichkeiten zum lebenslangen Lernen anbieten und in der Lage sind, informelle und formale Lernmethoden fließend miteinander zu verbinden. Im Ergebnis kann festgestellt werden, dass eine Übertragung des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse möglich ist. Die dadurch entstehenden neuartigen Lehr- und Lernformate werden im internationalen, wissenschaftlichen Kontext als sogenannte „Smart Learning Environments“ (SLEs) bezeichnet. Die vorliegende Untersuchung ist die erste Forschungsarbeit, die sich der Übertragung des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse in Form von SLEs im Umfeld betrieblicher Weiterbildung mit Fokus auf arbeitsplatzorientiertes Lernen in Deutschland widmet.

Es gibt keine einheitliche Definition von SLEs. In Anlehnung an Koper (2014) und Hwang (2014) sind Smart Learning Environments physische Räume, die mit

digitalen und kontextsensitiven Komponenten angereichert sind, um ein schnelleres und besseres Lernen zu ermöglichen. SLEs werden als intelligente und hybride Lernumgebungen beschrieben, die digitale und physische Lernartefakte fließend verbinden (Hybridisierung) und das formale wie informelle Lernen unterstützen. Dafür nutzen sie kontextsensitive IoT-Komponenten und kombinieren diese mit Verfahren aus der künstlichen Intelligenz, um traditionelle Lernräume zu intelligenten Umgebungen zu transformieren. SLEs erkennen den realen Lernkontext und bieten darauf aufbauend adaptive Lerninhalte für unterschiedliche Lernbedürfnisse. Parallel dazu sind sie in der Lage, auf Lernstrategien und Lernwerkzeuge zu verweisen und fungieren somit als unsichtbare „Lern-Assistenz“ im beruflichen Alltag.

Im Ergebnis 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 bisher losgelöste Lernbausteine sinnvoll zu vernetzen, um zwischen formalen und informellen Lernformen fließend orchestrieren zu können. Zusammenfassend ergibt sich ein SLE-Forschungsstand, welcher in Funktionalität und Merkmalen überwiegend einheitlich ist. Auffällig ist jedoch der divergierende Zugang der einzelnen Publikationen, der sich darin äußert, dass die theoretischen Konzepte auf unterschiedlichen Ebenen basieren und die konzeptionellen Vorgehensweisen voneinander abweichen, wodurch auch die theoretischen Bezüge variieren. Parallel dazu werden SLEs zwar als physische Räume definiert, dennoch spielen architektonische Gestaltungsprinzipien im Forschungskontext bisher keine Rolle. Diesen besonderen Herausforderungen widmet sich das vorliegende Forschungsprojekt, indem der Versuch unternommen wurde, im Rahmen einer ganzheitlichen Perspektive divergierende Ansätze zur SLE-Forschung zu kombinieren und zu erweitern. Das forschungsleitende Ziel der Arbeit war es, ein didaktisch fundiertes Konzept zur Gestaltung intelligenter und hybrider Lernräume (SLEs) zu entwickeln und verfolgte vor dem Hintergrund eines Design-Based Research Ansatzes ein exploratives Untersuchungsdesign, das sich darüber hinaus durch ein mehrstufiges und triangulatives Verfahren auszeichnete. Das Forschungsdesign gliederte sich in zwei Teil- sowie eine Hauptstudie, wobei qualitative und quantitative Methoden der Sozialforschung kombiniert wurden.

Hierzu wurde in einem ersten Schritt der Zusammenhang zwischen den theoretischen Konstrukten „Internet der Dinge“ und „Smart Learning Environments“ durch systematische Dekonstruktion bisher bekannter und in direkter Verbindung stehender Lernmethoden nachgewiesen, indem in transparenter Weise

dargelegt wurde, dass es sich bei IoT-basierten Lernformen wie Smart Learning Environments (SLEs) um eine spezifische Kombination aus adaptiven und ubiquitären Lernformen handelt, die in ihrem Zusammenwirken gänzlich neue Funktionalitäten und Möglichkeiten eröffnen.

In einem zweiten Schritt wurde dann die empirische Untersuchung eingeleitet, indem die ersten Erkenntnisse aus den transdisziplinären Literaturanalysen in einem hypothetischen Modell zur Gestaltung intelligenter und hybrider Lernräume verdichtet wurden. Dieses Modell bündelte Erfolgsfaktoren aus unterschiedlichen Einflussbereichen und fungierte als Suchraster der empirischen Untersuchung. Das hypothetische Modell wurde dann mittels Experteninterviews und Fragebögen validiert und in einem dritten Schritt auf Grundlage der empirischen Daten modifiziert.

Auf diese Weise entstand im Ergebnis der Forschungsarbeit ein holistisches und kohärentes Framework zur Gestaltung von bedarfsorientierten SLEs. Basierend auf einer transdisziplinären Zusammenführung unterschiedlicher Fachdisziplinen wurden systematisch Erkenntnisse aus Bildungswissenschaften, Informatik und Architektur zusammengeführt, um Einflussbereiche und Erfolgsfaktoren zu identifizieren, die im Gestaltungsprozess von menschenzentrierten SLEs berücksichtigt werden müssen.

Die Befunde der Forschungsarbeit zeichnen ein umfassendes Bild über IoT-basierte Bildungsinnovationen, die bisher in getrennten Fachdisziplinen und voneinander losgelösten Konzepten erforscht wurden. Im Rahmen eines menschenzentrierten Gesamtkonzeptes zur Gestaltung von SLEs wurden die Forschungslücken bisheriger SLE-Forschung adressiert, indem die bis dato einseitig entwickelten Konzepte systematisch aufgebrochen und involvierte Fachdisziplinen und SLE-Gestaltungsbereiche ganzheitlich betrachtet sowie innerhalb eines transformativen Prozesses zusammengeführt wurden. Architektonische Gestaltungsprinzipien sowie organisationale Aspekte wurden systematisch mit didaktischen und informationstechnischen SLE-Merkmalen verwoben.

Ziel des soziotechnischen Frameworks ist es, die wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis zu überführen, indem Bildungsinnovationen generiert werden können, die auf einer wissenschaftlich fundierten Basis den SLE-Entwicklungsprozess ganzheitlich steuern.

Das Framework bündelt insgesamt 30 Erfolgsfaktoren, die zu fünf Entwurfsmustern zugeordnet sind und in dieser Einheit ein idealtypisches Smart Learning Environment abbilden. Pro Entwurfsmuster gibt es jeweils sechs Erfolgsfaktoren, die im Rahmen einer didaktisch sinnvollen SLE-Produktentwicklung ausgestaltet werden müssen. Jedes Entwurfsmuster verfügt darüber hinaus über eine integrierte Reifegrad-Skala, um fundierte Analysen durchführen zu können.

Der Entwicklungsprozess verläuft sequenziell und beginnt mit der Analyse und Reflexion der Unternehmenskultur (Entwurfsmuster 0). Anschließend werden die Faktoren für die Nutzerzentrierung (Entwurfsmuster A) bearbeitet und basierend darauf eine didaktische Vielfalt (Entwurfsmuster B) entwickelt. Danach werden räumliche Aspekte (Entwurfsmuster C) entworfen und erst am Ende beschäftigt man sich mit technologischen Faktoren, die für intelligente Lernsysteme (Entwurfsmuster D) relevant sind. Es wird empfohlen, das Framework konzeptionell in einen SLE-Design Sprint (Innovationsworkshop) einzubetten, um bedarfsorientierte SLE-Prototypen systematisch und zielgerichtet entwickeln zu können.

Weiterhin wird empfohlen, das Framework als dynamisches Werkzeug innerhalb der Gestaltungsarbeit zu nutzen und sich auf die Gestaltungsbereiche zu fokussieren, die einerseits viel Potenzial versprechen und andererseits relativ einfach umgesetzt werden können. Um sich schrittweise dem Ziel von SLEs nähern zu können, wurden im Rahmen der Forschungsarbeit sieben Mindestanforderungen definiert, die zunächst hybridisierte Lernformen mittels weniger stark ausgeprägtem IoT Reifegrad umsetzen lassen.

Auf diese Weise fungiert das SLE-Framework im Sinne eines iterativen Planungs-, Analyse- und Entwicklungswerkzeugs, das gestaltungsrelevante, sozio-technische Ebenen, Dimensionen und Einflussbereiche vereint und gleichzeitig die jeweiligen Erfolgsfaktoren als idealtypische Entwurfsmuster definiert, die wiederum in gegenseitiger Abhängigkeit und Wechselwirkung die Komplexität von SLEs systematisieren und visualisieren.

Das transdisziplinär aufgefächerte SLE-Gesamtkonzept liefert bisher unbekannte Erfolgsfaktoren, die in ihrem dynamischen Zusammenwirken überraschende Querbezüge und systemtheoretische Zusammenhänge im Kontext hoch innovativer Bildungsformate erkennen lassen, die die Basis für eine nachhaltige, wirksame und menschenzentrierte Transformation der Bildungspraxis darstellen. In Hinsicht des publizierten Forschungsstands liefert die Arbeit empirische Befunde, die den aktuellen Forschungsstand zum Internet der Dinge im Bildungsbereich, zu Anwendungs- und Gestaltungsmöglichkeiten in der Praxis sowie zum Lernformat Smart Learning Environments erweitern.

Abstract

Lifelong learning is set to change so much that intelligent technologies will increasingly foster the acquisition of skills in the workplace. For this to happen, there is a need for modern and connected learning environments that spark imagination and creativity as well as motivate learners to tackle content on their own. This dissertation condenses scientific findings to supply new approaches to the challenges in a knowledge society. The knowledge of tomorrow will be connected, distributed, and interdisciplinary. This challenge emphasizes people's needs rather than technological possibilities.

The objective of this dissertation was to determine whether and how the Internet of Things (IoT) can be applied – in the form of intelligent and hybrid learning spaces – to teaching and learning processes in order to continuously aid lifelong learning in the workplace. The subject matter of this dissertation comprised learning environments that provide ideal opportunities for lifelong learning and are capable of seamlessly interconnecting informal and formal learning methods. It has been concluded that it is possible to apply the Internet of Things to teaching and learning processes. The innovative teaching and learning formats that subsequently arise are referred to as smart learning environments (SLEs) in international research. This study is the first research paper devoted to the application of the Internet of Things to teaching and learning processes in the form of SLEs in the scope of corporate training, with an emphasis on workplace-learning in Germany.

There is no uniform definition of SLEs. Following the work of Koper (2014) and Hwang (2014), smart learning environments are physical spaces enhanced with digital and context-aware components that facilitate better and faster learning. SLEs are described as intelligent and hybrid learning environments that

seamlessly connect digital and physical learning artifacts – known as hybridization – and that encourage both formal and informal modes of learning. To this end, SLEs make use of context-aware IoT devices, combining them with methods from the field of artificial intelligence to transform traditional learning spaces into intelligent environments. SLEs are able to recognize the real learning context, based on that, SLEs offering adaptive learning content for different educational needs. At the same time, SLEs are capable of pointing out learning strategies and learning tools. In this way, SLEs serve as invisible, everyday learning assistants in the workplace.

This results in hybrid types of learning that are somewhere between formal and informal learning settings, between individual and group learning, between various times and places for learning, and between physical and digital formats of learning.

SLEs aim to foster various types of learning and meaningfully connect hitherto isolated learning modules so that learners can switch smoothly between formal and informal modes of learning. In summary, the present state of SLE research is largely consistent with respect to functionality and characteristics. It is conspicuous, however, that various publications take divergent approaches. This is evident in the theoretical concepts being used on different levels. Moreover, the conceptual approaches differ as do, consequently, the theoretical relationships. Although researchers define SLEs as physical spaces, architectural design principles have thus far played no role in research. This research focuses on these special challenges. An effort was made to combine and expand divergent approaches to SLE research within a comprehensive perspective. Furthermore, the primary research objective of this project was to develop a didactically sound concept for designing intelligent and hybrid learning spaces, or SLEs. On the foundation of a design-based research approach, the dissertation adhered to an exploratory research design distinguished by a multi-level, triangulative procedure. The research design comprised two secondary studies and one primary study; qualitative and quantitative methods of social research were combined.

In the first stage, the systematic deconstruction of known, directly interconnected learning methods served to demonstrate a correlation between the two theoretical constructs of the Internet of Things and smart learning environments. This was achieved transparently by establishing that IoT-based types of learning, such as smart learning environments (SLEs), constitute a specific combination of adaptive and ubiquitous types of learning. In turn, the interaction of these two types opens up entirely new functionalities and opportunities.

In the second stage of this project, empirical research was initiated by consolidating the initial findings from transdisciplinary analyses of the literature in

a hypothetical model for designing intelligent and hybrid learning spaces. This model pooled success factors from different spheres of influence and served as a tool for empirical research. Questionnaires and interviews with experts validated the hypothetical model. In the third stage, this model was adapted based on the empirical data.

All this research thus resulted in a holistic and coherent framework for designing needs-based SLEs. On the basis of a transdisciplinary synthesis of different specialized disciplines, findings from educational sciences, computer science, and architecture were systematically conflated in order to identify spheres of influence and success factors that one must consider when designing human-centered SLEs.

The findings of this research paint a comprehensive picture of IoT-based innovations in learning that have otherwise been researched in separate specialized disciplines and posited in compartmentalized concepts. In the scope of a human-centered overall approach to designing SLEs, this research endeavor addressed the gaps in previous SLE research by systematically disrupting the hitherto narrowly defined concepts as well as holistically studying relevant specialized disciplines and areas of SLE development. In addition, said concepts were conflated as part of a transformative process. Architectural design principles and organizational aspects were systematically interwoven with characteristic SLE features regarding didactics and IT.

The objective of this socio-technical framework is to transfer research findings into practice by making it possible to generate innovations in learning that can comprehensively guide the process of developing SLEs on a scientifically sound basis.

This framework pools a total of 30 success factors, which have been assigned in subsets to five design patterns that collectively represent an ideal smart learning environment. Each design pattern comprises six success factors that must be elaborated in the scope of the didactically meaningful development of an SLE solution. In addition, each design pattern has an integrated range of maturity levels to facilitate the execution of sound analyses.

The process of development proceeds sequentially, starting with an analysis and contemplation of a corporate culture (design pattern 0). Then the factors for user centricity are addressed (design pattern A). On this basis, a variety of didactic solutions is developed (design pattern B). Afterwards, spatial aspects are outlined (design pattern C). Only in the final stage does one address technological factors that are of significance to intelligent learning systems (design pattern D). It is advisable to conceptually embed the framework in an SLE design sprint, or innovation workshop. This makes it possible to develop needs-based SLE prototypes in a systematic and targeted manner.

In addition, it is sensible to use the framework as a dynamic tool while doing design work and to focus on the areas of development that both hold great potential and are relatively simple to implement. As a gradual series of steps towards the goal of SLEs, seven minimum requirements were defined. These requirements make it possible to realize hybridized modes of learning by observing a fairly low level of IoT maturity.

In this manner, the SLE framework serves as an iterative tool for planning, analysis, and development. This tool not only unites design-oriented and socio-technical levels, dimensions, and spheres of influence; it also defines the respective success factors as ideal design patterns. The interdependence and interaction of these patterns, in turn, systematize and depict the complexity of SLEs, in the process rendering these environments less complex.

The transdisciplinary, comprehensive SLE concept unveils previously unknown success factors. The dynamic interaction of these factors reveals surprising cross-references and systems-theory correlations in the context of highly innovative learning formats. All this, in turn, provides the foundation for a sustainable, effective, and human-centered transformation of educational practice. In terms of the published state of research, the doctoral thesis provides empirical findings that extend the current state of research on the Internet of Things in education, application and design options in practice and the learning format of smart learning environments.

Im Interesse einer geschlechtergerechten Sprache werden in der vorliegenden Arbeit vorzugsweise geschlechtsneutrale Bezeichnungen oder ein „Gendersternchen“ verwendet. Hierbei gilt der Grundsatz einer symmetrischen Sprache. In Ausnahmefällen (z. B. bei längeren Aufzählungen oder Begriffszusammensetzungen wie z. B. Experteneinschätzungen oder Interviewpartner) wird jedoch zugunsten der Lesbarkeit auf zu unsymmetrische Formen wie z. B. „Expert*inneneinschätzungen“ oder „Interviewpartner*innen“ verzichtet.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation und Einführung	1
1.2	Ausgangssituation	6
1.2.1	Das Internet der Dinge im Bildungskontext	10
1.2.2	Untersuchungsgegenstand und Problemstellung	13
1.3	Thematische Verortung und wissenschaftlicher Zugang	16
1.4	Zielsetzung	18
1.5	Aufbau der Forschungsarbeit	21
2	Interdisziplinäre Grundlagen aus Pädagogik, Informatik und Architektur	23
2.1	Empirische Weiterbildungsforschung	24
2.1.1	Erwachsenenpädagogische Einordnung	25
2.1.2	Arbeitsplatzbezogenes Lernen	27
2.1.2.1	Befunde aus der Lehr- und Lernforschung	28
2.1.2.2	Begriffsklärung	36
2.1.2.3	Informelles und selbstgesteuertes Lernen am Arbeitsplatz	40
2.1.2.4	Lernen mit persönlichen Lernumgebungen	45
2.1.2.5	Adaptive und ubiquitäre Lernumgebungen am Arbeitsplatz	47
2.1.3	Schlussfolgerungen	58
2.2	Das Internet der Dinge	61
2.2.1	Begriffsklärung und Merkmale	61
2.2.1.1	Internet der Dinge und Smart Objects	62
2.2.1.2	Internet der Dinge und Embedded Systems	64

2.2.1.3	Internet der Dinge und Cyber-Physical Systems	68
2.2.1.4	Internet der Dinge und die technologische Konvergenz	69
2.2.1.5	Internet der Dinge und das Future Internet	72
2.2.1.6	Internet der Dinge und der Datenschutz	75
2.2.1.7	Herausforderungen und Kritik	76
2.2.2	Das Internet der Dinge im Bildungskontext	80
2.2.3	Schlussfolgerungen	84
2.3	Lernräume	85
2.3.1	Raumtheoretische Grundlagen	86
2.3.2	Lernraumforschung und Büroraumgestaltung	89
2.3.3	Intelligente und hybride Lernräume	112
2.3.4	Herausforderungen für Datenschutz und Datensicherheit	122
2.4	Theoretische Synthese im Lernformat „Smart Learning Environments“	130
2.4.1	SLEs als Forschungsgegenstand	131
2.4.2	Herleitung der Forschungslücken	143
2.5	Schlussfolgerungen aus dem interdisziplinären Forschungsansatz	144
3	Methodisches Vorgehen	147
3.1	Wissenschaftstheoretische Positionierung	148
3.2	Explikation des Vorverständnisses	155
3.3	Design-Based Research als gestaltungsorientierter Forschungsansatz	161
3.4	Modellierung	168
3.4.1	Modellierung in Soziotechnischen Systemen	168
3.4.2	Modellierungsverfahren	170
3.4.3	Modellentwurf zur Gestaltung von Smart Learning Environments	177
3.5	Forschungsmethodik und Untersuchungsdesign	184
3.5.1	Teilstudie 1	190
3.5.1.1	Umfeld des Workshops	191
3.5.1.2	Auswahl der Praxisexperten und Sampling	192
3.5.1.3	Kontext der Durchführung	193
3.5.1.4	Konzeption und Planung	193

3.5.1.5	Instrumente und Verfahren der empirischen Datenerhebung	200
3.5.1.6	Datenauswertung und Ergebnisse	205
3.5.2	Interviewstudie	208
3.5.2.1	Datenerhebung	211
3.5.2.1.1	Konstruktion des Leitfadens	213
3.5.2.1.2	Konstruktion des Begleitfragebogens (Teilstudie 2)	215
3.5.2.1.3	Auswahl der Fachexperten und Sampling	218
3.5.2.1.4	Durchführung und Transkription	219
3.5.2.2	Datenauswertung	225
3.5.2.2.1	Datenauswertung der Interviews	225
3.5.2.2.2	Kategoriensystem und Kodierregeln	229
3.5.2.2.3	Extraktion der Fundstellen	239
3.5.2.2.4	Ergebnisaufbereitung	245
3.5.2.2.5	Ergebnisaufbereitung der Fragebögen (Teilstudie 2)	247
3.5.2.3	Ergebnisse	250
3.5.2.3.1	Neue Lehr- und Lernformate	251
3.5.2.3.2	Lernraumgestaltung	268
3.5.2.3.3	Modellierung	278
4	Synthese und Ausblick	307
4.1	Konzept zur Gestaltung von SLEs	307
4.2	Beantwortung der Forschungsfragen	313
4.3	Limitationen der Untersuchung	319
4.4	Diskussion und kritische Bewertung	325
4.5	Implikationen für die Praxis	329
4.6	Zukünftige Forschungsthemen	334
	Literaturverzeichnis	339

Abkürzungsverzeichnis

AI	Artificial Intelligence
AMT	Allgemeine Modelltheorie
AR	Augmented Reality
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft
Bpb	Bundeszentrale für politische Bildung
CoP	Communities of Practice
CPS	Cyber-Physical System
DBR	Design-Based Research
DT	Design Thinking
EF	Erfolgsfaktor
ESF	Europäischer Sozialfonds
ESN	Enterprise Social Network
GT	Grounded Theory
HCD	Human-centered Design
HLI	Human Learning Interface
IASLE	International Association for Smart Learning Environments
IAT	Institut für Arbeit und Technik
ICM	Inverted Classroom Model
IdD	Internet der Dinge
IoT	Internet of Things
IP	Interviewpartner
ITS	Intelligent Tutoring System
LMS	Learning Management System
MA	Mindestanforderung

MOOC	Massive Open Online Course
PLE	Personal Learning Environment
SLE	Smart Learning Environment
TEL	Technology Enhanced Learning
TELE	Technology Enhanced Learning Environment
VR	Virtual Reality
WBT	Web Based Training
WOL	Working Out Loud

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1	Ein Beispiel eines überblendeten, interaktiven Lernraumes	3
Abbildung 1.2	Ein Beispiel eines überblendeten, interaktiven Lernraumes in Kombination mit Virtual Reality	5
Abbildung 1.3	Technologische Trendentwicklungen des Horizon Reports 2012	12
Abbildung 1.4	Interdisziplinärer Forschungszugang	17
Abbildung 1.5	Forschungsleitendes Ziel	20
Abbildung 1.6	Aufbau der Forschungsarbeit	21
Abbildung 2.1	Das 70:20:10 Modell	41
Abbildung 2.2	Arbeitsplatz als Lernplatz	44
Abbildung 2.3	Struktur einer PLE	46
Abbildung 2.4	Das Internet der Dinge als Teil des Future Internet ...	73
Abbildung 2.5	Reifegrade des Internet der Dinge	78
Abbildung 2.6	Anzahl der Rechercheergebnisse aus 2015 und 2018	82
Abbildung 2.7	Anzahl der Rechercheergebnisse im Vergleich zwischen 2015 und 2018	83
Abbildung 2.8	LearnerLab HdM Stuttgart (Quelle: HdM) und Orestad Gymnasium	91
Abbildung 2.9	v.l.n.r.: Orestad Gymnasium (Quelle: Montag Stiftung) und Bibliothek Sao Paulo	94
Abbildung 2.10	Die Wissensgesellschaft erfordert neue Bildungskonzepte	95
Abbildung 2.11	Upcycling mit Paletten als Trennwand	100

Abbildung 2.12	Faktoren, die das Engagement und die Zufriedenheit am Arbeitsplatz beeinflussen	101
Abbildung 2.13	Formen, Farben und Struktur erzeugen Atmosphäre	102
Abbildung 2.14	Co-Working Space	103
Abbildung 2.15	Co-Working Space	104
Abbildung 2.16	Zonen-Konzept	105
Abbildung 2.17	Offene und kreative Arbeitsbereiche	107
Abbildung 2.18	Kreative Rückzugsorte	108
Abbildung 2.19	Gemütliche Cafe Atmosphäre	109
Abbildung 2.20	Förderung der Zusammenarbeit in Projekten	110
Abbildung 2.21	Airbnb-Zentrale	110
Abbildung 2.22	Naturnahe Gestaltung	111
Abbildung 2.23	Unterschiedliche Szenarien ermöglichen durch offene Gestaltung	111
Abbildung 2.24	Deloitte Headquarter „The Edge“	113
Abbildung 2.25	Skype Offices	114
Abbildung 2.26	Entwurf zu einem multifunktionalen Lerntisch	116
Abbildung 2.27	SAP Data Room mit e-Table	117
Abbildung 2.28	v.l.n.r. Roboter „Nabaztag“, „Kuri“ und „Pepper“	118
Abbildung 2.29	Smartness-Levels	121
Abbildung 2.30	Preliminary Framework for SLEs	133
Abbildung 2.31	Five Types of Human Learning Interfaces	135
Abbildung 2.32	Hauptfunktionen eines SLE Device	136
Abbildung 2.33	Smart Learning Environment Framework	140
Abbildung 3.1	Der Design Thinking Prozess des HPIs	163
Abbildung 3.2	Iterative Phasen des DBR-Ansatzes	165
Abbildung 3.3	Design-Based Research Prinzipien	166
Abbildung 3.4	Modellierungsverfahren in einem interdisziplinären Vergleich	170
Abbildung 3.5	Überblick zu Lernmodellen	171
Abbildung 3.6	Information Systems Research Framework	176
Abbildung 3.7	Soziotechnischer Modellentwurf zur Gestaltung von SLEs	178
Abbildung 3.8	SLE Modell als Analogie eines „Fahrplans“	179
Abbildung 3.9	SLE Modell, Einflussbereich “Bedürfnisse”	180
Abbildung 3.10	SLE Modell, Einflussbereich “Lern-/Arbeitsmethoden”	181

Abbildung 3.11	SLE Modell, Einflussbereich “Lern-/ Unternehmenskultur”	182
Abbildung 3.12	SLE Modell, Einflussbereich “IT-Infrastruktur”	183
Abbildung 3.13	SLE Modell, Einflussbereich “Ausstattung”	184
Abbildung 3.14	SLE Modell, Einflussbereich “Architektur”	185
Abbildung 3.15	Erste Empfehlungen zur Gestaltung von Smart Learning Environments	185
Abbildung 3.16	Untersuchungsdesign	186
Abbildung 3.17	Systematische Literaturanalyse mit der SQ3R-Methode	188
Abbildung 3.18	Agenda Fokusgruppen-Workshop	195
Abbildung 3.19	Forschungsmethoden der Teilstudie 1	201
Abbildung 3.20	Bewertungsbogen Teilstudie 1	202
Abbildung 3.21	Fragebogen Teilstudie 1	204
Abbildung 3.22	Klassifikation verschiedener Interviewformen	209
Abbildung 3.23	Begriffsbestimmung qualitativ orientierter Interviewformen	209
Abbildung 3.24	Ablauf eines qualitativen Interviews	212
Abbildung 3.25	Komprimierter Interviewleitfaden	213
Abbildung 3.26	Auszug aus dem Begleitfragebogen	216
Abbildung 3.27	Ablaufschema einer inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse	229
Abbildung 3.28	Ablauf einer evaluativen qualitativen Inhaltsanalyse in 7 Phasen	230
Abbildung 3.29	Beispiele für die Kodierung „Bedarf an arbeitsintegriertem Lernen“	242
Abbildung 3.30	Beispiele für die Kodierung „ja, es gibt einen deutlichen Zusammenhang“	245
Abbildung 3.31	Beispiel eines Visual Mapping pro Interview	247
Abbildung 3.32	Verfahren zur systematischen Extraktion der Ergebnisse mit der Funktion “Summary-Grid” in MAXQDA (Screenshot)	248
Abbildung 3.33	Tangibles auf einem Multitouch-Tisch als anfassbare Knoten in einem binären Suchbaum	265
Abbildung 3.34	Screenshot aus der Anwendung Scapple	273
Abbildung 3.35	Beispiel einer Open Knowledge Maps Visualisierung	275
Abbildung 3.36	Beispiele für Mixed-, Virtual- und Augmented Reality Lernanwendungen	277

Abbildung 3.37	Der ökosystemische Ansatz zur Systematisierung von Einflussfaktoren auf die menschliche Entwicklung	283
Abbildung 3.38	Adaption des ökosystemischen Ansatzes nach Bronfenbrenner zur Systematisierung von SLE-Beziehungen auf unterschiedlichen Ebenen	285
Abbildung 3.39	Systematisierung der SLE-Entwurfsmuster nach ökosystemischem Ansatz nach Bronfenbrenner	288
Abbildung 3.40	Re-designtes SLE-Modell zu den Anforderungen an die Unternehmenskultur	290
Abbildung 3.41	Legende zur Beschreibung der Beziehungsarten im SLE-Modell	291
Abbildung 3.42	Re-designtes SLE-Modell zum Entwurfsmuster [A]	292
Abbildung 3.43	Re-designtes SLE-Modell zum Entwurfsmuster [B]	295
Abbildung 3.44	Re-designtes SLE-Modell zum Entwurfsmuster [C]	297
Abbildung 3.45	Re-designtes SLE-Modell zum Entwurfsmuster [D]	299
Abbildung 4.1	SLE-Framework mit probabilistischen Beziehungen zwischen Faktoren und SLE-Ebenen	309
Abbildung 4.2	Legende zur Beschreibung der Verbindungsknoten im SLE-Framework	310
Abbildung 4.3	Dreidimensional modelliertes SLE-Framework mit Querverbindungen	311
Abbildung 4.4	Erfolgsfaktoren zur Gestaltung von SLEs	315

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1	Dimensionen und Bereiche des Lernens	31
Tabelle 2.2	Valide Befunde zu Lernprozessen und Implikationen für die die Lehre – Dimension Prozess und Aktivität	33
Tabelle 2.3	Valide Befunde zu Lernprozessen und Implikationen für die die Lehre – Dimensionen Wirkung und Intention	34
Tabelle 2.4	Valide Befunde zu Lernprozessen und Implikationen für arbeitsplatzbezogenes Lernen – Dimension Prozess und Aktivität	48
Tabelle 2.5	Valide Befunde zu Lernprozessen und Implikationen für arbeitsplatzbezogenes Lernen – Dimensionen Wirkung und Intention	49
Tabelle 2.6	Vergleich zwischen ubiquitärem und adaptivem Lernen	58
Tabelle 2.7	Vergleich zwischen ubiquitärem, adaptivem und smartem Lernen	137
Tabelle 2.8	Identifizierte Forschungslücken	144
Tabelle 3.1	Auswahl an Qualifizierungsaktivitäten der Forscherin (Vorverständnis)	158
Tabelle 3.2	Auswertung zu den Mittelwerten aus dem Bewertungsbogen der Teilstudie 1	207
Tabelle 3.3	Auswertung zu den Mittelwerten aus dem Fragebogen der Teilstudie 1	208
Tabelle 3.4	Anonymisierte Übersicht der Teilnehmer*innen der Interviewstudie	220

Tabelle 3.5	Varianten qualitativer Inhaltsanalyse	227
Tabelle 3.6	Ankerbeispiele zur Kodierung der ersten Hauptkategorie „neue Lehr- und Lernformate“	233
Tabelle 3.7	Ankerbeispiele zur Kodierung der zweiten Hauptkategorie „Lernraumgestaltung“	237
Tabelle 3.8	Ankerbeispiele zur Kodierung der dritten Hauptkategorie „Modellierung“	240
Tabelle 3.9	Anzahl der Kodierungen je Hauptkategorie und Interview	241
Tabelle 3.10	Anzahl der Kodierungen zu “neuen Lehr- und Lernformaten” pro Interview	243
Tabelle 3.11	Anzahl der Kodierungen zur “Lernraumgestaltung” pro Interview	244
Tabelle 3.12	Anzahl der Kodierungen zur “Modellierung” pro Interview	246
Tabelle 3.13	Mittelwert zur generellen Eignung des Modells ...	248
Tabelle 3.14	Mittelwerte der sechs SLE-Einflussbereiche	249
Tabellen 3.15–3.20	Mittelwerte der jeweiligen Faktoren pro SLE-Einflussbereich	250



1.1 Motivation und Einführung

Im Rahmen dieser Einleitung erfolgt in Unterkapitel 1.1 eine Hinführung zum Thema, indem aktuelle Herausforderungen der Wissensgesellschaft erläutert und in den Kontext der technologischen Entwicklungen gestellt werden. Die Ausgangssituation und Problemstellung wird in Abschnitt 1.2. dargelegt. Nähere Erläuterungen zur thematischen Verortung und des wissenschaftlichen Zugangs folgen in Abschnitt 1.3. Das Kapitel 1 schließt mit der Zielsetzung (Abschnitt 1.4) und dem Aufbau der Forschungsarbeit (Unterkapitel 1.5).

Während in industrialisierten Gesellschaften körperliche Arbeit, Rohstoffe und Kapital die zentrale Rolle spielen, sind in post-industriellen Gesellschaften Informationen, Wissen und Handlungskompetenzen die Schlüsselressourcen für sozialen und wirtschaftlichen Erfolg (North, 2002). Erzeugung, Nutzung und Organisation von Wissen ist die Quelle für Produktivität und Wachstum. In diesem Zusammenhang erhält der Begriff der Wissensgesellschaft eine wegweisende Bedeutung in dem Sinne, dass jeder Einzelne freien Zugang zu Wissen erhält und eine lebenslange Kompetenzentwicklung unterstützt wird. In der Wissensgesellschaft steht im Gegensatz zur Informationsgesellschaft der Mensch und dessen Fähigkeiten im Vordergrund (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001). Durch die steigende Anzahl von vorhandenen Wissensquellen wird es darüber hinaus wichtiger, dass Wissen in einem sozialen Prozess angeeignet wird, welcher sich durch Kooperation und eine „Kultur“ des Wissens auszeichnet (ebenda). Das Wissen der Zukunft basiert auf der Expertise einzelner Wissensträger*innen, welches durch zielgerichtete Vernetzung eine neue Qualität erreicht. Vernetzte und kollaborative Lernformate, die über die neuen Medien und Web 2.0 Tools ermöglicht werden,

spielen eine bedeutende Rolle in der Kompetenzentwicklung des Einzelnen bis hin zur Wissensgesellschaft.

Dieser Strukturwandel geht mit technologischem Fortschritt einher und verlangt nach neuen pädagogischen Konzepten, die soziale Interaktionen im Kontext von Lernen und Arbeiten sinnvoll mit technologischen Errungenschaften verweben. Eine effektive Nutzung vorhandenen Wissens ist ein entscheidender Wettbewerbsfaktor geworden, allerdings sind die Orte der Wissensaneignung am Arbeitsplatz nicht optimal auf die Bedürfnisse der Lernenden angepasst. Wirtschaftlicher Erfolg ist mehr denn je vom Humankapital abhängig, welches sich dadurch erhöhen lässt, dass bestmögliche Voraussetzung zum Lernen und Arbeiten gestaltet werden. Die Berufs- und Arbeitswelt ist gekennzeichnet durch einen enormen technologischen Wandel und unterliegt stetiger Veränderung hinsichtlich der zur Verfügung stehenden internetfähigen Hard- und Softwaresysteme. Dabei werden die Entwicklungszyklen immer kürzer, wohingegen das technische Niveau exponentiell ansteigt (BMWi, 2010). Seit Entstehung des Internets vor gut 20 Jahren werden immer neue Anwendungen und Geräte in so rasanter Geschwindigkeit produziert, dass bereits eine heutige Armbanduhr eine größere Rechenleistung als ein Computer der ersten Generation vorweisen kann (Biermann, 2013). Dies hat einerseits direkte Auswirkungen auf Arbeitsaufgaben und -abläufe und andererseits auch auf Bildungsprozesse, da diese den qualifikatorischen Grundstein für eine erfolgreiche Wirtschaft legen. Im Berufsleben werden zum einen immer weiterführende Kompetenzen im Umgang mit dem Internet vorausgesetzt und zum anderen bieten neue technologische Entwicklungen wie das Internet der Dinge auch enorme Potenziale zur Erschließung neuen Wissens.

Wie wäre es, wenn uns zukünftig ein intelligenter Tisch, eine smarte Lampe oder ein interaktiver Fußboden (vgl. Abbildung 1.1) beim Lernen oder Arbeiten unterstützen würde?

Und wie sollten diese in einem Gesamtkonzept arrangiert werden? Im vorliegenden Forschungsprojekt werden die Disziplinen Bildungswissenschaft, Informatik und Architektur verbunden, um der Frage nachzugehen, ob und wie das Internet der Dinge Lehr- und Lernprozesse in physischen Lernräumen bereichern kann. Die Europäische Kommission hat das Internet der Dinge bereits 2009 als bedeutenden Treiber für Wirtschaft und Gesellschaft identifiziert und einen 14 Punkte Plan entwickelt, in dem es wie folgt heißt:

....IoT [Internet of Things] is not yet a tangible reality, but rather a prospective vision of a number of technologies that, combined together, could in the coming 5 to 15 years drastically modify the way our societies function. By adopting a proactive approach, Europe could play a leading role in shaping how IoT works and reap the associated



Abbildung 1.1 Ein Beispiel eines überblendeten, interaktiven Lernraumes (Quelle: Ars Electronica)

benefits in terms of economic growth and individual well-being, thus making the Internet of things an Internet of things for people“ (European Commission, 2009, S. 12).

Der Bericht ist nunmehr neun Jahre alt und wir befinden uns an einem bedeutenden Wendepunkt. Technologische Entwicklungen, auf welche die Unternehmen reagieren müssen sind nicht neu. Im Gegenteil, die Geschichte ist geradezu geprägt von kontinuierlicher Weiterentwicklung und industriellen Revolutionen. Neu ist allerdings, dass die Gesellschaft insgesamt und Wirtschaft im Besonderen mittlerweile von sprunghaften technologischen Entwicklungen betroffen sind, die derzeit im Rahmen der „Digitalen Transformation“ beschrieben und diskutiert werden (Cachelin, 2016). Organisationen müssen sich dynamisch und vor allem schnell verändern. Dieser Wandel, der sich sowohl auf der sozialen wie auch auf einer technischen Ebene manifestiert, ist dadurch gekennzeichnet, dass bis dato tradierte Handlungspraxen und Geschäftsmodelle durch die exponentielle Entwicklung neuer Technologien disruptiv unterbrochen werden. Diese exponentielle Entwicklung wurde bereits 1965 von Gordon Moore beschrieben, die in der

Folge als Mooresches Gesetz bekannt wurde. Darin wird in einer „Faustregel“ angegeben, dass sich die Leistungsfähigkeit von Mikroprozessoren ungefähr alle 2 Jahre verdoppelt (Schaller, 1997).

Das Mooresche Gesetz beruht auf der Beobachtung, dass über einen langen Zeitraum durch die Fortschritte in der Halbleitertechnik ein schneller Leistungszuwachs bei gleichzeitiger Preisreduktion erreicht werden kann. Eine Verdoppelung der Leistung etwa alle 2 Jahre bedeutet:

- in 10 Jahren: Einen Leistungszuwachs um Faktor 100
- in 20 Jahren: Einen Leistungszuwachs um Faktor 10.000

Aufbauend auf den Erkenntnissen des Mooreschen Gesetzes können Probleme, deren Lösung bis vor kurzem undenkbar gewesen wären, in den Bereich der Lösbarkeit (Broy, 2010a) überführt werden. Beispiele der Vergangenheit sind Navigationssysteme mit ihrem hohen Rechenbedarf, Computerspiele, aber auch das Data Mining der Suchmaschinen im Internet. Gleichzeitig sorgt die Preisreduktion und Leistungssteigerung dafür, dass in immer neuen Gebieten der Einsatz solcher Systeme wirtschaftlich vertretbar wird. Mit dem Einsatz der Systeme fallen weitere Daten an und es entsteht eine digitale Infrastruktur, die wieder den Schritt in weitere Innovationen eröffnet.

Aktuelle technologische Entwicklungen sind aufgrund ihrer Exponentialität entsprechende Wegbereiter für den Einsatz neuerer Technologien bzw. Technologiekonstrukte wie dem Internet der Dinge (IoT) oder der Künstlichen Intelligenz (AI). Sogenannte „Supercomputer“ werden bereits in wissenschaftlichen Einrichtungen oder auch in Unternehmen getestet und weiterentwickelt, um insbesondere Services basierend auf Künstlicher Intelligenz zu innovieren oder naturwissenschaftliche Modelle zu berechnen (vgl. hierzu die TOP500 Liste der 500 schnellsten Computersysteme).

In der Folge stehen Management und Mitarbeiter*innen vor neuen Herausforderungen, insbesondere was die Weiterbildung betrifft. 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 (BMW, 2017). Notwendiges Erlernen neuer Systeme, Prozesse, Umgangs- und Arbeitsformen werden als Aspekte einer lernenden Organisation zum ausschlaggebenden Wettbewerbsfaktor. Insofern sollten technologische Errungenschaften nicht nur indirekt auf Bildungsbelange in Form von neuen Kompetenzanforderungen wirken, sondern auch aktiv für die Gestaltung innovativer Bildungsformate genutzt werden,

wie dies beispielsweise das Future Lab von Ars Electronica praktiziert (vgl. Abbildung 1.2).



Abbildung 1.2 Ein Beispiel eines überblendeten, interaktiven Lernraumes in Kombination mit Virtual Reality (Quelle: Ars Electronica)

Nicht zuletzt steht der Kulturwandel im Sinne einer lernenden Organisation 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 (Sauter & Sauter 2013).

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. Doch wie können diese Lern- und Anpassungsprozesse strategisch erfolgreich eingeführt und operativ umgesetzt werden? Wie können modernste Technologien wie das Internet der Dinge für Lehr- und Lernprozesse effektiv genutzt werden?

Auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse soll die vorliegende Forschungsarbeit neue Antworten auf die Herausforderungen der Wissensgesellschaft liefern. Das Wissen der Zukunft ist vernetzt, dezentral und interdisziplinär. Im Zentrum

dieser Herausforderung stehen menschliche Bedürfnisse und nicht ausschließlich technische Möglichkeiten.

1.2 Ausgangssituation

Das Forschungsprojekt setzt sich vor dem Hintergrund der digitalen Transformation mit der Rolle des Internet der Dinge im Bildungskontext auseinander, wobei dem Forschungsprozess eine gestaltungsorientierte Perspektive zugrunde liegt. Es werden Anwendungsmöglichkeiten des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse Erwachsener am Arbeitsplatz untersucht, wobei der Fokus auf einer didaktisch gezielten Verbindung von informellen und formalen Lernprozessen gelegt wird, um o. a. Brüchen entgegenzuwirken. Die neuen Erkenntnisse werden anschließend in einem Konzept zur Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen zusammengeführt.

Im Folgenden werden aufbauend auf den aktuellen technischen Entwicklungen, die im Rahmen der digitalen Transformation in Abschnitt 1.1 skizziert wurden, Beziehungen zum Kernthema „Bildung“ hergestellt, wobei insbesondere auf die Bereiche „Digitalisierte Bildung“ und „Lernen am Arbeitsplatz“ fokussiert wird. Weiterhin werden Bezüge und Zusammenhänge zum Technologiekonstrukt „Internet der Dinge“ herausgearbeitet, die ableitend in einer Problemstellung münden.

Technologische Fortschritte haben wie in Abschnitt 1.1 erläutert elementare Auswirkungen auf die Art und Weise der Vermittlung, Verarbeitung, Strukturierung, Speicherung, Aktualisierung und Erweiterung sowie des Austauschs von Wissen (Ebner, Schön & BIMS, 2011). Die Anzahl von verfügbaren Wissensquellen jeglicher Art wächst rasant an, wobei es schwerfällt, aus der Fülle der vorhandenen Wissenseinheiten noch den Überblick zu behalten. Nach Aussagen vom Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung wurden im Jahr 2012 1,8 Zettabyte an Daten weltweit produziert (Fraunhofer IOSB, 2013). Wirft man im Vergleich dazu einen Blick auf zukünftige Prognosen basierend auf dem weltweit produzierten Datenvolumen in Höhe von 16,1 Zettabyte im Jahr 2016, dann können laut Statista insgesamt 163 Zettabyte für das Jahr 2025 prognostiziert werden (Statista, 2017). In der Folge sehen sich Lernende damit konfrontiert, die richtigen Informationen zum richtigen Zeitpunkt zu finden sowie hochwertige Informationen von minderwertigen zu unterscheiden.

Die Konsequenzen der neuen Medien und des technischen Wandels wirken sich zunächst auf klassische Bildungsinstitutionen wie Schulen und Universitäten aus, reichen jedoch im Zuge des lebenslangen Lernens bis in den beruflichen

Alltag hinein. Hierbei ist festzustellen, dass Lernen und Arbeiten immer stärker miteinander zusammenwachsen und mittels neuer Technologien verstärkt direkt am Arbeitsplatz nach benötigtem Wissen recherchiert wird, sozusagen „just in time“ gelernt wird. Dank innovativer Technologien wie beispielsweise Cloud-Computing sowie modernster Produkte wie Tablet PCs oder Smartphones wird die Datenverarbeitung zunehmend personalisiert und mobil. Das benötigte Wissen ist sofort abrufbar, da man „Always on“ ist. Nicht zuletzt durch neue Formen der Kollaboration im Web 2.0 unterliegt die Wissensverarbeitung fundamentalen Veränderungen. Demgegenüber steht das persönliche Wissensmanagement vor neuen Herausforderungen. Wie kann das vorhandene Wissen gezielt eingesetzt und verarbeitet werden? Welche Strukturen müssen etabliert werden, so dass jeder seinen Wissensprozess effektiv gestalten kann?

Insbesondere die Frage, wie man qualitativ hochwertige von weniger hochwertigen Inhalten unterscheiden kann, beschäftigt die Forschung im Bereich des Semantischen Web (Weller, 2009). Hierbei wird der Frage nachgegangen, wie schnell relevante Inhalte recherchiert werden können und in welcher Beziehung die Informationen untereinanderstehen, um somit eine Bedeutung und den Kontext der Informationen automatisiert zu erschließen. Es handelt sich somit um eine Erweiterung bzw. Weiterentwicklung des bisherigen Internet, wobei den Daten eine Bedeutung und der entsprechende Kontext hinzugefügt werden. Das Internet versteht gewissermaßen die Zusammenhänge von einzelnen Informationen und kann zusammengetragene Inhalte intelligent verbinden und verarbeiten (ebenda 2009).

Zukünftiges Arbeiten und Lernen wird sich derart verändern, dass intelligente Technologien mehr und mehr den Kompetenzerwerb unterstützen (Ebner u. a., 2011). Dazu bedarf es vernetzten und modern gestalteten Umgebungen, die die Phantasie und Kreativität anregen und die Lernenden motivieren, sich Inhalte selbständig zu erarbeiten. Hierfür werden eine intelligente Suche (Semantic Web) sowie ein unkomplizierter Zugriff auf Präsentations-, Informations- und Recherchemöglichkeiten notwendig. Wenn jedoch die aktuelle Bildungslandschaft betrachtet wird, stellt man fest, dass entgegen aktueller wissenschaftlicher Untersuchungen zur Lehr- und Lernforschung noch immer ein traditionell geprägtes und bereits veraltetes Modell der Kompetenzentwicklung angewendet wird.

Demnach überwiegen deutlich lehrendenzentrierte Vermittlungsstrategien gegenüber einer lernendenzentrierten Lehre (Metz-Göckel, Kamphans & Scholkmann, 2012). Das bedeutet, dass insbesondere traditionelle Lehr- und Lernmethoden eingesetzt werden, die klassischen Frontalunterricht bzw. direkte Unterweisung zur Vermittlung von Wissen einsetzen und wenig abwechslungsreich

gestaltet sind. Um jedoch zukünftigen Herausforderungen in Bezug auf Fachkräftemangel und immer höheren Ansprüchen seitens der Wirtschaft gerecht zu werden sowie um dem Übergang in die Wissensgesellschaft Stand halten zu können, bedarf es innovativer und alternativer Lehr- und Lernformate (am Arbeitsplatz), die bereits den Nachweis einer Wirksamkeit erbracht haben (ebenda, 221).

Dazu gehören mannigfaltig gestaltete Lernsettings, welche den Lernenden unterschiedliche Lernformen je nach pädagogischer Zielsetzung anbieten. Hierbei wird frontale Wissensvermittlung mit Phasen des selbstorganisierten Lernens oder mit (Klein-) Gruppenarbeit kombiniert, die einer eigenständigen und reflexiven Wissensverarbeitung und -verankerung dient. Moderne Lehr- und Lernmethoden wie beispielsweise kollaboratives Lernen, problemorientiertes Lernen, informelles Lernen, selbstgesteuertes Lernen, experimentelles Lernen, arbeitsprozessorientiertes Lernen, projektorientiertes Lernen, kooperatives Lernen, Lernen mit neuen Medien, Lernen durch Lehren, e-Learning, Game-based-Learning, Blended Learning, Mobile Learning etc., können ein derartiges, innovatives Lernarrangement unterstützen.

Hinzu kommen neue Formate wie beispielsweise „Flipped Classroom“, welches auch als „Inverted Classroom Model“ (ICM) bezeichnet wird (Handke & Sperl, 2012). „Flipped Classroom“ steht für einen „vertauschten Unterricht“, da die Lehrenden ihre Vorträge, die sie sonst als Frontalunterricht vortragen, per Screencast-Video aufzeichnen. Es ist ein innovativer Ansatz mit dem Ziel, Lehrveranstaltungen interessanter und interaktiver zu gestalten. Hierbei schauen sich die Lernenden den Vortrag bereits vor der Präsenzveranstaltung an und bereiten schon im Vorfeld spezielle Inhalte auf, die dann gemeinsam „Face2Face“ kollaborativ weiterbearbeitet werden. In der Präsenzveranstaltung bleibt somit ausreichend Zeit, um gemeinsam zu üben, zu diskutieren oder interessante Probleme zu vertiefen. Im Rahmen einer Untersuchung zum Einsatz des Inverted Classroom-Konzepts in einer Mathematikvorlesung der PH Heidelberg bewerteten Studierende das Veranstaltungskonzept überwiegend positiv. Darüber hinaus konnten Anzeichen für Strategien selbstregulierten Lernens aufgezeigt werden (M. Fischer & Spannagel, 2012). Flipped Classroom-Formate eignen sich auch für arbeitsplatzbezogenes Lernen, welches mit „Massive Open Online Courses“

(MOOCs) kombiniert werden kann (vgl. MOOCathon¹, Arbeiten 4.0-MOOC², Leuchtfuehr 4.0-MOOC³).

Die sogenannten MOOCs sind eine spezielle Form von meist kostenlosen, frei zugänglichen Onlinekursen mit einer sehr hohen Teilnehmeranzahl. Im Herbst 2011 startete zum Beispiel im Umfeld der renommierten Stanford University ein MOOC zum Thema „Artificial Intelligence (AI)“, bei welchem 160.000 Teilnehmende angemeldet waren. Die Idee der Open Courses geht auf ein Konzept zurück, das von den kanadischen E-Learning-Experten Stephen Downes und George Siemens eingeführt wurde und eine besondere Form des vernetzten Lernens im Sinne des Konnektivismus darstellt (Bremer, 2013). Kennzeichnend für einen Open Course ist seine offene und dezentrale Infrastruktur, in welcher sich die Lernenden selbst die Ziele vorgeben und Inhalte in Form von Blogbeiträgen, Tweets, Podcasts, Videos, Sketchnotes etc. selbst erarbeiten und beisteuern.

Auf Grundlage der Meta-Analysen von Winteler und Forster (2008) sind positive Effekte zugunsten innovativer gegenüber traditionellen Lehrmethoden festgestellt worden, wobei Innovationen zu signifikanten Verbesserungen der Leistung von Lernenden führen. Auch in Bezug auf konstruktivistische Lernumgebungen belegen empirische Evidenzen, dass diese unter bestimmten Bedingungen das Lernen befördern können (Kyndt et al., 2011; Martin et al., 2003).

Konstruktivistische Lehr- und Lernmethoden beruhen auf der Annahme, dass jedes Individuum ein selbstreferentielles, autopoietisch abgeschlossenes System ist, das sich seine eigene Wirklichkeit konstruiert (Gerstenmaier & Mandl, 2011). Kriterium hierbei ist nicht eine objektive Wahrheit, sondern die subjektive Passung. Der Mensch bildet demnach als Beobachter der Welt diese nicht einfach ab, sondern er konstruiert und erschafft das, was er zu erkennen glaubt. Lernen ist demnach ein Prozess, der durch das lernende Individuum gesteuert wird. Was gelernt wird und wie gelernt wird, entscheidet der Lernende. Entscheidende Merkmale beim Lernen Erwachsener sind demnach, dass Lernprozesse aktivitätsorientiert und vorwiegend selbstgesteuert verlaufen, sich an arbeitsplatznahen Tools orientieren und im Wesentlichen situiert verlaufen. Die Kontextgebundenheit stellt somit ein wichtiges Kriterium beim Lernprozess dar (Gerstenmaier & Mandl, 2011). Im Kontext des situierten und kontextgebundenen

¹<https://colearn.de/steckbrief-cl2025/>

²<https://mooin.oncampus.de/local/ildcourseinfo/index.php?id=oncampus-MOOC-2016-003113>

³<https://mooin.oncampus.de/local/ildcourseinfo/index.php?id=oncampus-MOOC-2017-003090>

Lernens Erwachsener erhält das Internet der Dinge eine besondere Relevanz (vgl. Kapitel 2).

1.2.1 Das Internet der Dinge im Bildungskontext

Nach Kaufmann (2015) beschreibt das Internet der Dinge eine globale Netzwerkinfrastruktur, an die Maschinen und Geräte angeschlossen werden. Ein wichtiges Merkmal des Internet der Dinge sind die sogenannten „Smart Objects“ – diese entstehen dadurch, dass Alltagsgegenstände (Objekte/ Dinge) mit „technischer Intelligenz“ ausgestattet werden. Somit sind die Objekte in der Lage, ihre Umgebung wahrzunehmen und Informationen zu verarbeiten. Diese „technische Intelligenz“ kann sich dabei sehr stark unterscheiden und reicht von einer eher passiven Informationsaufnahme, -speicherung und -verarbeitung bis zur autonomen Durchführung von Aktionen, indem die Dinge auf ihre Umgebung reagieren und mit ihren Nutzer*innen interagieren (Botthof & Bovenschulte, 2009). Technologische Grundlagen sind hier insbesondere Sensorik und Aktorik.

Soweit sensorische Elemente integriert sind, wird häufig auch der Begriff „Umgebungswahrnehmung“ gebraucht, der für unbelebte Objekte oder technische Systeme die Wahrnehmung ihres physischen Kontextes bzw. ihrer realweltlichen Umgebung durch Sensoren beschreiben. In der Informatik werden im Zusammenhang mit derartigen Sensornetzwerken auch die Begriffe „Ambient Intelligence“ (Umgebungsintelligenz) „Pervasive Computing“ (Rechnerdurchdringung) und „Ubiquitous Computing“ (Rechnerallgegenwart) verwendet. Im Zusammenspiel mit der Fähigkeit zu (teil-)autonomen Handeln entsteht aus der „Umgebungswahrnehmung“ die „Umgebungsintelligenz“ („Ambient Intelligence“). In einem „umgebungsintelligenten“ Umfeld kommunizieren untereinander vernetzte Dinge und Systeme, um Menschen in ihrer Alltags- oder Arbeitsumgebung zu unterstützen (Abicht et. al., 2010).

Das Internet der Dinge hält mehr und mehr Einzug in das private und auch das berufliche Leben, wobei technische Geräte und vermehrt auch Alltagsgegenstände mit "technischer Intelligenz" ausgestattet werden. In Bezug zur Bildung bedeutet dies, dass Lernprozesse insgesamt mehr und mehr digitalisiert und Lerninhalte beispielsweise multimodal angezeigt, neue Formen der Verarbeitung angeboten und Lernergebnisse automatisch aufgezeichnet, strukturiert und gespeichert werden, welche dann auch unterwegs oder von zu Hause aus abruf- und bearbeitbar sind.

Übertragen auf den Kontext der oben skizzierten konstruktivistischen Lernformate, bei welchen situatives und aktionsorientiertes Lernen im Fokus steht,

könnten „IoT- Lernsysteme“ kontextbezogene Empfehlungen und Aktionen generieren, die den Lernenden auf Grundlage der aktuellen Situation und der zur Verfügung stehenden Daten, beim Lernen unterstützen.

Nunmehr stellt sich die Frage nach einer didaktisch fundierten Anwendbarkeit auf Lernprozesse. Wie könnte das Internet der Dinge das Lernen didaktisch sinnvoll und effektiv unterstützen? Was bietet diese Technologie, was andere Techniken nicht bieten? Oder noch konkreter, was haben Lernende davon, wenn Objekte untereinander vernetzt sind und Informationen austauschen? Welche Probleme werden durch das Internet der Dinge gelöst? Ein intelligenter Teppichboden könnte beispielsweise im Rahmen von Bildungszwecken zum Klavierspielen und gemeinsamen Musizieren verwendet werden, indem Fußschritte durch eine auf den Teppich aufgedruckte Tastatur aufgezeichnet und mit den darunterliegenden Sensoren sowie einem digitalen Piano gekoppelt werden (vgl. SensFloor®, 2013).

Auswirkungen und Anwendungsmöglichkeiten des Internet der Dinge bzw. intelligenter Systeme wurden bisher insbesondere in den Wirtschaftsbereichen Logistik, Telematik, Gebäudeautomation (SmartHome), industrielle Produktion und Telemedizin untersucht (BMW 2008, BMBF 2007), wobei in erster Linie die Perspektive der Berufsbildungsforschung eingenommen wurde. Ziel dieser Untersuchungen war es, die als Früherkennungsinitiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) durchgeführt wurden, eventuell notwendige Anpassungen der Qualifikationsprofile auf Ebene der Berufsbildung möglichst frühzeitig zu identifizieren, um das Internet der Dinge flächendeckend in Deutschland einsetzen zu können.

Als Co-Autorin einer BMBF-Früherkennungsstudie aus 2010, in welcher Trendqualifikationen im Bereich Internet der Dinge mit Schwerpunkt auf Smart House identifiziert wurden (Abicht et.al., 2010), erweitert die Autorin der vorliegenden Forschungsarbeit o.a. Anwendungsbereiche, indem explizit ein bis dahin unberücksichtigter Bereich, der Bildungsbereich, ins Zentrum des Erkenntnisinteresses gerückt wird. Neben wirtschaftlich ausgerichteten Forschungsinteressen müssen auch Auswirkungen auf soziale Konstrukte untersucht werden. Diese Lücke soll in der vorliegenden Arbeit geschlossen werden.

Im Rahmen einer gestaltungsorientierten Perspektive werden systematisch Auswirkungen und Anwendungsmöglichkeiten des Internet der Dinge im Bildungsbereich erforscht. Wissenschaftlich fundierte Ansätze zur Anwendung des Internets der Dinge auf den Bildungssektor gibt es bisher nicht und befinden sich 2015 zu Beginn der Forschungsarbeit in ersten Diskussionen (Bremer, 2012).

Ausgangspunkt dieser Debatten ist die Aufnahme des Internet der Dinge in den Horizon Report im Jahre 2012 (Johnson, Adams & Cummins, 2012). Der Horizon Report identifiziert und beschreibt Technologien, die voraussichtlich innerhalb der

kommenden fünf Jahre weltweit großen Einfluss auf den Bildungsbereich haben werden. Hier werden nur jene Trends aufgenommen, die ein Schlüsselkriterium für die aktuelle Bildungslandschaft darstellen und über eine eindeutige Relevanz für Lehre, Lernen und kreative Forschung im Hochschulbereich verfügen (ebenda, 39). Als wegweisende Technologien sind im Bericht von 2012 die folgenden identifiziert worden: Mobile Apps, Tablet Computing, Game-basiertes Lernen, Learning Analytics, Gestenbasiertes Computing und das Internet der Dinge, wobei sich der Zeithorizont vom ersten bis zum letztgenannten von ca. ein bis ca. fünf Jahre erstreckt (vgl. Abbildung 1.3).

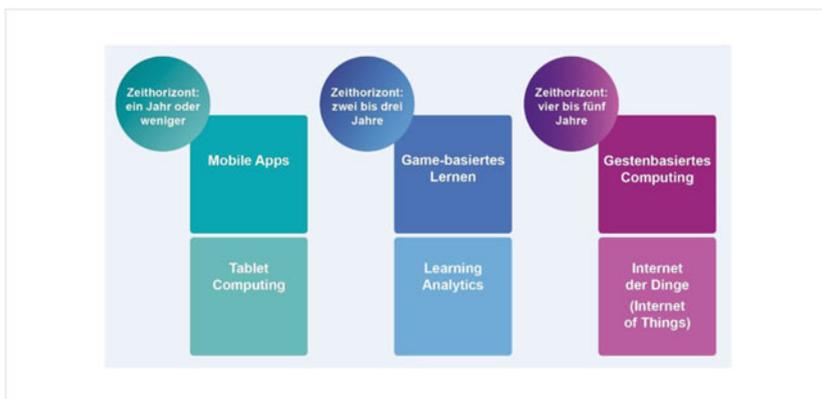


Abbildung 1.3 Technologische Trendentwicklungen des Horizon Reports 2012 (Quelle: Eigene Darstellung)

Weiterführende Diskussionen zur Übertragung des Internet der Dinge auf den Bildungsbereich wurden im Rahmen der Online Veranstaltung OpenCourse 2012⁴ reflektiert. Dort wurden neben den innovativen Möglichkeiten des Lehrens und Lernens auch Aspekte der Datensicherheit bzw. der Risiken von Datenmissbrauch erörtert (Bremer, 2012). Durch das Internet der Dinge ändert sich beispielsweise der Vorlesungssaal rapide: die elektronische Tafel (Smart Board), Videoaufzeichnung mit „social tagging“, Tablets für jeden Lernenden, die eine interaktive Teilnahme an der Vorlesung ermöglichen (Skriptum, Hilfssysteme, Zugriff auf

⁴www.opco12.de

Hintergrundmaterial sowie auf das elektronische Tafelbild) schaffen eine rechnergestützte und intelligente Infrastruktur. Eben genannte Verfahren können bereits heutzutage relativ einfach umgesetzt werden.

Reinmann (2012) nimmt in einem Redemanuskript vom Mai 2012 Stellung zur Thematik Internet der Dinge und formuliert weitergehende Fragen, die sich auf die Auswirkungen der neuen Medien und des Internet der Dinge auf wissenschaftlich fundierte didaktische Modelle in der Lehre beziehen (Reinmann, 2012). Die Autorin plädiert für eine Änderung der Suchrichtung, die bisher beim Einsatz neuer Medien im Bildungsbereich von den innovativen Technologien ausgeht und diese dann in einem nachfolgenden Schritt auf Einsatzmöglichkeiten im Bildungsbereich hin überprüft. Diese Reihenfolge verfolgt auch der Horizon Report. Reinmann (2012) zufolge sollte jedoch die Perspektive dahingehend geändert werden, dass zunächst die Bedarfe oder gar Probleme der Lernenden im Fokus stehen und darauf aufbauend das Internet der Dinge als „Problemlöser“ didaktisch sinnvoll in Bildungsprozesse integriert wird. Somit erhielte die technische Innovation einen Nutzen und diene nicht ausschließlich einem Selbstzweck.

Ein derartiger Perspektivenwechsel wird im vorliegenden Forschungsprojekt aktiv aufgegriffen, indem die Bedürfnisse von lernenden Personen (auch im Sinne eines lebenslangen Lernens in der Arbeitswelt) berücksichtigt und aktuelle Herausforderungen – bezogen auf eine effektive Kompetenzentwicklung – beschrieben werden. Diese sollen dann in einem zweiten Schritt innerhalb intelligenter und hybrider Lernräume aufgelöst werden. Intelligente Technologien erzeugen auf diese Weise einen Mehrwert für Bildungsprozesse, da sie zur Problemlösung für Bildungsanliegen transformiert werden (Kerres, De Witt & Stratmann, 2003).

1.2.2 Untersuchungsgegenstand und Problemstellung

Gegenstandsbereich der Dissertation sind physische Lernräume, welche optimale Möglichkeiten zum lebenslangen Lernen anbieten und sich in den Bereich „Architektur für Erwachsenenbildung“ einordnen lassen. Die Zeitschrift für Erwachsenenbildung widmet dem Thema „Architektur für Erwachsenenbildung“ die gesamte Ausgabe III/2012, in welcher ausgeführt wird, dass Raumkultur auf Lernkultur wirkt und damit Einfluss auf Bildungsmöglichkeiten ausübt (Ludwig, 2012).

Doch obwohl Räumlichkeiten Lehr- und Lernprozesse nachhaltig prägen, kann eine Forschungslücke festgestellt werden, welche sich darin äußert, dass „die

Erwachsenenbildungswissenschaft mit Ausnahmen (Knoll, 1995) kaum eine fundierte Perspektive auf die Thematik“ entwickelt hat (Stang, Dollhausen & Schuldt, 2012, S. 20). Es fehlt an einem wissenschaftlichen Anforderungskatalog für die Architekten und all jene, die mit dem Bau von Bildungsinstitutionen betraut werden.

In der vorliegenden Forschungsarbeit wird der Untersuchungsgegenstand der Lernräume darüber hinaus durch zwei zentrale Attribute erweitert. Diese beziehen sich auf die Adjektive „intelligent“ und „hybrid“. Insofern geht es um eine besondere Art von Lernräumen, die spezifische Eigenschaften besitzen und intelligente sowie hybride Lernformen konstituieren.

Unter hybriden Lernwelten werden Lernszenarios verstanden, in der physische und virtuelle Lernräume miteinander verschmelzen und vielfältigste Lernarrangements miteinander kombiniert werden. Die multiplexen Möglichkeiten, die speziell durch die Nutzung neuer Medien und den Einzug des Web 2.0 auf soziales und gemeinschaftliches Lernen entstehen, müssen auch im Kontext der räumlichen Gestaltung Berücksichtigung finden. Kontextsensitive Technologien wie das Internet der Dinge sind Wegbereiter für die Gestaltung hybrider Lernräume, die ubiquitäre Lernformate ermöglichen. Ubiquitäres Lernen bedeutet, zu jeder Zeit und an jedem Ort lernen zu können, da die Umgebung über „Embedded Systems“ bzw. „Smart Objects“ (vgl. ab Abschnitt 2.1.1.1) verfügt und das Internet der Dinge unsichtbar in die Umgebung bzw. die Architektur integriert ist.

Darüber hinaus erhalten Verfahren aus der Künstlichen Intelligenz wie z. B. Machine Learning eine besondere Relevanz im Hinblick auf „intelligente Lernräume“. Diese konstituieren adaptive Lernformen z. B. mittels integrierter Empfehlungssysteme. Adaptives Lernen bedeutet, dass sich die Lernumgebung bzw. das Lernsystem bei der Darbietung von Lerninhalten und Lernmethoden an den Bedürfnissen der Lernenden orientiert. Grundlage eines adaptiven Lernformates ist die Anwendung von Learning Analytics, wodurch Lernprozess-Daten erhoben, ausgewertet und (semantisch) verknüpft werden können.

Wie im vorhergehenden Abschnitt hergeleitet, rangiert der Untersuchungsgegenstand an der Schnittstelle zwischen Bildungswissenschaften, Informatik und Architektur. Um den Untersuchungsgegenstand „intelligenter und hybrider Lernräume“ differenziert und systematisch erforschen zu können, bedarf es folglich einer Zusammenführung interdisziplinärer Erkenntnisse. Ein derartiger Forschungsansatz beugt einer einseitigen Suchrichtung vor und bündelt gezielt unterschiedliche Anforderungen an Lernräume, indem die interdisziplinären Disziplinen verschränkt werden. Dies beinhaltet einen wissenschaftlichen Diskurs

zum aktuellen Forschungsstand „intelligenter und hybrider Lernräume“ aus unterschiedlichen Perspektiven, der im Rahmen der vorliegenden Dissertation geführt werden soll.

Für die Forschungsarbeit lässt sich darauf aufbauend folgende Problemstellung ableiten:

Zunächst einmal ist die Ausgangsposition und der Forschungsbereich keiner einzigen Fachdisziplin zuzuordnen. Die daraus resultierende Komplexität der Fragestellungen lässt sich nur durch eine Bündelung und Verschränkung unterschiedlicher Fachgebiete auflösen. Wie bereits in Abschnitt 1.2 skizziert, gibt es erste, eher einseitig geführte wissenschaftliche Diskurse, die sich mit der Thematik der Lernräume einerseits und dem Internet der Dinge im Bildungsbereich andererseits beschäftigen. Eine systematische Zusammenführung beider Aspekte wurde bisher nicht unternommen, obwohl sich das Internet der Dinge als eine konvergente Technologie am ehesten auf physische Lernumgebungen abbilden lässt (vgl. Kapitel 2). Dies ist eventuell darauf zurückzuführen, dass interdisziplinäre Forschungsvorhaben eher die Ausnahme darstellen. Zum anderen könnte es auch daran liegen, dass das Technologiekonstrukt Internet der Dinge noch relativ neu und unerforscht ist, so dass nur wenige bis keine theoretischen Grundlagen vorhanden sind, auf denen aufgebaut werden könnte.

Von daher erweitert sich die Problemstellung dahingehend, dass zur Komplexität und Interdisziplinarität des Untersuchungsgegenstandes, die theoretische Basis zunächst noch wissenschaftlich erarbeitet werden muss. Um dies leisten zu können, müssen in einem ersten Schritt Einflussbereiche und Faktoren erforscht und systematisch herausgearbeitet werden, um die Komplexität des Untersuchungsgegenstandes zu reduzieren und einen Beitrag zur theoretischen Fundierung zu leisten. An dieser Stelle offenbart sich eine weitere Herausforderung der Forschungsarbeit. Denn wie können Einflussbereiche und Faktoren erforscht werden, wenn intelligente und hybride Lernräume mit ihren besonderen Eigenschaften noch gar nicht in der Bildungspraxis existent sind?

Um alle aktuell und auch zukünftig verfügbaren Technologien didaktisch sinnvoll für Bildungsprozesse in physischen Lernräumen zu erschließen, müssen bisherige Bildungskonzepte hinterfragt, neu gedacht und auf Basis aktueller Entwicklungen wissenschaftlich fundiert gestaltet werden (Reinmann 2012; Ludwig 2012). Eine ausschließliche Anpassung reicht hier nicht (mehr) aus. Auch eine mehr oder weniger sinnvolle Integration von Technologien in Lehr- und Lernprozesse erschließt nicht ansatzweise das Potenzial, das zur Verfügung steht, um die Bildungsinstitutionen der Zukunft zu gestalten.

Um nachhaltige Bildungsinnovationen zu entwerfen, bedarf es eines interdisziplinären und ganzheitlichen Ansatzes, welcher die Kompetenzen der Bildungswissenschaft, Informatik und Architektur bündelt. Nie zuvor wurden diese Disziplinen unter der Perspektive einer Neugestaltung von physischen Lernräumen zusammengeführt. Dieser Herausforderung widmet sich das vorliegende Dissertationsvorhaben.

1.3 Thematische Verortung und wissenschaftlicher Zugang

Vor dem Hintergrund der digitalen Transformation und dem Einzug neuer Technologien wie dem Internet der Dinge, stehen in der Forschungsarbeit bildungswissenschaftliche Fragestellungen in Bezug zum lebenslangen Lernen am Arbeitsplatz im Mittelpunkt.

Ziel der Untersuchung ist die Entwicklung eines didaktisch fundierten Konzepts zur Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen im betrieblichen Umfeld. Dazu werden Erkenntnisse aus der aktuellen Lehr- und Lernforschung mit Ergebnissen aus der künstlichen Intelligenz sowie der Design- und Lernraumforschung kombiniert. Arbeits- und organisationspsychologische Erfahrungen hinsichtlich soziotechnischer Systeme runden den theoretischen Hintergrund ab. Dementsprechend liegt eine interdisziplinäre Verortung des Untersuchungsbereiches vor, bei welcher schrittweise die einzelnen Teilgebiete pro Fachdisziplin verdichtet werden. Die folgende Grafik veranschaulicht die thematische Verortung und Fokussierung des Untersuchungsgegenstandes (Abbildung 1.4).

Das Internet der Dinge bietet über die bereits einleitend skizzierten Anwendungsbereiche noch komplexere Lernszenarien wie beispielsweise Augmented-Reality-Simulationsumgebungen, die für arbeitsplatzbezogene, situierte Lernformen verwendet werden können und von daher relevant in Bezug zum Untersuchungsgegenstand sind.

Unter Augmented-Reality (AR) versteht man eine Erweiterung der Realität durch Zusatzinformationen, welche in der Regel „just in time“ über das Internet bezogen werden. Diese Zusatzinformationen können alle Sinnesmodalitäten ansprechen. Häufig erfolgt die Ergänzung in Form von erklärenden Texten, Bildern oder auch in Form von vertonten Podcasts und Videos. Mittels Augmented-Reality-Simulationsumgebungen werden völlig neue Lernformen möglich, welche in unterschiedlichsten Disziplinen der Geistes- sowie Naturwissenschaften eingesetzt werden können (Trochim, 2002). Zukünftig kann davon ausgegangen werden, dass Zusatzinformationen über AR-Brillen visualisiert werden können.

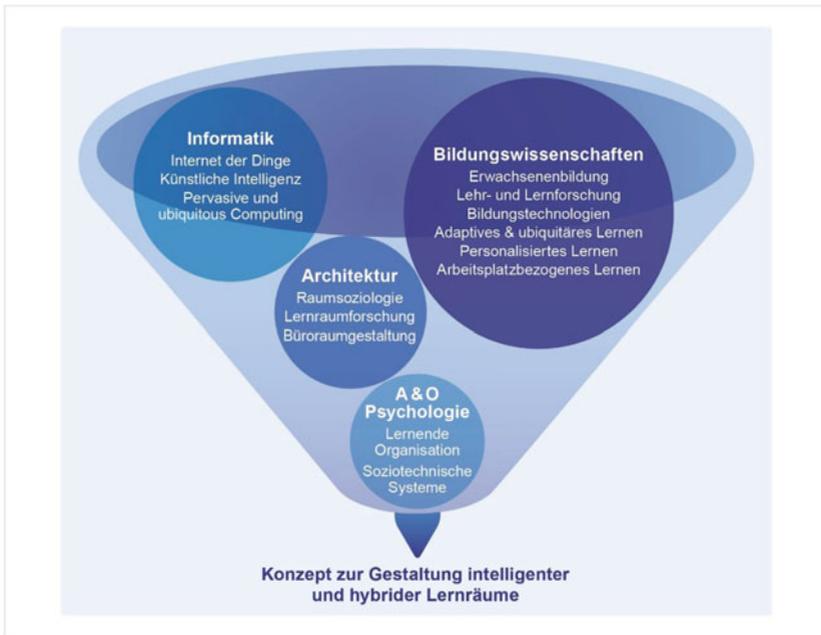


Abbildung 1.4 Interdisziplinärer Forschungszugang (Eigene Darstellung)

Weiterführende Forschungsaktivitäten gehen in Richtung virtueller Realitäten (VR) oder gemischter Realitäten (Mixed Reality), die derzeit beispielsweise mit HoloLens von Microsoft prototypisch entwickelt werden. Mit Holoportation kann ein Hologramm einer Person (oder eines Gegenstandes) live an einen anderen Ort in 3D und mit Sound wiedergegeben werden. Die entsprechende Person wird dabei an ihrem Aufenthaltsort durch eine große Anzahl an 3D-Kameras samt Mikrofonen aufgenommen. Die Daten werden komprimiert an den Ort übertragen, an dem sich der/ die HoloLens-Nutzer*in befindet, der/die über die Datenbrille das aus den Daten rekonstruierte Live-Hologramm sieht und mit der virtuellen Person auch sprechen kann. Laut Microsoft wird es mit dieser Technik möglich, selbst mit weit entfernten Personen so natürlich zu interagieren und zu sprechen, als befänden sie sich im gleichen Raum.

Rasante Weiterentwicklungen im Bereich der AR- und VR-Brillen haben in den letzten Monaten dazu geführt, dass sich selbst Endanwender derartiges Equipment leisten können. Eine „Low Budget“ Google-Cardboard-Brille ist im

Versandhandel bereits unter 10 Euro erhältlich. Mit dieser können VR-Videos mit dem eigenen Smartphone abgespielt werden.

Nichtsdestotrotz werden Anwendungsmöglichkeiten von Augmented-Reality und Virtual-Reality für die Forschungsarbeit explizit ausgeklammert, da dies den Rahmen der Arbeit überfrachten würde. Der Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit ist bewusst auf physische Lernräume fokussiert, da diese im Gegensatz zu virtuellen bzw. Online Umgebungen weniger stark im Fokus der wissenschaftlichen Untersuchungen stehen.

1.4 Zielsetzung

Trotz wachsenden Interesses ist der Stand der Forschung zum Internet der Dinge wie auch zu physischen Lernräumen und erst recht in deren Kombination lückenhaft. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es daher, ein aktuelles Bild über Anwendungsmöglichkeiten des IoT für arbeitsplatzbezogenes Lernen in physischen Lernräumen zu zeichnen. Als Zielgruppe werden Bildungsverantwortliche in Unternehmen adressiert, die informelles und formales Lernen bzw. physische und digitale Lernräume verbinden möchten und gleichzeitig das Lernerlebnis durch innovative Technologien intensivieren sowie abwechslungsreich gestalten möchten. Das zu entwickelnde Konzept richtet sich an die betriebliche Weiterbildung mit einem Fokus auf sogenannte Wissensarbeiter*innen aus dem europäischen Kulturkreis.

Ein Großteil der bisherigen Studien zu IoT beschränkt sich auf die marktgerichtete Nutzung von IoT-Produkten und -Services und betrachtet in erster Linie Qualifikationserfordernisse, um den Wirtschaftsstandort Deutschland zu sichern. Darüber hinaus werden überwiegend die Handlungsfelder Logistik, Produktion und SmartHome adressiert. Demgegenüber ist eine bildungstechnologische, gestaltungsorientierte und organisationsinterne Nutzung des IoT in Form von intelligenten und hybriden Lernräumen bisher nur wenig bis gar nicht erforscht. Die meisten Veröffentlichungen zum Internet der Dinge sind zudem sachlogischer Natur und orientieren sich an informationstechnischen Grundlagen.

Didaktisch sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten des Internet der Dinge auf Lehr und Lernprozesse in physischen Lernräumen wurden bisher nicht untersucht. Betrachtet man die Tatsache, dass es sich beim Internet der Dinge und erst recht bei der Übertragung des IoT auf Lehr- und Lernprozesse in Lernräumen um einen jungen, komplexen und interdisziplinären Forschungsgegenstand handelt, verwundert dies nicht.

Wie und wofür das Internet der Dinge von Lehrenden und Lernenden letztendlich genutzt werden kann, bleibt in der wissenschaftlichen Literatur unklar, ebenso wie die Einflussfaktoren, die einen intelligenten und hybriden Lernraum auszeichnen.

Die vorhergehenden grob skizzierten Forschungslücken, welche auf Basis einer umfassenden Literaturrecherche in Kapitel 2 und 3 genauer hergeleitet werden, spiegeln sich in den folgenden Forschungsfragen wider, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung beantwortet werden sollen. Die Forschungsfrage 1 hat insgesamt vier Unterfragen. Die Forschungsfrage 2 beinhaltet zwei Unterfragen:

Forschungsfrage F1: Welche neuen Lehr- und Lernformate entstehen durch das Internet der Dinge?

Forschungsfrage F1.1: Wie können Lernprozesse durch das Internet der Dinge unterstützt werden?

Forschungsfrage F1.2: Welche charakteristischen Einflussbereiche zeichnen intelligente und hybride Lernräume aus?

Forschungsfrage F1.3: Welche Erfolgsfaktoren müssen bei einer Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen berücksichtigt werden?

Forschungsfrage F1.4: Wie könnte ein didaktisch fundiertes Modell zur Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen aussehen?

Forschungsfrage F2: Wie kann der Lernraum die darin stattfindenden Lernprozesse unterstützen?

Forschungsfrage F2.1: Wie kann eine lernförderliche Raumatmosphäre erzeugt werden?

Forschungsfrage F2.2: Welche Anforderungen an die Gestaltung von Lernräumen gibt es?

Mit Hilfe eines umfassenden Literature Reviews sowie einer mehrstufigen, triangulativen Studie in Form eines Fokusgruppen-Workshops, halbstandardisierter Experteninterviews sowie vollstandardisierter Fragebögen sollen die Forschungsfragen beantwortet werden. Quantitative Methoden kommen bei der Beantwortung der Forschungsfragen F1.2 und F1.3 zum Einsatz (vgl. Abschnitt 3.5).

Das forschungsleitende Ziel der Arbeit ist es, den Untersuchungsgegenstand durch Anwendung des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse systematisch und explorativ zu erforschen. Entsprechend erfolgt in einem ersten Schritt eine Annäherung an den Gegenstand über eine zielgerichtete Literaturanalyse angrenzender Disziplinen (vgl. Kapitel 2). In einem zweiten Schritt werden die aus der Theorie abgeleiteten Erkenntnisse in einem Modell zur Gestaltung intelligenter und hybrider Lernräume verdichtet, um dieses dann mittels Experteninterviews zu validieren und auf Grundlage der Expertenmeinungen zu konkretisieren.

Darauf aufbauend wird der deskriptive Ansatz im Sinne eines anwendungsorientierten Gestaltungsprozesses erweitert mit dem Ziel, ein wissenschaftlich fundiertes Konzept zu entwickeln, das Organisationen mit konkreten Handlungsempfehlungen und Werkzeugen schrittweise bei der Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen unterstützt. Demnach liegt der Arbeit eine gestaltungs- und handlungsorientierte Sichtweise zugrunde.

Das zu entwickelnde Konzept basiert auf einem interdisziplinären Diskurs zum Thema intelligenter und hybrider Lernräume und leitet darauf aufbauend relevante Erfolgsfaktoren ab, die in einem ersten Modell gebündelt werden. Nach einer Validierung wird das erste Modell zu einem Framework erweitert, das Aufschluss über Wechselwirkungen zwischen den Faktoren liefert und als Analyse- und Planungswerkzeug ausgearbeitet wird. Handlungsempfehlungen zum methodischen Vorgehen in Form von Design Sprints, die eine auf dem Framework aufbauende SLE-Produktentwicklung ermöglichen, runden das Konzept inhaltlich ab.

Die folgende Grafik (vgl. Abbildung 1.5) verdeutlicht den gestaltungsorientierten Forschungsansatz und die einzelnen Bestandteile des zu entwickelnden Konzeptes:

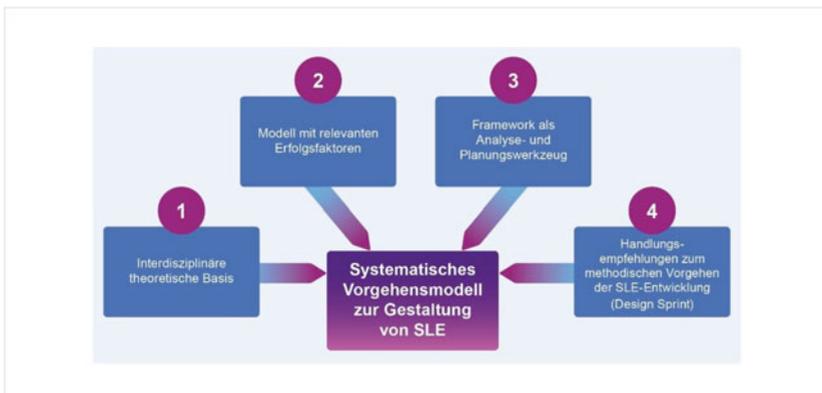


Abbildung 1.5 Forschungsleitendes Ziel (Eigene Darstellung)

1.5 Aufbau der Forschungsarbeit

Die vorliegende Untersuchung gliedert sich in vier Kapitel (vgl. Abbildung 1.6), die inhaltlich und methodisch aufeinander aufbauen. Kapitel 1 hat einleitend einen Überblick über die Motivation und Zielsetzung der Forschungsarbeit gegeben und eine theoretisch-thematische Einordnung des Untersuchungsgegenstandes vorgenommen. Das Forschungsobjekt, der Forschungskontext sowie die Forschungsrichtung werden in Kapitel 2 eingeführt und Grundlagen zu den Themengebieten intelligenter und hybrider Lernräume, Internet der Dinge und Lernen am Arbeitsplatz erläutert. Zudem werden Begriffe dekonstruiert, definiert und abgegrenzt. Der aktuelle Forschungsstand zu intelligenten und hybriden Lernräumen (Smart Learning Environments) beendet Kapitel 2 in Form einer theoretischen Synthese, wobei die intensive Literaturanalyse der Herleitung von Forschungslücken dient. Basierend auf diesen theoretischen Grundlagen wird in Kapitel 3 das methodische Vorgehen dargestellt. Nach einer wissenschaftstheoretischen Einleitung wird das Modellierungsverfahren mit den identifizierten Einflussbereichen und Faktoren vorgestellt, die bei der Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen zu berücksichtigen sind.



Abbildung 1.6 Aufbau der Forschungsarbeit (Eigene Darstellung)

Alle identifizierten Faktoren werden in einem hypothetischen Modell zusammengeführt, welches ein Suchraster für die sich anschließende qualitative Interviewstudie darstellt. Es werden Modellierungsverfahren verglichen und erläutert sowie der eigene Modellentwurf vorgestellt. Der darauffolgende Abschnitt beschreibt die Forschungsmethodik, die eingesetzten Instrumente zur Datenerhebung, die Vorbereitung und Durchführung der Studie sowie die Auswertung der empirischen Daten. Kapitel 3 schließt mit der Darstellung der Ergebnisse, die im letzten Kapitel in ein umfassendes Konzept für die Praxis überführt werden. Die Ergebnisse der Forschungsarbeit werden abschließend in Kapitel 4 zusammenfassend betrachtet, kritisch diskutiert und die Forschungsfragen beantwortet. Weiterhin werden Limitationen der Studien aufgezeigt und beurteilt. Im Rahmen einer Schlussbetrachtung wird der theoretische Erkenntnisgewinn erörtert und ein Ausblick auf zukünftige Forschungsthemen gegeben.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.





Interdisziplinäre Grundlagen aus Pädagogik, Informatik und Architektur

2

Die vorliegende Arbeit behandelt die Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen durch Anwendung des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse. Um den Forschungskontext zu fokussieren, konzentriert sich die Untersuchung auf den Anwendungsbereich der betrieblichen Weiterbildung mit einem Schwerpunkt auf arbeitsplatzbezogenes Lernen.

Die gestaltungsorientierte Bildungsforschung bildet die theoretische Untermauerung der Arbeit. Das vorliegende Kapitel soll die inhaltlichen Grundlagen für die hierauf aufbauenden Teile der Untersuchung legen. Im Folgenden werden daher Forschungsobjekt, Forschungskontext sowie die angewendete Theorie begrifflich dekonstruiert sowie die grundlegenden theoretischen Bezüge untereinander herausgearbeitet.

Zunächst wird im Unterkapitel 2.1 ein aktueller Stand der Weiterbildungsforschung rezipiert, um darauf aufbauend auf das arbeitsplatzbezogene Lernen als eine spezifische Ausprägung von Lehr- und Lernprozessen in Organisationen zu fokussieren. Dabei wird das arbeitsplatzbezogene Lernen als Begriff und als Gegenstand der Forschung erläutert. Im Anschluss daran werden verschiedene Ansätze und theoretische Hintergründe des arbeitsplatzbezogenen Lernens dargestellt und im Kontext eines persönlichen Wissensmanagements mittels persönlicher Lernumgebungen beleuchtet. Dabei werden auch relevante Mischformen des Lernens wie informelles, formales, selbstgesteuertes, kollaboratives und lebenslanges Lernen betrachtet und schließlich mit den Anforderungen an adaptive und ubiquitäre Lernsettings innerhalb intelligenter und hybrider Lernräume verbunden.

In Abschnitt 2.2 erfolgt eine differenzierte Erörterung des Begriffes Internet der Dinge, wobei auf die Historie und Besonderheiten verwiesen werden. Weiterhin wird auf die verschiedenen Anwendungsfelder des Internet der Dinge eingegangen und eine Erweiterung auf den Bildungskontext diskutiert.

Hierauf basierend führt Unterkapitel 2.3 Lernräume als Forschungsgegenstand der vorliegenden Arbeit ein. Hierbei werden raumsoziologische Grundlagen zunächst in einem theoretischen Rahmen dargestellt und die Konzepte intelligenter und hybrider Lernräume auf Basis der vorhergehenden Abschnitte hergeleitet, dekonstruiert und begrifflich wie inhaltlich zunächst abgegrenzt und letztlich miteinander verwoben. Anschließend folgt ein Überblick verschiedener Büroraumgestaltungskonzepte, die im Sinne intelligenter und hybrider Lernräume mit smarten Applikationen angereichert werden. In diesem Zusammenhang werden Funktionalitäten und mögliche Einsatzfelder intelligenter Lernräume skizziert und die Brücke zum arbeitsplatzbezogenem Lernen geschlagen. Aufgrund der noch jungen Entwicklungsgeschichte des Technologiekonstruktes Internet der Dinge bzw. intelligenter und hybrider Lernräume wird in Abschnitt 2.3.4 das Thema Datenschutz und Datensicherheit thematisiert und in einen bildungstechnologischen Zusammenhang gebracht.

Abschnitt 2.4 synthetisiert den interdisziplinären Forschungsstand in der Einführung des Begriffes „Smart Learning Environments“ und argumentiert, welchen Zusammenhang es zum Internet der Dinge gibt. Schließlich wird in Unterkapitel 2.4.1 begründet, warum im Folgenden Smart Learning Environments als Forschungsgegenstand der Arbeit zu betrachten sind. Darauf aufbauend folgt die Darstellung der Forschungslücken.

Das Kapitel schließt in 2.5 mit einer aus den Grundlagen abgeleiteten Diskussion zum Untersuchungsgegenstand intelligenter und hybrider Lernräume und formuliert zusammenfassend Herausforderung sowie Konsequenzen, die sich hieraus für das Forschungsdesign der interdisziplinären Arbeit ergeben.

2.1 Empirische Weiterbildungsforchung

Lehr- und Lernprozesse nehmen eine zentrale Rolle in der vorliegenden Arbeit ein. Um eine fundierte bildungswissenschaftliche Grundlage für die nachkommenden Kapitel zu entwickeln, werden in den folgenden Abschnitten aktuelle empirische Befunde aus der Lehr- und Lernforschung der Erwachsenenbildung (Weiterbildungsforschung) diskutiert und relevante theoretische Bezüge zur Forschungsarbeit abgeleitet. Ergänzt werden die Befunde der Weiterbildungsforschung durch Erkenntnisse aus angrenzenden Disziplinen, wie beispielsweise der pädagogischen Psychologie oder der Neurowissenschaften.

Da sich die Forschungsarbeit im Speziellen auf arbeitsplatzbezogenes Lernen fokussiert, werden in einem finalen Schritt Anforderungen an die Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen destilliert und systematisch in einem direkten Bezug

zu formalen Lehrprozessen der betrieblichen Weiterbildung sowie in Bezug zum Lernen am Arbeitsplatz betrachtet. Normative und konzeptionelle Annahmen werden zusammen mit den empirischen Befunden der Lehr- und Lernforschung expliziert und bilden eine theoretische Rahmung für die Forschungsarbeit. Dabei soll zunächst der Begriff des arbeitsplatzbezogenen Lernens in seiner Bedeutung dekonstruiert und Bezüge zu anderen Lernformen hergestellt werden. Darüber hinaus werden unterschiedliche Ausprägungen und Rahmenbedingungen sowie Befunde zum arbeitsplatzbezogenen Lernen aus Perspektive der empirischen Lernforschung dargestellt, um konzeptionelle Annahmen zu stützen und eine fundierte theoretische Grundlage für die folgenden Kapitel zu konstituieren.

2.1.1 Erwachsenenpädagogische Einordnung

In der Erwachsenenbildung als Teildisziplin der Erziehungswissenschaft gibt es drei anerkannte Lerntheorien, die Erklärungsmodelle für das menschliche Lehren und Lernen liefern.

Der Behaviorismus nach Thorndike, Watson, Skinner und Pawlow verfolgt dabei den Ansatz der klassischen/operanten Konditionierung, bei welchem Lernen als Ergebnis aus Stimulus und Response hervorgerufen wird. Die Lernenden selbst werden dabei aus behavioristischer Perspektive als Black-Box betrachtet.

In Abgrenzung zum Behaviorismus stehen beim theoretischen Ansatz des Kognitivismus nach Bruner, Lewin und Piaget, die individuellen Informationsverarbeitungsprozesse der Lernenden im Mittelpunkt. Darin wird der Mensch als abgeschlossenes, informationsverarbeitendes System betrachtet, das Informationen kodiert, speichert, transformiert und abrufen. Dieser Paradigmenwechsel wurde durch die kognitive Wende ausgelöst. Kognitivistische Lerntheorien gehen davon aus, dass Lernen durch komplexe innere Prozesse beeinflusst wird, die zwischen Reiz und Reaktion liegen. Aus kognitivistischer Perspektive sind die Lernenden selbstgesteuerte Wesen, die durch kognitive Denk- und Verstehensprozesse lernen. Das Gehirn steht dabei in Wechselwirkung mit der Umwelt, das bedeutet, dass Lernende neue Informationen unter Einbeziehung bereits vorhandener Informationen verarbeiten und in ein organisiertes Netz vorhandenen Wissens einbinden.

Der Konstruktivismus vertritt den lerntheoretischen Ansatz, dass sich Lernende im Lernprozess eine individuelle Repräsentation der Welt erschaffen und es eine objektive Wahrheit über die Welt nicht gibt. Im Mittelpunkt steht das Konstruieren, Rekonstruieren und Dekonstruieren der Umwelt. Diese Prozesse

sind unmittelbar an die Handlungen und vorherigen Erfahrungen der Lernenden geknüpft, insofern ist Lernen immer vom Subjekt selbst anhängig. Aus konstruktivistischer Perspektive ist Lernen am effektivsten, wenn die Lernenden ihren Lernprozess umfassend selbst steuern. Allerdings setzt dies eine spezifische Methodenkompetenz voraus. Insofern werden Lernarrangements befürwortet, in denen die Aneignung von Methodenkompetenzen im Mittelpunkt stehen und die Lehrenden nicht nur als Wissensvermittler, sondern eher als Lernprozessberater fungieren. Die Lehrenden sollen sich bei konstruktiven Methoden eher im Hintergrund halten, Lernangebote im Sinne einer Ermöglichungsdidaktik schaffen, Wissensquellen bereitstellen, den Lernprozess beobachten und unterstützen. Vor allem in der Erwachsenen- und Weiterbildungsforschung sind konstruktivistische Modelle nach Arnold und Siebert etabliert (u. a. Arnold, 2005). Nuisl spricht in diesem Zusammenhang von einer „Ubiquität des Konstruktivismusmodells in praktisch allen pädagogischen Zusammenhängen“ (Nuisl, 2006 S. 219).

Aufbauend auf die genannten Hauptströmungen gibt es zahlreiche weitere theoretische Ansätze wie z. B. die Information Processing Theory (Miller, 1956) oder die Cognitive Load Theory (Sweller, 1988), die auf begrenzte Fähigkeiten des Kurzzeitgedächtnisses hinweisen oder die Multimedia Learning Theory (Moreno & Mayer, 2000), die die Stimulierung unterschiedlicher Sinne durch abwechslungsreiche Lernmethoden hervorhebt. Darüber hinaus gibt es diverse sozial konstruktivistische Ansätze, die das Lernen in situieren und authentischen Kontexten (Lave & Wenger, 1991) oder auch die Anwendung des Gelernten sowie die Reflexion der Lerninhalte (Schön, 1987) in den Mittelpunkt der didaktischen Konzeption stellen. Ziel eines didaktisch fundierten Lernarrangements ist es, Zugang zu den Lernenden zu schaffen und somit Motivation, Wille und Aufmerksamkeit zum (selbstorganisierten) Lernen zu fördern (Meueler, 1994), welche als Grundvoraussetzungen erfolgreichen Lernens betrachtet werden können.

Moderne, erwachsenenpädagogische Ansätze vertreten die Auffassung, dass situative, explorative und kollaborative Lernmethoden besonders geeignet sind, um einerseits Methodenkompetenzen zu fördern und andererseits formales und informelles Lernen zu verknüpfen (Schön & Döring, 2011; Specht, Ebner & Löcker, 2013). Die Ausrichtung erwachsenenpädagogischer, didaktischer Modelle lassen einen deutlichen Wandel hin zu kompetenzorientierten Konzepten erkennen.

Dabei wird betont, dass Kompetenzen nicht vermittelt werden können und sich nur über aktive Handlungen aufbauen lassen. Das erfordert selbstgesteuertes Lernen – und damit ein ganz anderes Lernsetting, als wir es aus üblichen Weiterbildungsveranstaltungen mit lehrendenzentrierten Methoden des Frontalunterrichts kennen. Hierfür wird eine Lernumgebung benötigt, die selbstorganisiertes

Lernen und Handeln am Arbeitsplatz ermöglicht und die Rolle der Lehrenden von Wissensvermittlern hin zu Lernbegleitern transformiert. Beim Einsatz selbstgesteuerter Lernkonzepte kann darüber hinaus dem relevanten Kriterium der individuellen Passung zwischen Lernstil, Lerntempo, Lerninhalten und Lernmethoden am ehesten entsprochen werden, da die Lernenden den Prozess des Lernens selbst steuern und dieser nicht von außen vorgegeben wird.

Die vorliegende Forschungsarbeit baut überwiegend auf einer konstruktivistischen Lerntheorie auf, wobei auch weitere Ansätze in die theoretische Fundierung einfließen. Das problemorientierte Lernen integriert beispielsweise den kognitivistischen und den situierten (konstruktivistischen) Ansatz, in dem die Instruktionsprozesse des Lehrenden wie auch die Konstruktionsprozesse des Lernenden thematisiert werden (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1997/2001). Die Balance zwischen Instruktion und Konstruktion in Abhängigkeit von den Lernvoraussetzungen und dem Lerngegenstand stellt entsprechend die zentrale Forderung dar.

Unter Berücksichtigung der eben genannten theoretischen Hauptströmungen und Annahmen wird im Folgenden das Konzept des arbeitsplatzbezogenen Lernens dargestellt und mit Befunden aus der empirischen Lehr- und Lernforschung untermauert. In der Folge werden die extrahierten „Erfolgskriterien“ aus der Lehr- und Lernforschung gebündelt und in ein Modell zur Gestaltung intelligenter und hybrider Lernräume überführt (vgl. Abschnitt 3.4).

2.1.2 Arbeitsplatzbezogenes Lernen

Um sich dem Begriff des arbeitsplatzbezogenen Lernens systematisch zu nähern, muss man zunächst den Begriff „Lernen“ an sich beleuchten und in seiner vielschichtigen Bedeutung erschließen. Wissenschaftliche Publikationen zur Lehr- und Lernforschung gibt es viele, eine allgemeingültige Definition des Lernens jedoch nicht. Das mag zum Teil darin begründet sein, dass es unterschiedliche Forschungszugänge (Erwachsenenbildung, Pädagogische Psychologie, Soziologie, Neurowissenschaften) gibt, die mit ihren jeweils spezifischen Perspektiven und mit ihren unterschiedlichen Fragestellungen das Lernen Erwachsener erforschen. Dies zeigt sich auch in einer inflationären Verwendung von Begriffen wie „lebenslanges Lernen“, „Lerngesellschaft“, „lernende Organisation“ oder „lernende Region“ (Siebert, 2006). Darüber hinaus existieren etliche verschiedene Lernarten und Begriffsbestimmungen sowie unzählige Abhandlungen zu modifizierten Lerntheorien und Lernansätzen.

Sofern man die Perspektive auf internationale Literatur erweitert, scheinen noch mehr Lernbegriffe, Lernkombinationen, Bedeutungen und Zusammenhänge zu existieren, die seit 2012 in der Encyclopedia of Sciences of Learning aufgeführt und differenziert beschrieben werden. Diese Enzyklopädie umfasst über 4000 Einträge zu unterschiedlichen Lernformen und Lernbegriffen und beschreibt deren Herkunft, Definition sowie theoretischen Hintergrund. Darüber hinaus verweist die Enzyklopädie auf synonym verwendete Lernbegriffe (Seel, 2012).

Eine systematische Auseinandersetzung mit dem Begriff des arbeitsplatzbezogenen Lernens scheint daher ratsam und notwendig, gerade weil es kaum differenzierte und direkte Anknüpfungspunkte aus der empirischen Lehr- und Lernforschung gibt. Verstärkt wird diese begriffliche Unsicherheit durch die derzeit allseits beliebten „4.0“-Verwendungen, welche auch im Bildungsbereich (Lernen 4.0, Arbeiten 4.0, Bildung 4.0 etc.) angekommen und beinahe willkürlich gewählt werden, ohne dass die konkrete Bedeutung expliziert würde. Die Fülle an Lernbegriffen führt auch dazu, dass eine Abgrenzung untereinander schwerfällt und die Grenzen gleichsam fließend erscheinen. Die Terminologie der Lehr- und Lernforschung stellt sich insgesamt als höchst divers dar.

Siebert konstatiert entsprechend, dass es sich bei der Lehr- und Lernforschung um ein unübersichtliches Feld handelt (Siebert, 2006). Dennoch soll im weiteren Verlauf des Kapitels der Versuch einer systematischen Dekonstruktion unternommen werden, indem zunächst allgemeine Charakteristika zum Lernen Erwachsener erörtert und diese schließlich mit arbeitsplatzbezogenem Lernen in Beziehung gesetzt werden.

2.1.2.1 Befunde aus der Lehr- und Lernforschung

In seinem Aufsatz zum Lernen Erwachsener, in welchem Ekkehard Nuisl als renommierter Professor für Erwachsenenbildung empirische Befunde aus unterschiedlichen Disziplinen bündelt, verweist er zwar auf unterschiedliche Perspektiven im Forschungsfeld, synthetisiert jedoch sechs Kernbereiche, in dessen Zusammenhängen und Bezügen Lernen grundsätzlich stattfindet (2006):

1. Gedächtnis
2. Inhalt
3. Erfahrung
4. Situation
5. Erfolg
6. Strategien

Der Autor kann o. a. Kernbereiche des Lernens aus einem systematischen Vergleich unterschiedlicher Definitionen von „Lernen“ aus den Disziplinen Psychologie, Neurowissenschaften, Erwachsenenbildung und Erziehungswissenschaften schlüssig herleiten, wobei er darauf verweist, dass dazu „belastbare empirische Erkenntnisse von bemerkenswerter Reichweite“ vorliegen (ebenda, S. 219).

Aufbauend auf diesen Kernbereichen lassen sich differenziertere Aussagen zu Prozessen des Lehrens und Lernens zusammenfassen, die auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse folgende Fragen beantworten:

- Aus welchen Gründen wird gelernt?
- Mittels welcher Aktivitäten wird gelernt?
- Wie wird das Gelernte behalten?
- In welchen Kontexten wird gelernt?
- Welche Inhalte werden gelernt?
- Wann ist Lernen erfolgreich?

Zunächst einmal geht der Autor darauf ein, dass Lernen ein höchst individuelles, biographisches Konstrukt darstellt, das in einer prozesshaften Tätigkeit ausgeführt wird. Als beispielhafte Prozesse führt er Klassifizierung, Kategorisierung, Neugruppierung oder Zugriffsmöglichkeiten auf, die für das Lernen charakteristisch sind. Lernen vollzieht sich demnach auf einer ersten Dimension, die durch interne Prozesse gekennzeichnet ist. Darüber hinaus beschreibt Nuissl eine zweite Dimension, welche durch außen sichtbare Aktivitäten gekennzeichnet ist, die diese inneren Prozesse anregen und steuern.

Demnach ist Lernen nicht als subjektiv isolierter oder isolierbaren Forschungsgegenstand vorfindbar. Lernen ist situiert und geschieht immer in untrennbarer und lebendiger Verflochtenheit mit anderen Tätigkeiten, Situationen und sozialen Konstrukten. Die Erforschung von Anlässen und Bedingungen, von Strukturen und Prozessen, von Wirkungen und Ergebnissen des Lernens in unterschiedlichen lebensweltlichen und institutionellen Kontexten ist grundlegend und konstitutiv für Theorie und Praxis der Erwachsenenbildung.

In diesem Zusammenhang der sozialen Verschränkung von Lernprozessen führen Reinmann-Rothmeier und Mandl (2001) aus der konstruktivistischen Perspektive sechs zentrale Prozessmerkmale für das Lernen auf (2001):

1. Lernen ist ein *aktiver* Konstruktionsprozess. Wissen kann nur über eine selbstständige und eigenaktive Beteiligung des Lernenden am Lernprozess erworben werden.

2. Lernen ist ein *konstruktiver* Prozess. Wissen kann nur erworben und genutzt werden, wenn es in die bereits vorhandenen Wissensstrukturen eingebaut und auf der Basis individueller Erfahrungen interpretiert werden kann.
3. Lernen ist ein *emotionaler* Prozess. Für den Wissenserwerb ist es zentral, dass die Lernenden während des Lernprozesses positive Emotionen, wie Freude, empfinden. Vor allem Angst und Stress erweisen sich für das Lernen als hinderlich.
4. Lernen ist ein *selbstgesteuerter* Prozess. Die Auseinandersetzung mit einem Inhaltsbereich erfordert die Kontrolle und Überwachung des eigenen Lernprozesses durch den Lernenden.
5. Lernen ist ein *sozialer* Prozess. Der Erwerb von Wissen geschieht in der Interaktion mit anderen.
6. Lernen ist ein *situativer* Prozess. Wissen weist stets situative und kontextuelle Bezüge auf; der Erwerb von Wissen ist an einen spezifischen Kontext oder an eine Situation gebunden. So findet Lernen immer im Rahmen einer bestimmten Lernumgebung statt, die für den Erwerb zentraler Kompetenzen ausschlaggebend ist.

Auf Basis eines situativen, problembasierten Lernansatzes formulieren Mandl, Kopp & Dvorak (2004) Kriterien für die Gestaltung einer effektiven Lernumgebung. Die vier Designprinzipien für die Gestaltung von Lernumgebungen berücksichtigen das Vorwissen des Lernenden, den Gegenstandsbereich, die Bewertung des Lernprozesses und die Einbettung desselben in eine Community:

1. Effektive Lernumgebungen sind wissenszentriert
2. Effektive Lernumgebungen sind lernerzentriert
3. Effektive Lernumgebungen sind bewertungszentriert
4. Effektive Lernumgebungen sind Community-zentriert

Darauf aufbauend formuliert Nuissl (2006) eine dritte Dimension des Lernens, die er aus einer erwachsenenpädagogischen Definition des Lernbegriffes ableitet:

„Lernen ist ein Prozess der relativ dauerhaften Änderung von Verhaltensmöglichkeiten aufgrund von Erfahrungen.“ (Schrader & Berzbach, 2005, S. 2–3).

Lernen hat demnach auch eine Konsequenz, es führt zu einem neuen Verhalten bzw. erweitert den Handlungsspielraum. Diese Dimension spiegelt sich insbesondere in den Diskussionen um eine Kompetenzentwicklung der Beschäftigten

wieder, die über reine Wissensvermittlung hinaus gehen muss (Erpenbeck & Sauter, 2015).

Konzepte des handlungsbezogenen bzw. arbeitsplatzbezogenen Lernens („Learning-by-doing“) gehören entwicklungsgeschichtlich sicher zu den ältesten Lehr- und Lernkonzepten überhaupt. In der wissenschaftlichen Diskussion gilt John Dewey (1859–1952) als ein wesentlicher Begründer dieses Ansatzes. Dewey verwendet den Begriff bereits in „Schools of Tomorrow“ (Dewey & Dewey, 1962), aber auch in „Democracy and Education“ (Dewey, 1916). Lernen muss nach Ansicht von Dewey auf Erfahrung aufgebaut sein. Lernende sollen in einer Lernumwelt experimentieren und dabei selbst die Realität entdecken. Kooperation ist wichtig, nicht nur mit Mitlernenden. Auch dem Lehrer kommt dabei eher die Rolle eines Begleiters als eines Bevormundenden zu, der schon alles weiß. Für Dewey ist der Mensch ein aktives Wesen und ist damit konstruktivistischen Sichtweisen ähnlich. Erkenntnis muss in Handlungsvollzüge eingebettet sein, am besten in der Form eines realen Projekts. Darunter versteht Dewey ein umfangreiches Arbeitsvorhaben, bei dem eine reale Lebensaufgabe von praktischer Bedeutung für das Gemeinschaftsleben bewältigt wird, und zwar so, dass am Ende ein sinnhaft greifbares, praktisch brauchbares Ergebnis steht.

Die Relevanz eines konkreten Handlungsbezugs spiegelt sich auch in den regelmäßig geführten ROI-Debatten von Qualifizierungsmaßnahmen der heutigen Zeit wider, bei welcher die Finanzierung von Weiterbildung auch bestimmte Ziele erfüllen muss. Zur Wirksamkeitsforschung wird abschließend in diesem Unterkapitel näher eingegangen.

Nuissl (2006) komplettiert die Lern-Dimensionen der Prozesse, Aktivitäten und Wirkungen mit der Dimension der Intentionalität. Diese begründet er aus einer erziehungswissenschaftlichen Perspektive heraus. Damit wird dem Lernprozess eine bestimmte Absicht und Zielstellung attribuiert.

Lernen erfolgt nach Nuissl (2006) also auf insgesamt vier Dimensionen mit sechs Kernbereichen, die in einem ersten Schritt der Zuordnung und Strukturierung folgendes Bild zum Lernbegriff zeichnen lassen (Tabelle 2.1):

Tabelle 2.1 Dimensionen und Bereiche des Lernens (nach Nuissl 2006)

Prozess	Aktivität	Wirkung	Intention
1. Gedächtnis	4. Situation	3. Erfahrung	5. Erfolg
2. Inhalt	6. Strategien		

Eine gelingende Lehre ist dabei als eine Optimierung der Balance zwischen Anforderungen und Voraussetzungen der Lernenden zu betrachten, die sich in einer Wechselwirkung oben aufgeführter Dimensionen und Kernbereiche manifestiert. Nuissl (2006) führt diesbezüglich folgende Aspekte auf, die bei einer gelingenden Lehre berücksichtigt werden müssen:

- Klarheit
- Methodenvariation
- Individualisierung
- Motivierung
- Fehlerkultur
- Experimente

Diese allgemeinen Anforderungen lassen sich auf Grundlage der Literaturanalysen noch weiter ausdifferenzieren und zu der von Nuissl (2006) vorgegebenen Struktur hinsichtlich o. g. Dimensionen und Kernbereiche systematisch zuordnen. Im Ergebnis konnten empirisch gesicherte Sachverhalte zu Lernprozessen destilliert und in einen direkten Bezug zu den Anforderungen an die Gestaltung von Lehre in einer Übersicht gebündelt werden. Das Ergebnis ist für jede einzelne Dimension in folgender Tabelle dargestellt.

a) Dimension Prozess (1) und Aktivität (2):

b) Dimension Wirkung (3) und Intention (4):

Trotz dieser Zusammenstellung an Befunden zur Lehr- und Lernforschung, die überwiegend aus wissenschaftlichen Studien aus den Bereichen der pädagogischen Psychologie und Neurowissenschaften entstammen, lässt sich ein Desiderat des aktuellen Forschungsstandes, insbesondere aus Perspektive der Erziehungswissenschaften und Erwachsenenbildung feststellen (Nuissl, 2006). Das zeigt sich u. a. daran, dass in der Regel auf dieselben Leitstudien verwiesen wird, die jedoch aus den 60er und 70er Jahren stammen. Dazu gehört die „Göttinger-Studie“ (Strzelewicz et al. 1966) mit einer soziologisch orientierten Perspektive auf die Bildungsvorstellungen der Bevölkerung, die „Hannover-Studie“ (Siebert & Gerl, 1975) zu Lehr-Lern-Interaktionen in Erwachsenenbildungskursen und die Heidelberger BUVEP-Studie (Kejcz, 1979), die Lehr-Lernprozesse im Bildungsurlaub und Erwartungen der Teilnehmer*innen zum Gegenstand machte.

Um das zerfaserte Forschungsfeld in seiner Komplexität zu reduzieren und gezielt neue Forschungsprojekte auf vorhandene Lücken zu lenken, wurde im Jahr 2000 das Forschungsmemorandum für die Erwachsenen- und Weiterbildung

Tabelle 2.2 Valide Befunde zu Lernprozessen und Implikationen für die die Lehre – Dimension Prozess und Aktivität (nach Nuisl 2006)

	Kernbereiche	Bedeutungen von Lernen: Lernen (ist)....	Anforderungen in Bezug zur Lehre
PROZESS	Gedächtnis	ein individueller, biographischer Prozess	Förderung "indirekter Lehrtätigkeiten" durch Gestaltung von Lernumgebungen und Rahmenbedingungen, die selbstorganisierte Lernen ermöglichen
		ein konstruktiver Prozess und baut auf vorhandenen Wissensstrukturen des bereits Gelernten auf	Eruiieren von theoretischen Anknüpfungspunkten in Bezug zu Vorerfahrungen und Vorwissen (ggf. Erstellen von Bedarfsanalysen und Qualifikationsprofilen im Vorfeld) - und Aufbau von Wissen aus den Wissensbeständen der Lernenden
		abhängig von der Aufmerksamkeitsspanne der Lernenden	Beschränkung der Wissensvermittlung auf eine bestimmte Zeitspanne sowie Wechsel zwischen den Lernformen
		führt zu abrufbarem Wissen durch das Kurzzeit- bzw. Langzeitgedächtnis	Lerninhalte wiederholen und rezipieren lassen
	Inhalt	von subjektiven Werten und ethischen Grundhaltungen abhängig	Etablierte Wertvorstellungen können nicht direkt verändert oder beeinflusst werden
		nie abgeschlossen	Förderung von Lebenslangem Lernen
		erfolgt durch Kategorisierung, Klassifizierung, Neugruppierung und Zugriffsmöglichkeit auf Lerninhalte	Didaktisch sinnvolle Aufbereitung der Inhalte
		eine selbstgesteuerte Aneignung der Inhalte	Sinn und Nutzen der Lerninhalte müssen transparent gemacht werden, damit die Lernenden intrinsisch motiviert sind, sich die Inhalte in formalen Lernarrangements anzueignen
		erfolgt in Abhängigkeit des subjektiven Sinns, der den Lerninhalten zugeschrieben wird	Didaktische Aufbereitung der Inhalte in Abhängigkeit der Interessen und Voraussetzungen der Lernenden
AKTIVITÄT	Strategien	aktivitätsorientiert	Förderung von gestaltungsorientierten Lernmethoden, in denen Lernende aktiv zum Lernen beitragen müssen (z.B. Gruppenarbeiten, Präsentieren, Prototypen, Interviewen...)
		basiert auf einer reflektierenden Selbstkontrolle über den Lernprozess	Einbauen von Reflexionsphasen hinsichtlich der individuellen Erwartungen und den erzielten Lernergebnissen
		methodenabhängig	Konsequentes Umsetzen einer Methodenvielfalt, um die Aufmerksamkeitsspanne aufrecht zu erhalten sowie unterschiedlichen Lernstilen gerecht zu werden
		erfolgt in sozialen Bezügen mit anderen Lernenden	Förderung von Austausch in Gruppen durch regelmäßige Treffen & nachhaltige Nutzung von Communities über die Weiterbildung hinaus (persönlich und/ oder virtuell)
	Situation	ist geprägt durch individuelle Lernstile (Verfahren zur Aneignung, Verarbeitung und Anwendung des Gelernten)	Thema "Lernen lernen" durch didaktische Vielfalt erfahrbar machen und unterschiedlichen Lernstilen gerecht werden
		muss gelernt werden	Anleitung und Erklärung von Lernprozessen
		in soziale Kontexte eingebettet	Durchführung von Kontextanalysen zum Lehrprozess, um Bedingungen und Strukturen des formalen Lernens zu verstehen
		situativ	Förderung von "Erinnerungsankern" durch Gestaltung spezifischer, abwechslungsreicher Lernsituationen
		findet in der "real existierenden Welt" statt	Einbinden der realen Lernumgebung in den Lehrprozess und Förderung von Lernortkombinationen
		mit Handeln verknüpft	Die Anwendung des Gelernten für die Lernenden erfahrbar werden lassen und gezielt alle 5 Sinne ansprechen ("Lernen mit Kopf, Herz und Hand")

Tabelle 2.3 Valide Befunde zu Lernprozessen und Implikationen für die die Lehre – Dimensionen Wirkung und Intention (nach Nuissl 2006)

WIRKUNG	Erfahrung	kontextgebunden	Herstellung von praxisorientierten Bezügen
		wird auf Basis individueller Erfahrungen interpretiert	Umsetzungsstrategien planen lassen und in Transfer-Veranstaltungen besprechen
		emotional	Förderung von Spaß und Freude
		erfolgt durch den Aufbau von kontextualisiertem Wissen	Inhalte sofern möglich in realen Situationen erläutern bzw. erfahrbar werden lassen (z.B. durch Besichtigungen, Prototypen, VR, AR...)
INTENTION	Erfolg	Änderung von Verhalten bzw. Erweiterung von Verhaltensmöglichkeiten	Anstoßen und Begleiten von Transferprozessen in der Arbeit
		intentional und verfolgt selbst- bzw. fremdgesteuerte Ziele	Offenlegen und Reflektion der Ziele
		führt zu einem Erfolgserlebnis	Lernerfolge dokumentieren und die erbrachten Leistungen honorieren

aufgesetzt (Arnold et al., 2000). Das Memorandum wurde im Auftrag der Sektion Erwachsenenbildung der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft (DGfE) entwickelt. Ziel war es, vor dem Hintergrund des erreichten Forschungsstandes zur Erwachsenenbildung, Schwerpunkte und notwendige Fragestellungen eines zunehmend bedeutsamen Bereiches der Bildungsforschung zu identifizieren, zu ordnen und zu benennen.

Eine auf das Memorandum aufbauende Publikation (Zeuner & Faulstich, 2009), welche eine erwartete Aufarbeitung zum aktuellen Stand der Erwachsenenbildungsforschung leisten sollte, konnte den Ansprüchen nicht gerecht werden. So heißt es in einer Rezension (Nuissl, 2010, S. 92):

„Wenn zwei so profilierte Vertreter der Zunft wie Zeuner und Faulstich ein Buch zu den Resultaten der Erwachsenenbildungsforschung vorlegen [...], dann nimmt man es mit großen Erwartungen in die Hand.“

Bezugnehmend zu den im Memorandum aufgeworfenen Fragestellungen zum Stand der Erwachsenenbildungsforschung und dem darin formulierten Desiderat konstatiert Nuissl (2010, S. 92) in seiner Rezension wie folgt:

„Das vorliegende Buch schafft hier aber keine Abhilfe. Im Grunde handelt es sich um aneinandergereihte Einzelrezensionen empirischer Arbeiten zur Erwachsenenbildung. [...] Die Arbeiten sowie ihre Ergebnisse sind jedoch einzelnen Untersuchungsfeldern zugeordnet, nicht jedoch systematisiert, gewichtet und zusammenfassend ausgewertet. [...] Feldbezogene Resümees fehlen fast durchweg. [...] Was bleibt ist ein Materialband, den man nutzen kann, wenn man sich einen ersten Einblick in empirische Arbeiten zur Erwachsenenbildung verschaffen will.“

Die Erwachsenenbildungsforschung ist bis heute unübersichtlich und wenig strukturiert, das Schüssler (2012) unter anderem damit begründet, dass eine empirisch

gesicherte Wirkungsforschung in der Erwachsenenbildung kaum zu leisten ist. Die Autorin bezeichnet dies als eine Paradoxie pädagogischen Handelns, die sich darin manifestiert, dass die Studien je nach Perspektive, Fragestellung und Operationalisierung von „Lernerfolg“ unterschiedliche Ergebnisse und Zusammenhänge zum Erfolg einer Weiterbildung empirisch nachweisen.

Dies sei darauf zurückzuführen, dass Lernwirkungen und Lernprozesse in keinen Kausalzusammenhängen beschrieben werden können, aufgrund der Vielzahl an Einflussfaktoren. Entsprechend sei eine valide Zuordnung von Intervention und Lernerfolg nicht möglich (vgl. ebenda). Lernprozesse unterliegen einer Vielzahl an kontext-, personen- und prozessspezifischer Faktoren, die in ihren komplexen Wechselbeziehungen untereinander nie eindeutig bestimmbar sind. Darüber hinaus vollzieht sich das Lernen Erwachsener nicht nur auf einer Mikroebene (subjektive Prozesse) der Lernprozesse, sondern wird zudem von Faktoren einer Makroebene (Weiterbildungssystem) beeinflusst.

Obwohl es auf dieser Grundlage keine umfassenden gesicherten Erkenntnisse gibt, verweisen etliche Autoren der Erwachsenenbildung auf Wirkungsannahmen (vgl. Forschungsmemorandum), die sich nur in Teilen durch Erkenntnisse aus der pädagogischen Psychologie und Neurowissenschaften bestätigen lassen.

Reischmann (1993) fasst diese Problematik treffend in folgendem Zitat zusammen:

„Eine enge Wirkungsforschung scheint banal, eine weite nicht leistbar“

Dieser Umstand scheint auch ein Hauptgrund dafür zu sein, dass es insgesamt sehr wenige empirische Studien im Bereich der Wirkungsforschung gibt. Die meisten Befunde im Bereich der Erwachsenenbildung lassen sich einer empirischen Begleitforschung zuordnen.

Ein weiteres Problem ist nach Ludwig (2001), dass die Begriffe „Lernen“ und „Lehren“ oftmals synonym und selbst in der wissenschaftlichen Literatur unscharf verwendet werden. So führt er beispielsweise eine Zielsetzung aus dem Forschungsmemorandum (Arnold et al., 2000) auf, in welcher von „einer Verbesserung von Lernprozessen“ (S. 10) die Rede ist. Ludwig differenziert an dieser Stelle folgerichtig, dass es sich dabei nur um eine Verbesserung der „Lehrprozesse“ handeln könne, da die Lernprozesse nur von den Lernenden selbst gesteuert werden können. Direkt beeinflussbar sind lediglich Faktoren auf der Makroebene. Subjektive Lernbegründungen wie es Ludwig nennt, könnten allenfalls durch günstige Rahmenbedingungen gefördert und unterstützt werden. Gleichwohl würden aber die organisatorisch-technischen Abläufe auf der Makroebene

zu relevanten Bedeutungskonstellationen bei den Lernenden führen, so dass es einer ganzheitlichen Betrachtung zwischen Mikro- und Makroebene bedarf.

Ludwig konstatiert in diesem Zusammenhang, dass sich die Erwachsenenbildung überwiegend auf eine Verbesserung der Vermittlungs- und Beratungshandlungen Lehrender bzw. pädagogisch Wirkender fokussiert, sich damit selbst einschränkt und letztlich einseitig forschet. Die unscharfe Verwendung des Lern- und des Lehrbegriffs deute überdies darauf hin, dass der Lernhandlung des lernenden Subjekts im Verhältnis zur Lehrhandlung nicht deutlich genug eine eigenständige und differente Handlungslogik zuerkannt würde (vgl. ebenda).

Dementsprechend fordert Ludwig einen differenzierteren Umgang der Begrifflichkeiten, indem zwischen Außenstandpunkt (Lehre) und Subjektstandpunkt (Lernen) unterschieden werden muss. Nicht zuletzt plädieren mittlerweile viele Wissenschaftler (Ludwig, 2008; Nuissl, 2006) auf eine verstärkt interdisziplinär ausgerichtete Forschungsperspektive. Diese würde dazu dienen, ein disziplinäres Profil mit spezifischen Problemstellungen zu entwickeln, um Forschungsprojekte mit anderen Disziplinen entlang der eigenen Forschungsgegenstände „inter-disziplinieren“ (Röbbecke et al., 2004) zu können. Dies würde aber wahrscheinlich nicht unbedingt zu einer Schärfung, sondern einer Ausweitung des Forschungsfeldes führen.

Siebert (2006, S. 6) nimmt zu dieser Herausforderung in seinem Rückblick zur Lehr- und Lernforschung wie folgt Stellung:

„Die Themen der erwachsenenpädagogischen Forschung weiten sich auf fast alle formalen und informellen Lerngelegenheiten aus. Dies kann als gesellschaftlicher Bedeutungszuwachs dieser Forschung begrüßt, aber auch als Erosion des Forschungsgegenstands bedauert werden.“

Die dargestellten empirischen Befunde zur Lehr- und Lernforschung sollen nunmehr in dem folgenden Abschnitt im Rahmen einer differenzierten Betrachtung zum Lernkonzept „Lernen am Arbeitsplatz“ erweitert werden.

2.1.2.2 Begriffsklärung

Im vorliegenden Abschnitt werden überwiegend theoretische Konstrukte (Annahmen) zum arbeitsplatzbezogenen Lernen vorgestellt und schließlich in den Zusammenhang der empirischen Befunde aus Abschnitt 2.1.2.1 gesetzt.

In der betrieblichen Weiterbildung ist ein Wandel von Lehrveranstaltungen, die „off-the-job“ – sozusagen räumlich und zeitlich losgelöst vom beruflichen Alltag – stattfanden, hin zu arbeitsplatzintegriertem („on-the-job“) oder arbeitsplatznahem („near-the-job“) Training zu beobachten. Dieser Wandel von eher

zentralisierten Lehr-Lern-Formen hin zum Lernen am Arbeitsplatz liegt einerseits in der Diskrepanz von zentralisierten Lehr-Lern-Formen zwischen dem Aus- und Weiterbildungsgeschehen und dem beruflichen Alltag sowie den damit verbundenen Lernmotivationsproblemen begründet. Andererseits wurde erkannt, dass das Lernen im Arbeitsprozess diejenige Lernform ist, die den Erwerb anwendungsbezogenen Wissens und die Entwicklung der Schlüsselqualifikationen Selbststeuerungs- und Kooperationskompetenz am ehesten gewährleistet (vgl. Abschnitt 2.1.2.1). Diese Form gewinnt auch durch den Einsatz neuer Technologien und den damit verbundenen Lernpotenzialen weiter an Bedeutung (vgl. Abschnitt 2.1.3).

Das Lernen am Arbeitsplatz hat sich in den letzten Jahren zunehmend als berufliche Weiterbildungsform etabliert und gewinnt auch im Zusammenhang der Digitalisierung an Bedeutung. Dabei werden informelle und selbstgesteuerte Lernformen zur Entwicklung von anwendungsorientiertem Wissen genutzt. Ziel ist es, am Arbeitsplatz benötigte Fach-, Sozial- und Humankompetenzen auszubilden.

Charakteristisch für das Lernen am Arbeitsplatz ist dabei die fließende Grenze zwischen Lernen und Arbeiten. Dehnbostel (1993) unterscheidet in diesem Kontext zwischen folgenden verschiedenen Modalitäten beim Lernen am Arbeitsplatz:

1. Arbeitsgebundenes Lernen: Lernort und Arbeitsplatz sind identisch
2. Arbeitsverbundenes Lernen: Zwischen Lernort und Arbeitsplatz besteht eine räumliche und arbeitsorganisatorische Verbindung
3. Arbeitsorientiertes Lernen: Lernort und Arbeitsplatz sind räumlich und organisatorisch getrennt

Zum Lernen am Arbeitsplatz werden allgemein Formen von formell-organisierter und informeller Weiterbildung gezählt. Wie auch bei anderen Arten der betrieblichen Weiterbildung wie z. B. den Seminaren/Workshop/Trainings oder dem Selbststudium/Fernunterricht ist das Lernen am Arbeitsplatz ein heterogenes Feld und kann unterschiedliche Formen annehmen. Grundsätzlich können drei verschiedene Lernformen am Arbeitsplatz unterschieden werden (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998):

1. Lernen am Expertenmodell: Bei dieser arbeitsintegrierten Lernform nehmen Vorgesetzte und erfahrene Kollegen einen zentralen Stellenwert ein, da sie für die Lernenden als Expertenmodell fungieren.

2. Selbstgesteuertes Lernen am Arbeitsplatz: Bei dieser arbeitsintegrierten Lernform zielt der Erwerb von neuen Kenntnissen direkt auf arbeitsplatzspezifische Anforderungen („on Demand“) ab und trägt zu einer konsequenten Verbindung von Lernen und Arbeiten bei. Ein zentraler Punkt beim selbstgesteuerten Lernen am Arbeitsplatz ist, dass trotz der Selbststeuerung der Lernenden nicht auf Anleitung und Unterstützung durch Lehrende verzichtet werden kann. Das ist insbesondere deshalb notwendig, da viele Erwachsene noch nicht zu selbstgesteuertem Lernen bereit sind. Dies belegen z. B. Forschungsergebnisse von Warner, Christie und Choy (1998). Die Ergebnisse dieser und anderer Studien machen auf die Notwendigkeit von instruktionaler Unterstützung (bzw. Lernbegleitung am Arbeitsplatz) und sozialer Einbettung des Lernprozesses beim selbstgesteuerten Lernen aufmerksam.
3. Kooperatives Lernen in Kleingruppen: Diese arbeitsintegrierte Lernform hat sich als eine wirksame Form des Arbeitens und Problemlösens bewährt. Vorteile kooperativen Lernens am Arbeitsplatz liegen darin, dass Inhalte aus verschiedenen Perspektiven berücksichtigt werden und das Gelernte flexibel angewendet werden kann. Dadurch können Transferprobleme überwunden werden. Ein effektives Lernen in Gruppen findet aber nur dann statt, wenn Arbeitsaufgaben, Arbeitsorganisation und Gruppenstruktur so gestaltet werden, dass die Kooperation auch tatsächlich notwendig ist und eine positive Interdependenz der Lernenden vorliegt. Um dies zu erreichen, müssen Vorgesetzte ihre Mitarbeiter*innen auf die Möglichkeiten zur Kooperation am Arbeitsplatz aufmerksam machen und deren Notwendigkeit hervorheben. Auch das Vertrauensklima spielt innerhalb des Unternehmens für ein effektives kooperatives Lernen eine entscheidende Rolle.

Zur Unterstützung des Lernens am Arbeitsplatz gibt es im Bereich der Weiterbildung eine Reihe von Lernmethoden, die einerseits das Lernen im Tandem, in Gruppen oder auch in selbstorganisierter Form unterstützen. Zu diesen spezifischen Methoden gehören beispielsweise (Reverse) Mentoring, Coaching, Personal Learning Environment (PLE), Lerninsel, Lernstatt/Forschungswerkstatt, Massiv Open Online Courses (MOOCs), Web Based Trainings (WBTs), Enterprise Social Networks (ESN), Communities of Practice (CoP), Learning Management Systems (LMS), Webinare, Online Video Konferenz, Planspiele, Projektmethode, Qualitätszirkel, Working Out Loud (WOL), Open Space Konferenz etc.. Wichtig ist, dass arbeitsplatzintegrierte Lernformen strategisch und operativ unterstützt werden.

Grundlegende Voraussetzungen für das Lernen am Arbeitsplatz sind folglich ausreichende Spielräume sowie Gelegenheiten und aktive Unterstützungsformate

für Lernaktivitäten am Arbeitsplatz. Dabei kann festgestellt werden, „dass fachliche, methodische, soziale und personale Kompetenzen in unterschiedlichem Ausmaß von der Ausprägung lernförderlicher Merkmale der konkreten Arbeitsaufgabe und der Unternehmenskultur abhängen“ (BMBF 2001, S. 225). Dieses Ergebnis resultiert aus einem BMBF-Projekt, das im Rahmen des von 1996 bis 2000 laufenden Programms „Kompetenzentwicklung für den wirtschaftlichen Wandel – Strukturveränderungen betrieblicher Weiterbildung“ durchgeführt wurde (Schiersmann, Iller & Remmele, 2001).

Konzepte der arbeitsnahen bzw. arbeitsintegrierten Lernformen, die als besonders bedarfsgerecht und flexibel gelten, sind eher gering formalisiert und sind definitorisch durch große Divergenz und mangelnde Abgrenzbarkeit geprägt. Nach einem weiten Verständnis bezeichnen sie Maßnahmen, die „in relativer Nähe zum Arbeitsplatz und konkreten Arbeitsgeschehen mit inhaltlich größtmöglichem Praxisbezug“ realisiert werden. Dabei besteht nach wie vor die Schwierigkeit einer eindeutigen Trennung von Arbeiten und Lernen. Dieses Problem, das wohl nur im Einzelfall unter Einbezug der jeweils damit verbundenen Kontexte gelöst werden kann, ist im Hinblick auf arbeitsrechtliche und finanzielle Fragen wie auch auf zeitliche und personelle Ressourcen von hoher Bedeutung, wenn es beispielsweise darum geht, dass Angestellte täglich eine halbe Stunde in Communities of Practice zum fachlichen Austausch aufwenden.

Arbeitsnahe Lernformen werden nicht zuletzt mit der Hoffnung auf Kostenreduzierung in Betrieben implementiert. Im Rahmen von Fallstudien und Modellversuchen wurden etwa Möglichkeiten untersucht, mit denen das Erfahrungswissen der Mitarbeiter*innen allgemein verfügbar und Arbeitsabläufe transparent gemacht werden sollen, wie es z. B. mittels der Erstellung von Lern- und Arbeitsmedien durch Mitarbeiter*innen oder der Selbstevaluierung von Produktionsprozessen geschehen kann. Allerdings ist aus der Praxis bekannt, dass bei Ansteigen des Arbeits- und Zeitdrucks arbeitsnahe Lernformen nur eingeschränkt durchgeführt werden.

Die Autoren Schiersmann et al. (2001) können jedoch trotz der wachsenden Bedeutung des arbeitsplatznahen Lernens keinen Anstieg in Mitarbeiterorientierter bzw. lernförderlicher Arbeitsformen durch Befunde der empirischen Weiterbildungsforschung nachweisen. Anhand der Sonderauswertung der Strukturberichterstattung des Instituts für Arbeit und Technik (IAT) des Wissenschaftszentrums Nordrhein-Westfalen wurde sogar deutlich, dass von 1993 bis 1998 der Anteil der Beschäftigten in partizipativen Arbeitsorganisationen von 39,9 % auf 36,3 % gesunken ist – bei gleichzeitigem Anstieg tayloristischer Arbeitsorganisationen und fremdbestimmter Einzelarbeit von 13,6 % auf 14,4 % (vgl. ebenda).

Da diese empirischen Befunde allerdings bereits 16 Jahre alt sind, wären aktuelle Zahlen vor dem Hintergrund der zunehmenden Automatisierung (Stichwort Digitalisierung) sicherlich neu zu interpretieren. Aufgrund mangelnder aktueller, empirischer Befunde zum arbeitsplatzbezogenen Lernen müssen nachfolgend auch theoretische Konzepte und Annahmen diskutiert werden.

Parallel zur gängigen Diskussion um lebenslanges Lernen am Arbeitsplatz erhalten wie bereits dargelegt informelle und selbstgesteuerte Lernformen eine besondere Aufmerksamkeit im erwachsenenpädagogischen Diskurs. Während die traditionellen und in der Regel stark formalisierten Weiterbildungsseminare gerade auch von betrieblichen Vertretern zunehmend als zu teuer und zu wenig praxisrelevant gebrandmarkt werden, werden zunehmend selbstgesteuerte Lernprozesse am Arbeitsplatz forciert, die als informelle Lernformate in Erscheinung treten.

Aus diesem Grund widmet sich der folgende Abschnitt dem informellen und selbstgesteuerten Lernen am Arbeitsplatz. Eine differenzierte Betrachtung von informellem Lernen soll im nächsten Abschnitt nicht unternommen werden, obwohl es auch hier unterschiedliche Ausprägungen, Perspektiven, Begründungsmuster und Begrifflichkeiten gibt. Diese Diffusität legt eine noch zu leistende theoriebezogene Klärung des Begriffs „Selbststeuerung“ nahe, was jedoch den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen würde. Da das informelle und selbstgesteuerte Lernen allerdings von wesentlicher Bedeutung für ein arbeitsplatzbezogenes Lernen ist, wird im Folgenden Abschnitt der Bezug zum arbeitsplatzbezogenen Lernen und letztlich zu intelligenten und hybriden Lernräumen hergestellt. Grundlegend für den folgenden Abschnitt ist die Diskussion um eine Abkehr von der Lehrerzentrierung hin zur Fokussierung des Lernenden als gestaltendem Subjekt der persönlichen Lernprozesse (vgl. Abschnitt 2.1.2.1).

2.1.2.3 Informelles und selbstgesteuertes Lernen am Arbeitsplatz

Informelles Lernen, gemeinhin als das Gegenteil von formalem Lernen verstanden, ist nichts grundlegend Neues. Aber Entwicklungen wie die Dynamisierung und Digitalisierung der Arbeitswelt, die Unzufriedenheit mit „traditionellen“ Lehr- und Lernarrangements, Veränderungen von Lernkulturen („von Wissensvermittlern zu Lernbegleitern“) und steigende Ansprüche an Transfererfolge, eine abnehmende Bereitschaft zur Investition in Training und Personalentwicklung und die Verfügbarkeit von neuen Technologien zur Unterstützung von Kommunikation und Zusammenarbeit (Social Media) haben dazu beigetragen, dass informelles Lernen ein wichtiges Thema geworden ist. Zudem verspricht man sich durch informelle Lernformen ein Lernen in vernetzten (internen und externen) Strukturen. Eben diese scheinen im Zuge der digitalen Transformation angemessen,

um durch den Aufbau von Expertennetzwerken mittels Twitter, LinkedIn oder Xing einen hochwertigen Informationskanal zu generieren, der den immer neuen Wissensbedürfnissen am Arbeitsplatz „on Demand“ gerecht werden kann.

In diesem Zusammenhang wird oft das derzeit sehr beliebte 70:20:10 Modell aufgeführt, das durch den bekannten Corporate-Learning-Berater Charles Jennings bekannt wurde (Singh, 2014).



Abbildung 2.1 Das 70:20:10 Modell (Eigene Darstellung nach C. Jennings)

Das Modell geht zurück auf die Autoren Michael M. Lombardo und Robert W. Eichinger, die 1996 in einer Publikation erstmals darüber berichteten, dass das Lernen am Arbeitsplatz einen viel größeren Stellenwert einnimmt als bisher angenommen (Lombardo & Eichinger, 1996). Durch die konsequente Anwendung im Beratungsalltag konnte Charles Jennings weitere praxisorientierte Erfahrungen sammeln, die er seither auf seinem Weblog veröffentlicht (Jennings, 2017). Wissenschaftliche Befunde bzw. Publikationen, die das Modell validieren, gibt es nicht.

Im Kern geht es bei dem 70:20:10 Modell darum, dass das betriebliche Lernen zum Großteil am Arbeitsplatz im Arbeitsprozess direkt stattfindet. Dabei wurde eine Faustregel entwickelt, wonach 70 % des Lernens informell direkt am Arbeitsplatz stattfindet, 20 % des Lernens über sozialen Austausch erfolgt und lediglich 10 % auf formale Weiterbildungsangebote zurückzuführen ist (vgl. [Abbildung 2.1](#)).

Das 70:20:10 Framework soll dabei unterstützen, informell erlangte Kenntnisse und Fähigkeiten am Arbeitsplatz zu fördern, indem bei der Gestaltung von betrieblichen Lernprozessen insbesondere auch informelle Lernsettings und -formate in die Weiterbildungsarbeit einbezogen werden. Jennings betont dabei, dass es sich bei der zahlenmäßigen Zuordnung um keine absoluten bzw. validen Zuordnungen handelt, sondern dass es sich hierbei um Erfahrungswerte handelt, die er über die eigene Weiterbildungspraxis erlangt hat.

Formen arbeitsintegrierten und informellen Lernens spielen jedoch seit jeher eine große Rolle in der betrieblichen Weiterbildung. Die institutionalisierte Weiterbildung ist nur „das Tüpfelchen auf dem i“ (Dunkel 1976, S. 10). Insofern sind auch aktuelle Publikationen zum Thema im Vergleich zur „traditionellen, formalen Weiterbildung“ nicht unbedingt neu (vgl. Staudt & Kriegesmann 2000, S. 39, Erpenbeck & Von Rosenstiel, 2011), liefern aber relevante und insbesondere aktuelle Empfehlungen hinsichtlich einer kompetenzorientierten Weiterbildung im digitalen Zeitalter. So formulieren Erpenbeck & Sauter (2013) acht konkrete, didaktische Empfehlungen im Kontext eines Blended-Learning Szenarios, welches besonders dazu geeignet ist, formale Weiterbildungseinheiten mit informellen, selbstgesteuerten Lernphasen am Arbeitsplatz zu verschränken:

1. Individuelles, selbstorganisiertes Lernen: Die Lerner organisieren ihre Lernprozesse im Rahmen der vereinbarten Ziele selbstverantwortlich.
2. Organisation und Flankierung durch E-Tutoren bzw. E-Coaches und Trainer*innen: Die Lernbegleiter planen und steuern vor allem die formellen Lernprozesse und unterstützen die Lerner in ihren informellen Lernprozessen. Sie geben den Lernern regelmäßig Feedback und helfen ihnen, ihre Lernprozesse laufend zu optimieren.
3. Problemlösung statt Pauken von Wissen: Der Lernprozess integriert Transferaufgaben und reale Problemstellungen, die die Lerner in ihrer Arbeitswelt zu bewältigen haben.
4. Strukturierungshilfen für individuelles Lernen: Für jede Selbststudienphase werden im jeweils vorhergehenden Seminar verbindliche Vereinbarungen über die Gestaltung der selbstorganisierten Lernphase getroffen.
5. Rückmeldungsstrukturen: Lernen ist dann besonders effizient, wenn die Lerner laufend Rückmeldungen über ihren Lernprozess und ihre Lernleistungen erhalten. Die Rückmeldungen erfolgen grundsätzlich auf zwei Ebenen:
 - a. Bei standardisierten Aufgaben, z. B. Multiple Choice, Drag and Drop oder Rechenaufgaben, automatisiert über das Lernprogramm.

- b. Offene Aufgaben, z. B. Reflexionen, entscheidungsorientierte Fallaufgaben, Fallstudien oder Transferaufgaben, erlauben keine automatische Bewertung der Lösungen. Es wird deshalb eine Kommunikationsplattform mit E-Portfolio und Learning Community benötigt, die eine entsprechende Kommunikation auch dann zulässt, wenn die Lerner auf verschiedene Orte verteilt sind.
6. Vergleichsmaßstäbe: Die Arbeitsergebnisse anderer Lerner werden netzbauiert zur Verfügung gestellt. Damit kann der Lerner sehen, wie weit er von deren Leistungen entfernt ist. In der Learning Community sowie in Workshops können Arbeitsergebnisse aus der Lerngruppe präsentiert und diskutiert werden.
7. Lernwegflankierung durch Tandems: Diese soziale Flankierung ist eine wesentliche Voraussetzung für erfolgreiche Lernprozesse. Eine besonders bewährte Form ist der Zusammenschluss zweier Lerner zu einem Lerntandem. Hierbei unterstützen sich die Lerner in der Tandemarbeit emotional, motivational und lernstrategisch.
8. Lernwegflankierung durch Kleingruppen: Tandemarbeit reicht nach unseren Erfahrungen im Regelfall nicht aus, um den Lernerfolg im Sinne der Kompetenzentwicklung zu sichern. Notwendig ist eine weitere soziale Flankierung in Kleingruppen, da Gruppen mehr Motivierungsmöglichkeiten und mehr Korrekturmöglichkeiten haben als Einzelpersonen.

Die dargestellten Empfehlungen lassen direkte Bezüge des informellen und selbstgesteuerten Lernens am Arbeitsplatz erkennen, wobei zugleich eine Verschränkung von informellen und formalen Lernformaten in Form von Blended-Learning gelingt. Entsprechend gibt es umfassende theoretische Konzepte, auf Basis derer eine „erfolgsversprechende“ Gestaltungsarbeit aufbauen kann.

Kritik an diesen Konzepten resultieren vielfach über eine nicht strukturierte und systematische Konzeption im Vorfeld. Arbeitsplatzbezogene Weiterbildungsmaßnahmen müssen über den Status eines „learning by doing“ hinausgehen (Wittwer, 2001). Arbeitsplatzbezogenes Lernen verlangt nach entsprechenden Rahmenbedingungen, nach einer Lerninfrastruktur am Arbeitsplatz, die es den Beschäftigten ermöglicht, bewusst und effizient zu lernen (vgl. Abbildung 2.2). Nur auf dieser Grundlage sind Beschäftigte in der Lage, das neu erworbene Wissen bzw. die neuen Fähigkeiten und Fertigkeiten in anderen Situationen anzuwenden (Stichwort Transfer). Die betriebliche Weiterbildung muss hier zusammen mit den Fachabteilungen die Arbeitsplätze arbeitsorganisatorisch und -inhaltlich so gestalten, dass ein Lernen im Arbeitsprozess aktiv unterstützt wird.

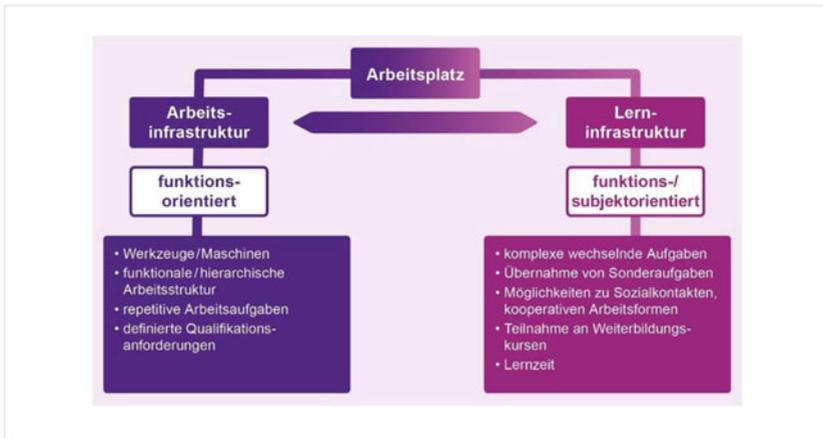


Abbildung 2.2 Arbeitsplatz als Lernplatz (Quelle: Nach Wittwer, 2001)

Auch Straka (2001) verweist auf die Bedeutsamkeit des selbstgesteuerten Lernens von Mitarbeiter*innen und einer direkten Beziehung zu den erlebten Umgebungsbedingungen am Arbeitsplatz. Das in diesem Zusammenhang auftretende Problem, wie in einer nach wie vor fremdbestimmten Arbeitswelt Selbststeuerung von Lernprozessen überhaupt möglich ist bzw. welche Dimensionen dabei erreicht werden können, ist laut Straka noch weitgehend ungeklärt.

Als Unterstützung des selbstgesteuerten Lernens am Arbeitsplatz formulieren die Autoren Sauter & Sauter (2013) konkrete Lösungsvorschläge, die auf einer Anwendung neuer Medien sowie dem Einsatz moderner Lerntechnologien beruhen. Damit wird es möglich, die selbstgesteuerten Lernprozesse strategisch zu begleiten und aktiv zu fördern. In diesem Kontext beschreiben sie das Konzept einer persönlichen Lernumgebung. Hierbei können die Lernenden sich eine personalisierte Lern-Infrastruktur selbst entwickeln. Persönliche Lernumgebungen (engl.: Personal Learning Environment (PLE)) sind individuelle und cloudbasierte, nach den persönlichen Interessen und Bedürfnissen des Lernenden gestaltete Lernlandschaften, in die sie online Informationen, Erfahrungswissen, Ressourcen oder Kontakte integrieren und Ergebnisse ihrer formalen und informellen Lernprozesse auf der Basis von Standards speichern können.

Aufbauend auf den formulierten Herausforderungen arbeitsplatzbezogenen Lernens wird im Folgenden eine Arbeits- und Lerninfrastruktur vorgestellt, die die

notwendigen Rahmenbedingungen für selbstgesteuerte Lernprozesse am Arbeitsplatz herstellen kann. Dabei wird das Konzept einer persönlichen Lernumgebung detaillierter erläutert, um eine sich anschließende technologische Weiterentwicklung skizzieren zu können, die sich auf adaptive und ubiquitäre Lernformen bezieht und somit ideale Anknüpfungspunkte für eine mögliche Anwendung des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse liefert.

2.1.2.4 Lernen mit persönlichen Lernumgebungen

Wie in den vorigen Abschnitten dargelegt, bieten digitale Medien vielfältige und leicht nutzbare Ressourcen für selbstgesteuerte und arbeitsplatzbezogene Lernformen. Eine PLE kann dabei als organisierendes Rahmenkonstrukt des selbstgesteuerten, lebenslangen Lernens bezeichnet werden, welche alle zum Lernen (und Arbeiten) benötigten Ressourcen umfasst (Buchem, Attwell & Torres, 2011). Eine PLE aggregiert entsprechend viele, unterschiedliche und sofern möglich untereinander vernetzte Medien und kann nach individuellen Bedürfnissen zusammengestellt werden.

Durch die rasante informationstechnische Entwicklung stehen viele Möglichkeiten zur technischen Realisierung zur Verfügung. Relativ einfach kann ein individueller “Personal-Desktop” gestaltet werden, der verschiedene, frei zugängliche Applikationen bündelt. Die technische Umsetzung einer PLE ist sozusagen ein Mashup spezifischer Dienste und Tools innerhalb einer Plattform (vgl. ebenda). Eine PLE bündelt verschiedenste Applikationen wie z. B. Social-Media-Kanäle oder auch Email-Accounts, Blogs, Wikis, LMS/LCMS, Feeds, Literaturverwaltungsprogramme, Aufgabenplaner, Cloud-Backup-Systeme, Projektmanagement-Tools, Kalender etc., je nachdem, welche Dienste und Tools im Arbeits- bzw. Lernprozess benötigt und als sinnvoll betrachtet werden (Abbildung 2.3).

Das Ziel ist die Entwicklung einer technologischen Infrastruktur, die eine individuelle Kompetenzentwicklung der Lernenden am Arbeitsplatz ermöglicht, indem vorher getrennte Anwendungen bedarfsorientiert zusammengeführt werden.

Eine PLE ist in der Lage, die informellen Lernprozesse zu kanalisieren. In Anlehnung an Sauter & Sauter (2013) lassen sich charakteristische Merkmale einer zukunftsgerichteten PLE in den folgenden Punkten zusammenfassen:

- die Inhalte und die Lerner-Oberfläche werden vom Lernenden selbst und eigenverantwortlich gestaltet
- der Lernende misst auf Basis der Interpretation seiner Lerndaten und der Ergebnisse aus den Kompetenzmessungen seine Lernfortschritte. Zukünftige

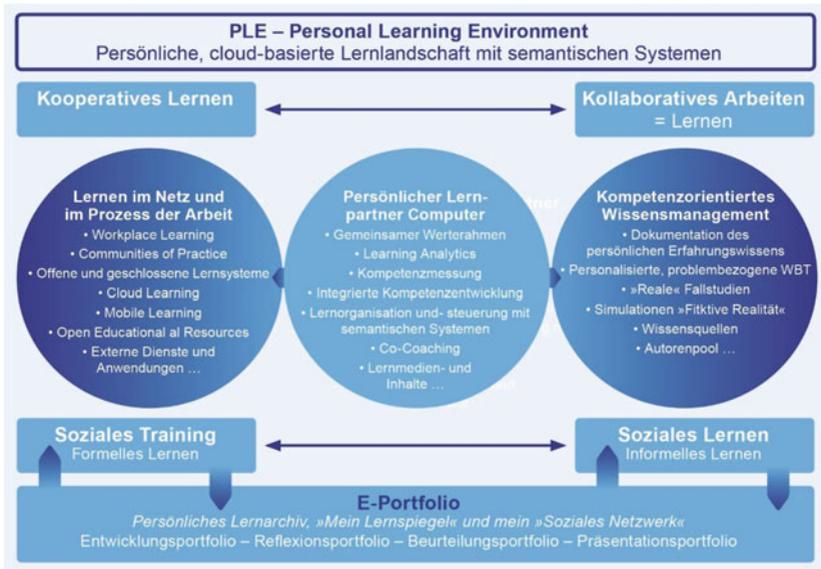


Abbildung 2.3 Struktur einer PLE (Quelle: Nach Sauter & Sauter 2013)

Leistungen werden vorausgerechnet und potenzielle Problembereiche aufgedeckt (Learning Analytics)

- die Kompetenzentwicklungsziele der Lernenden werden auf dieser Grundlage selbstorganisiert definiert und die Priorität der Lerninhalte eigenverantwortlich festgelegt
- die PLE stellt nach den Interessen und den Kompetenzentwicklungsmöglichkeiten des Lernenden pro aktiv Wissen zur Verfügung
- der Lernende erhält die Möglichkeit, sein eigenes Wissen mit unterschiedlichen Werkzeugen/Tools systematisch aufzubereiten und zu dokumentieren
- der Lernende definiert Zugangsberechtigungen sowie Vernetzungen zu Lernpartnern und sozialen Netzwerken
- der Lernende ist einziger Eigentümer seiner Inhalte
- die persönlichen Daten werden nach den Vorgaben der Lernenden geschützt

Eine PLE bildet damit die notwendige Voraussetzung für selbstorganisiertes und lebenslanges Lernen. Deshalb sollte das System grundsätzlich so gestaltet werden, dass der Lernende seinen persönlichen Lernraum, seine digitale Lernidentität

„mitnehmen“ oder zumindest löschen kann, falls er sein bisheriges Unternehmen verlassen sollte.

Aus den vorhergehenden Abschnitten lassen sich auf Grundlage der Literaturanalysen differenzierte Anforderungen an die Gestaltung einer arbeitsplatzförderlichen Lernumgebung zusammenfassen. Diese werden im Folgenden in der von Nuissl (2006) vorgegebenen Struktur hinsichtlich Lern- Dimensionen und Kernbereiche systematisch zugeordnet und bauen auf den Tabellen 2.2 und 2.3 (Valide Befunde zu Lernprozessen und Implikationen für die Lehre) auf. Im Ergebnis können konkrete Anforderungen zum arbeitsplatzbezogenen Lernen destilliert werden (Tabelle 2.4 und 2.5).

a) Dimension Prozess (1) und Dimension Aktivität (2):

b) Wirkung (3) und Intention (4):

Da eine PLE eine wichtige Rahmenbedingung für das Lernen am Arbeitsplatz darstellt, soll im folgenden Abschnitt auf automatisierte Verfahren eingegangen werden, die eine zeitsparende und effiziente Art einer PLE-Entwicklung ermöglichen. Unter Berücksichtigung der genannten Merkmale einer Arbeits- und Lerninfrastruktur werden im Folgenden adaptive und ubiquitäre Lernformen vorgestellt, durch welche sich innovative Potentiale durch die Anwendung des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse ableiten lassen.

2.1.2.5 Adaptive und ubiquitäre Lernumgebungen am Arbeitsplatz

Adaptives Lernen oder auch „Adaptive Learning“ wurde bereits in den 70-er Jahren des letzten Jahrhunderts entwickelt. Bereits damals existierte die Idee, dass Computer mit Nutzer*innen lernen und ihnen Wissen genau dann zur Verfügung stellen, wenn es benötigt wird. Ein bekanntes und trotzdem nicht erfolgreiches Beispiel war die Büroklammer im Microsoft Office Paket. Die Büroklammer fungierte als virtueller Lernassistent, wurde allerdings kaum genutzt.

Die rapide Weiterentwicklung in unterschiedlichsten Technologiebereichen wie z. B. Internet of Things, Big Data & Data Sciences, Robotics, Human-Machine-Interaction, User Experience, Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning, Reinforcement Learning, Neural Networks, Image Recognition, Semantic, Sensors, Embedded Systems, Microcontrollers, Wearables, RAM, NV-DIA CPU etc. bieten die technologischen Grundlagen zur Gestaltung adaptiver und ubiquitärer Lernszenarien (Brusilovsky & Peylo 2003; Erpenbeck & Sauter, 2013 u. 2015; Winkler et al. 2014).

Weber (2012, S. 113) definiert adaptive Lernsysteme wie folgt:

Tabelle 2.4 Valide Befunde zu Lernprozessen und Implikationen für arbeitsplatzbezogenes Lernen – Dimension Prozess und Aktivität (nach Nuissl 2006)

Kernbereiche	Bedeutungen von Lernen: Lernen (ist)....	Anforderungen in Bezug zum arbeitsplatzbezogenen Lernen
PROZESS	ein individueller, biographischer Prozess	Initiieren von Reflektionsprozessen zur eigenen Lernbiographie sowie Lernzielen
	ein konstruktiver Prozess und baut auf vorhandenen Wissenstrukturen des bereits Gelernten auf	Initiieren von Reflektionsprozessen hinsichtlich der individuellen Kompetenzentwicklung sowie Identifizierung und Festlegung von Lernbedarfen (Erstellen eines Lernprofils)
	abhängig von der Aufmerksamkeitsspanne der Lernenden	Integration von Rückmeldungs – Strukturen
	führt zu abrufbarem Wissen durch das Kurzzeit- bzw. Langzeitgedächtnis	Lerninhalte selbstgesteuert wiederholen und rezipieren
	von subjektiven Werten und ethischen Grundhaltungen abhängig	Förderung von Reflexion über Lerntandems bzw. Lerngruppen
	nie abgeschlossen	Kontinuierliche Weiterentwicklung des persönlichen Wissensmanagements durch eine PLE
	erfolgt durch Kategorisierung, Klassifizierung, Neugruppierung und Zugriffsmöglichkeit auf Lerninhalte	Eine persönliche, digitale Lernumgebung unterstützt das persönliche Wissensmanagement auf den Ebenen Organisieren, Recherchieren, Strukturieren, Verwalten, Speichern und Bearbeiten/ Erstellen von Inhalten
	eine selbstgesteuerte Aneignung der Inhalte	Lernen am Arbeitsplatz ist per Definition nicht direkt angeleitet, verläuft selbstgesteuert und intrinsisch motiviert
	erfolgt in Abhängigkeit des subjektiven Sinns, der den Lerninhalten zugeschrieben wird	Praxisbezogene Transferaufgaben bzw. konkrete Projekte/ Fallbeispiele unterstützen eine Sinnhaftigkeit der Lerninhalte
	AKTIVITÄT	aktivitätsorientiert
basiert auf einer reflektierenden Selbstkontrolle über den Lernprozess		Etablieren von selbstkonfigurierbaren Learning Analytics für die Mitarbeiter/Innen (keine Einsicht für andere Personen oder das Management)
methodenabhängig		Aufbau eines adaptiven Empfehlungssystems, das nicht nur die Inhalte, sondern auch die methodische Darbietung an den Bedürfnissen der Lernenden ausrichtet
erfolgt in sozialen Bezügen mit anderen Lernenden		Aufbau eines Netzwerkes mit anderen Kollegen oder Fachleuten sowie Teilnahme an MeetUps etc.
ist geprägt durch individuelle Lernstile (Verfahren zur Aneignung, Verarbeitung und Anwendung des Gelernten)		Eigene Lernstrategien reflektieren und kontinuierlich verbessern (ggf. durch Unterstützung von Learning Analytics)
muss gelernt werden		Etablierung einer professionellen Lernbegleitung am Arbeitsplatz
in soziale Kontexte eingebettet		Durchführung von Kontextanalysen zum Lernprozess am Arbeitsplatz, um Bedingungen und Strukturen des informellen Lernens zu verstehen
situativ		Regelmäßiges Organisieren von Lernsituationen am Arbeitsplatz
findet in der "real existierenden Welt" statt		Förderung von realen Lernprojekten am Arbeitsplatz
mit Handeln verknüpft		Selbstorganisiertes Lernen am Arbeitsplatz mit einem Transfer innerhalb projektorientierter Lernformen benötigt Zeit. (Arbeits- und Zeitdrucks verhindern arbeitsnahe Lernformen)

Tabelle 2.5 Valide Befunde zu Lernprozessen und Implikationen für arbeitsplatzbezogenes Lernen – Dimensionen Wirkung und Intention (nach Nuissl 2006)

WIRKUNG	Erfahrung	kontextgebunden	Lernen in realen Projekten erfordert eine Ermöglichung zur Beteiligung in herausfordernden Lern-/ Arbeitsprojekten
		wird auf Basis individueller Erfahrungen interpretiert	Integration von Transferaufgaben und realen Problemstellungen, die die Lerner in ihrer Arbeitswelt zu bewältigen haben
		emotional	Lernprozesse sind in eine Learning Community bzw. ein Lerntandem eingebunden
		erfolgt durch den Aufbau von kontextualisiertem Wissen	Ergänzung der realen Lernprojekte mit online-basierten Kommunikationsplattformen zum fachlichen Austausch
INTENTION	Erfolg	Änderung von Verhalten bzw. Erweiterung von Verhaltensmöglichkeiten	Organisation und Flankierung durch E-Tutoren bzw. E-Coaches und Trainer
		intentional und verfolgt selbst- bzw. fremdgesteuerte Ziele	Reflektion über und Festlegung von selbstgesetzten Zielen (ggf. in Abstimmung mit HR/ Führungskraft)
		führt zu einem Erfolgserlebnis	Anerkennung der erbrachten Leistungen durch Führungskraft

„Adaptive Learning systems (often called Adaptive Learning environments) aim at supporting learners in acquiring knowledge and skills in a particular learning domain. The goal is to enhance the individual learning process with respect to speed, accuracy, quality and quantity of learning. A wide range of different adaptation techniques is used in current Adaptive Learning environments. The application of these techniques is based on information about a particular learner stored in an individual learner model.“

Adaptive Lernformen sind folglich dadurch gekennzeichnet, dass die Lerninhalte den Bedürfnissen der Lernenden entsprechen. Dies wird durch eine komplexe Modellierung von Lernprofilen und einer Auswertung der so generierten Daten (Learning Analytics) ermöglicht. Derartige Systeme sind in den Bereichen Business Intelligence, Social Media Monitoring, Knowledge Management, Data-Driven Marketing, Competitive Intelligence oder auch in der Marktforschung bereits etabliert, im Bildungsbereich stehen derartige Systeme aufgrund mangelnder Wirtschaftlichkeit jedoch noch am Anfang.

Wie bereits erläutert, können adaptive Verfahren mit dem Konzept einer PLE kombiniert werden. Ziel ist es dabei, den Lernenden auf effektive Art und Weise selbstgesteuert zu ermöglichen, auf relevantes Wissen und Informationen zuzugreifen, sofern ein aktueller Lernbedarf (On Demand) am Arbeitsplatz besteht. Adaptive Lernsysteme können hierbei die digitale Lernumgebung (PLE) durch Anwendung von Verfahren aus der künstlichen Intelligenz unterstützen. Die Informationsflut (Big Data) wird hierbei kanalisiert und vorstrukturiert, um Informationsprozesse effizienter zu gestalten (Back 2014; Brusilovsky & Peylo 2003; Erpenbeck & Sauter 2015). Es ermöglicht relevante und qualitativ hochwertige

Informationen automatisiert zu „liefern“, anstatt mühevoll auf unterschiedlichsten Portalen zu recherchieren.

Diese Art von adaptivem Lernen kann in selbstgesteuerten, arbeitsplatzbezogenen Lernprozessen wie auch in formalen Lernszenarien hilfreich sein. Man stelle sich ein formales Lernszenario vor, in welchem in einer Gruppenarbeit eine kurze Recherche zu einem Thema durchgeführt werden soll. Der digitale Assistent identifiziert und aggregiert die relevanten internen wie auch externen Informationen, die dann von den Lernenden bewertet und weiterverarbeitet werden können. Hierfür werden wiederum sinnvolle Werkzeuge (Tools) zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse aus den formalen Lernarrangements können dann kontinuierlich in die individualisierten PLEs eingeflochten werden. Beispielsweise dadurch, dass eine im formalen Lernformat designte Infografik in OneNote (intern) gespeichert oder auf Pinterest (extern) gepinnt oder in Twitter (extern) veröffentlicht wird.

Die Zusammenstellung einer oben skizzierten PLE ist sehr komplex und zeitaufwändig, da die individuellen Qualifikationsprofile zunächst angelegt und die in Frage kommenden Applikationen zunächst einmal recherchiert und auf ihre Tauglichkeit innerhalb der jeweiligen Arbeitsaufgaben geprüft werden müssen.

In diesem Zusammenhang erhalten Verfahren aus der künstlichen Intelligenz wie z. B. Machine Learning eine besondere Bedeutung, wenn es beispielsweise darum geht, passende Tools schneller zu finden, fachliche Expertennetzwerke automatisiert vorzuschlagen oder nützliche Zusatzinformationen z. B. zu passenden internen Videos, externen YouTube-Channels, Veröffentlichungen, Konferenzen etc. zu erhalten. Mittels Auswertung der individuellen Nutzerdaten in Echtzeit (Learning Analytics) kann dem Lernenden der eigene Lernprozess visualisiert und zur Reflektion genutzt werden, was im Hinblick auf selbstgesteuertes Lernen wichtig ist. Parallel dazu können die Daten dazu verwendet werden, um relevante Lernressourcen aufgrund des Lernprofils zu identifizieren und dem Lernenden entsprechende Empfehlungen auszusprechen.

Auf diesen Zusammenhang gehen Buchem et al. (2011, S. 21) wie folgt ein:

„Frequently addressed concepts related to tools include mash-ups based on aggregation of tools and Service Oriented Architectures (SOA) as opposed to closed, monolithic systems. Further aspects include intelligent systems, such as personalised and contextualised recommendation services or expert systems based on semantic technologies and/or artificial intelligence“

Ein ähnlicher Ansatz wurde auch im Rahmen des Personal Learning MOOC¹ von Stephen Downes in 2016 diskutiert, in welchem es um die Entwicklung von

¹<https://www.downes.ca/post/65051>

digitalen Assistenten ging, die das selbstorganisierte und kollaborative Lernen in PLEs durch intelligente Verfahren unterstützen sollten. George Siemens erörterte diesbezüglich in einem Interview, wie unter Zuhilfenahme von Technologien aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz ein Fundament entwickelt werden kann, das als Wegbereiter intelligenter Lernsysteme fungiert (Freigang, 2016) .

Ziel assistierter Lernumgebungen ist es einerseits, passende Empfehlungen zu Inhalten zu liefern sowie geeignete Tools/Werkzeuge entlang des Lernprozesses zum weiteren verarbeiten, reflektieren und speichern anzubieten. Zum anderen geht es darum, das in persönlichen Lernumgebungen organisierte Wissen mit anderen zu teilen und individuelle PLEs in übergreifende Netzwerke einzubetten. Dieser Idee liegt der konnektivistische Ansatz nach George Siemens zugrunde, der den Menschen als vernetztes Individuum betrachtet (Siemens, 2014b). Dieses Netzwerk besteht aus Menschen wie auch aus nicht-menschlichen Quellen, wird durch Social Media erschlossen und fördert auf diese Weise selbstorganisiertes, selbstbestimmtes und kollaboratives Lernen. Aufbauend auf diesen Kernelementen können adaptive Lernformen den Lernprozess auf den folgenden 4 Ebenen der Wissensgenerierung unterstützen:

1. Relevante Informationen finden:

Relevante Informationen werden wie oben beschrieben durch semantische Technologien vorstrukturiert und in einen Kontext mit Such- und Filterfunktionen gestellt. Die semantische Wissensbasis wird dabei aus internen sowie externen Datenquellen gespeist (Steuer et al., 2014). Dadurch ist es möglich, Kategorien/Cluster zu definieren, zu welchen die Informationen zu beziehen sind. Die Kategorien/Cluster sind dabei nicht starr, sondern modifizierbar. Das System ist darüber hinaus lernfähig und schlägt automatisch neue Cluster vor, um „unknown Unknowns“ zu erschließen. Wichtig ist an dieser Stelle, dass die Informationen aus externen (Internet) sowie internen Datenbeständen (LMS/CMS, Wikis, Intranet etc.) bezogen werden. Die Informationen könnten dann beispielsweise für den Suchbegriff „Internet der Dinge“ in folgende Kategorien vorstrukturiert werden:

- Expert*innen (Newsgroups, Communities-of-Practice, Foren, Blogs etc.)
- Akteure (Unternehmen, Verbände, Vereine, Institute, Forschungseinrichtungen etc.)
- Produkte/Hersteller
- (Model-)Projekte/Best-Practices/Use-Cases
- Konferenzen & sonstige (Online-)Veranstaltungen (z. B. MOOCs etc.)
- Literatur (Artikel, Fachzeitschriften, Studien, Lehrbücher, Hausarbeiten, Diplomarbeiten, Dissertationen, Habilitationen etc.)

- Präsentationen (z. B. auf Slideshare)
- Bilder/ Fotos (Gruppier nach (CC-)Lizenzen)
- Videos (Vimeo, YouTube, fachspezifische Videoportale etc.)
- Social Media (ESN, Facebook, Google+, Twitter etc.)

Die Informationen werden auf dafür vorgesehenen Screens (z. B. Smartboards) visualisiert, teilstrukturiert und von den Lernenden weiterbearbeitet. Eine sich daran anschließende, mobile & ortsunabhängige Bearbeitung ist selbstverständlich möglich. Dementsprechend können die Lernenden von Ihren Laptops, Smartphones oder Tablets auf die Inhalte zugreifen und diese weiterbearbeiten.

2. Informationen speichern

Die Speicherung von relevanten Daten erfolgt automatisch per Backup in cloud-basierten Systemen, so dass auf die Ergebnisse von überall aus zugegriffen werden kann. Am Ende einer Session im Lernraum können zum Beispiel die bisher bearbeiteten Ergebnisse (der jeweiligen Teams) gespeichert und automatisch zu Beginn der nächsten Veranstaltung eingespielt werden. Somit wird ein nahtloses Weiterarbeiten ermöglicht. Falls zwischenzeitlich weitere Änderungen vorgenommen wurden, werden diese angezeigt sowie die dafür verantwortlichen Personen hinterlegt. Die (Such-)Ergebnisse werden nun sukzessive weiterstrukturiert und bewertet, beispielsweise kann eine Zuordnung zu „wichtig“ oder „unwichtig“ erfolgen. Eine automatisch generierte Verschlagwortung kann modifiziert und verfeinert werden, z. B. indem die Ergebnisse nicht nur zu Inhalten, sondern zu bestimmten Personen zugeordnet werden, welche diese dann später weiter ausarbeiten sollen. Bei Bedarf werden geeignete Verschlüsselungsverfahren angewendet, so dass nur dafür vorgesehene Personen sensible Daten abrufen können.

3. Informationen bearbeiten

Für die Verarbeitung von Informationen werden automatisch geeignete Werkzeuge zur Erstellung bzw. Weiterverarbeitung von Inhalten angeboten. Die Werkzeuge sind auch hier unterschiedlichen Kategorien zugeordnet (z. B. Dokument, Präsentation, Mind-Map, Infografik, Podcast, Vodcast, Animation, Interaktiver Part, Video, Blog etc.). Für die Erstellung von Dokumenten sind dann z. B. einheitliche Vorlagen je nach Dokumententyp in Word/OpenOffice etc. hinterlegt, zudem ein Literaturverwaltungsprogramm, welches alle bisherigen Zitationen verwaltet. Für eine Präsentation stehen z. B. PowerPoint oder Prezi etc. zur Auswahl sowie eine CC-Bildersuche.

4. Informationen präsentieren

Ein adaptiver und ubiquitärer Lernraum (vgl. Abschnitt 2.3.3) wäre in der Lage, den Tag einer Präsentation zu erkennen und würde zur angegebenen Zeit automatisch in den „Vortragsmodus“ schalten. Ggf. gehen die Jalousien automatisch runter, die Leinwand geht in Position und die Soundanlage wird aktiviert. Zusätzliche Features wie z. B. „Aufnahmemodus“ können aktiviert werden. Dann wird die Präsentation aufgezeichnet, ggf. in andere Büros gestreamt und im Nachgang nochmals bearbeitet (vgl. 3.), um als finales Ergebnis ein Video mit den wichtigsten Informationen im System zu speichern für diejenigen, die z. B. nicht anwesend sein konnten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich adaptive Lernsysteme ausschließlich auf online-basierte Lernformen beziehen und ihren Ursprung in der Intelligent Tutoring Systems (ITS) Forschung haben. Die Erforschung und Entwicklung „intelligenter Lernsysteme“ basiert entsprechend auf den Errungenschaften der Künstlicher Intelligenz (engl.: Artificial Intelligence) (Weber, 2012). In diesem Zusammenhang werden häufig Begriffe wie „intelligenter Tutor“ oder auch „digitaler Assistent“ verwendet, die darauf hindeuten, dass derartige Lernunterstützung mithilfe von Machine Learning, Neural Networks, Deep Learning etc. betrieben werden. Aufgrund der Komplexität derartiger Anwendungen haben Forschungsprojekte zu ITS allerdings überwiegend den Status eines Pilotprojektes, die unter „Laborbedingungen“ erforscht und entwickelt werden. Außerhalb dieser kontrollierten Strukturen werden „intelligente Systeme“ bisher kaum eingesetzt, da Kosten und Aufwand noch zu hoch sind (vgl. ebenda). Mit einer kontinuierlichen Weiterentwicklung der oben genannten Technologien ist jedoch in den kommenden Jahren damit zu rechnen, dass adaptive Lernsysteme in ihrer Komplexität und Entwicklungsarbeit günstiger und effizienter werden.

In Ergänzung zu den erläuterten adaptiven Lernformen ermöglicht ubiquitäres Lernen oder auch „Ubiquitous Learning“ eine nahtlose Kombination von virtuellen und physischen Umgebungen und geht über adaptive, online-basierte Lernunterstützung hinaus. Der Begriff hat seinen Ursprung im „Ubiquitous Computing“ (vgl. Abschnitt 2.2) und wurde maßgeblich ab 2005 durch die Autoren Bomsdorf (2005), Hwang et al. (2008), Kinshuk & Graf (2012) sowie Peng et al. (2008) geprägt. Dabei definieren Kinshuk & Graf den Begriff „Ubiquitous Learning“ wie folgt (2012, S. 3361):

„Ubiquitous Learning can be defined as an everyday learning environment that is supported by mobile and embedded computers and wireless networks in our everyday life [...]. It is aimed to provide learners with content and interaction anytime and

anywhere [...]. The learning process includes the real-life experience augmented with virtual information and is adapted to the learner and learner's environment.“

Dementsprechend ist der reale Lernkontext, also die Situation und der Ort an dem gelernt wird von großer Bedeutung für ubiquitäres Lernen. Über sogenannte „Embedded Systems“ (vgl. Abschnitt 2.2.1.2) kann die physische Umgebung bzw. der Lernraum mit der virtuellen Welt vernetzt werden, wodurch völlig neue Lernformate innoviert werden können (vgl. Abschnitt 2.3.3). Daraus lässt sich in einem ersten Schritt ableiten, dass ubiquitäre Lernformen besonders geeignet sein könnten, um formales Lernen innerhalb intelligenter & hybrider Lernräume zu unterstützen sowie mit situativen, informellen Lernerfahrungen (vgl. Abschnitt 2.1.2.1) am Arbeitsplatz zu kombinieren.

Die Autorin Bomsdorf (2005) verwendet in diesem Zusammenhang den Begriff „Ubiquitous Learning Environment“ und beschreibt ubiquitäre Lernszenarien folgendermaßen:

„Ubiquitous Learning is the next step in performing e-learning and by some groups it is expected to lead to an educational paradigm shift, or at least, to new ways of learning. [...] Furthermore, it enables seamless combination of virtual environments and physical spaces.“

Auch in dieser Zitation wird deutlich, dass physische Räume bzw. Umgebungen eine relevante Rolle spielen, um ubiquitäres Lernen zu ermöglichen. Ziel ist es, überall und zu jeder Zeit, situations- und kontextbezogenes Lernen zu können. Ermöglicht wird dies durch eine „unsichtbare“ Integration moderner Technologien, die ein „omnipräsentes Lernen“ ermöglichen. Dabei wird die physische Welt mit digitalen Inhalten angereichert und über mobile Endgeräte (wie z. B. Smartphone, Tablet) abgerufen (Kinshuk & Graf, 2012).

Aus dem vorangegangenen Zitat von Bomsdorf (2005) geht darüber hinaus ein direkter Bezug zum Begriff des „seamless learning“ hervor. In einer Literaturanalyse von Wong & Looi (2011) wird kritisch darauf hingewiesen, dass die Begriffe „seamless learning“ und „Ubiquitous Learning“ in der wissenschaftlichen Community teilweise synonym verwendet werden und es einer Konkretisierung bzw. einer Abgrenzung der Begrifflichkeiten bedarf (S. 2370). Dabei umschreiben sie „seamless learning“ wie folgt:

“Seamless learning refers to the seamless integration of the learning experience across various dimensions including formal and informal learning contexts, individual and social learning, and physical world and cyberspace“

Je nach Perspektive und Vorwissen der Leser*innen können beide Definitionen, die sich einmal auf Ubiquitous Learning (Bomsdorf 2005) und einmal auf seamless learning (Wong & Looi, 2011) beziehen ähnlich interpretiert werden. Aus diesem Grund differenzieren die Autoren Wong & Looi seamless learning im Rahmen ihrer Literaturanalyse durch eine Zuordnung von insgesamt 10 Merkmalen, die sie aus der Literatur extrahiert und gegenübergestellt haben. Folgende Merkmale sind demnach ausschlaggebend (frei aus dem Englischen übersetzt):

Seamless learning...

1. umfasst formales und informelles Lernen
2. umfasst personalisiertes und soziales Lernen
3. ist zeitübergreifend
4. ist ortsübergreifend
5. unterstützt einen allgegenwärtigen Zugang zu Wissen
6. umfasst physikalische und digitale Lernwelten
7. kombiniert unterschiedliche Endgeräte (Desktop PC, Interactive Boards, Smartphones etc.)
8. ermöglicht ein nahtloses Wechseln zwischen unterschiedlichen Lernphasen
9. unterstützt die Synthese im Wissensprozess
10. umfasst verschiedene pädagogische Modelle oder Lernaktivitäten

Seamless learning kann dieser Charakterisierung zufolge als ein Teilbereich von „smart learning“ interpretiert werden, da es viele Überschneidungen zu den von Hwang (2014) definierten Merkmalen (vgl. Tabelle 2.7) gibt, die darüber hinaus im soziotechnischen Ansatz dieser Forschungsarbeit Eingang gefunden haben (vgl. Kapitel 3). Deutlich wird, dass das Konzept des „seamless learning“ die jeweiligen pädagogischen Konzepte mehr ins Zentrum rückt wohingegen dem Ubiquitous Learning, wahrscheinlich auch durch den engen Bezug zum ubiquitous computing, eine eher technikorientierte Perspektive zugrunde liegt.

Demzufolge konstatieren die Autoren Wong & Looi (2011, S. 2372) folgendermaßen:

“Ubiquitous Learning is more about how ubiquitous technology supports the learners in the right way, in the right place, and at the right time, based on the personal and environmental contexts in the real world (Hwang, et al. 2008). Seamless learning, as defined and described by Kuh (1996) and Chan et al. (2006), is more a learner’s habit of mind which may or may not need to be mediated or supported by technology.”

Die vorliegende Arbeit versucht im Rahmen eines holistischen und soziotechnischen Ansatzes, beide Lernformen zu kombinieren.

Bei „Ubiquitous Learning“ werden Technologien genutzt, um die Darbietung der Inhalte in Abhängigkeit der aktuellen Situation und des Lernkontextes variabel anzuzeigen. Darüber hinaus werden die Inhalte aber auch an die Bedürfnisse der Lernenden (adaptives Lernen) angepasst. Ubiquitäres Lernen kann demzufolge als eine kontextgebundene Weiterentwicklung adaptiver Lernsysteme interpretiert werden.

Es geht nicht nur darum, die richtigen Informationen, zum richtigen Zeitpunkt und am richtigen Ort zur Verfügung zu stellen, sondern auch adaptiv zu präsentieren. Das adaptive & ubiquitäre System „erlernt“ die Bedürfnisse und bevorzugten Lernmethoden und liefert „adaptive und kontextsensitive Informationen“. Derartig hoch komplexe Lernansätze erfordern nach Kinshuk & Graf (2012) die Modellierung vielfältigster persönlicher Faktoren und kontextbezogener Parameter im Vorfeld. Ein ubiquitäres System muss letztlich erkennen, wer der Lernende ist, wo sich der Lernende aufhält, was er dort vorhat und in welchem Kontext er sich dort aufhält. Erst dadurch ist ein ubiquitäres System in der Lage, vergangene Lernpfade abzubilden und mit immer neuen Lernsituationen zu verbinden. Kinshuk & Graf (ebenda) verweisen auf drei Gestaltungsebenen, die für ubiquitäre Lernformen im Vorfeld zu modellieren sind:

1. The learner model
2. The location model
3. The context model

Die Entwicklung von ubiquitären Lernsystemen ist ein sehr komplexer Vorgang und beruht auf einer Kombination folgender, aufeinander aufbauender Bereiche, die von Bomsdorf (2005) detailliert beschrieben wurden:

1. Individuelles Profiling (Qualifikationen, Lernziele, Interessen, bevorzugte Lernmethoden etc.)
2. Zugang zu Meta Daten (Auswertung von Big Data aus internen/externen Datenbeständen)
3. Set an Lernressourcen (Werkzeuge, Lerngegenstände, Tools, Dienste, Kalender, Mail etc.)

Das bedeutet, dass im Vorfeld zunächst eine umfassende Bedarfsanalyse der Lernenden durchzuführen ist. Darauf aufbauend werden interne und externe Datenbestände identifiziert, die im Zuge der Lernprozesse relevante Inhalte liefern

und an das Lernsystem angebunden werden können. Dazu gehören beispielsweise auch Netzwerke. In einem dritten Schritt werden dann konkrete Lernressourcen identifiziert und bereitgestellt, die individuelle Lernprozesse unterstützen können.

In Ergänzung dazu führt Hwang (2014) weitere Bereiche auf, die für ubiquitäre Lernsysteme analysiert, geplant und implementiert werden müssen:

4. Zustand der Lernenden (Aufenthaltsort, Temperatur, Zeit etc.)
5. Lernkontrolle (Was wurde gelernt? Wo gab es Probleme? Wurden Lernziele erreicht?)
6. Hilfe & Feedback (z. B. Leitfäden, Feedback-Systeme etc.)

Die differenzierte Literaturanalyse zu den Lernbegriffen „adaptives und ubiquitäres Lernen“ hat unter Reflektion zum Begriff des „seamless learnings“ Unschärfen zu Tage gefördert, die eine stringente, eindeutige Begriffsbestimmung in der vorliegenden Forschungsarbeit nicht zulassen. Die Grenzen zwischen adaptivem und ubiquitären Lernen sind fließend, wobei sich selbst die Expert*innen nicht immer einig sind und sich teilweise sogar widersprechen. Besonders deutlich wird dies in einer Übersicht von Hwang (2014), wobei er charakteristische Merkmale adaptiven und ubiquitären Lernens verglichen und gegenübergestellt hat (vgl. Tabelle 2.6 – frei aus dem Englischen übersetzt):

Trotz der ermittelten Unschärfen ist es wichtig, diese modernen Lernansätze weiterzuentwickeln. Die Datenmenge wächst und potenziert sich stetig. Für Wissensarbeiter*innen bedeutet dies sprichwörtlich, die Nadel im Heuhaufen zu finden. Das Problem ist der Datenmangel trotz Datenflut. Dies ist eine von vielen Herausforderungen, mit denen die Gesellschaft im Zuge der Transformation zur Wissensgesellschaft umgehen muss, nämlich diese verteilten, unstrukturierten Daten zur Wissensgenerierung handhabbar zu machen, indem geeignete Rahmenbedingungen für ein effektives, informelles wie auch formales Lernen am Arbeitsplatz entwickelt werden.

Durch die Nutzung modernster Technologien innerhalb von adaptiven und ubiquitären Lehr- und Lernprozessen verschwimmen zunehmend die Grenzen zwischen unterschiedlichen Lernformen und Lernmethoden. Es entstehen Mischformen des Lernens, die zwischen formalen und informellen Lernsettings, zwischen selbstorganisiertem und sozialen Lernen, zwischen verschiedenen Lernzeiten und Lernorten sowie zwischen analogen und digitalen Lernformaten zu verorten sind (Specht et al., 2013). Derartige Lernszenarien ermöglichen unter Verwendung modernster, mobiler, drahtloser Informationstechnologien wie dem Internet der Dinge ein fließendes (hybrides) Zusammenwirken zwischen physischen Lernräumen und einer digitalen Lernumgebung.

Tabelle 2.6 Vergleich zwischen ubiquitärem und adaptivem Lernen (aus dem Englischen nach Hwang 2014)

Merkmale	ubiquitäres Lernen	adaptives Lernen	Bemerkungen
1. Erkennt und berücksichtigt den realen Kontext	ja	nein	
2. Platziert Lernende in real-weltlichen Szenarien	ja	nein	
3. Passt den Inhalt an unterschiedliche Lernende an	nein	ja	steht z.B. im Widerspruch mit der Definition von Ubiquitous Learning von Kinshuk aus 2012
4. Passt das Interface an unterschiedliche Lernende an	nein	ja	
5. Passt Lernaufgaben und Lernziele an individuelle Bedarfe an	nein	nein	
6. Bietet persönliches Feedback und Hilfestellung	ja	ja	
7. Bietet Hilfestellung zu Lernmethoden über unterschiedliche Fachdisziplinen hinweg	nein	nein	
8. Bietet Hilfestellung zu Lernmethoden in unterschiedlichen Lernkontexten (Schule, Campus, Bibliothek, Arbeitsplatz, Heimweg, Nahverkehr, Auto etc.)	ja	nein	
9. Empfiehlt Lernwerkzeuge und Lernstrategien	nein	nein	
10. Beachtet den online-Status der Lernenden	nein	ja	
11. Beachtet den real-weltlichen-Status der Lernenden	ja	nein	
12. Unterstützt formales und informelles Lernen	ja	nein	
13. Berücksichtigt persönliche Faktoren sowie kontextbezogene Faktoren (Vorlieben, Zeitpläne, Bedürfnisse, Situation etc.)	nein	nein	steht z.B. im Widerspruch mit der Definition von Ubiquitous Learning von Kinshuk aus 2012
14. Interagiert mit den Nutzern über unterschiedliche (ubiquitous-) Devices (z.B. Smartphone, VR/AR-Brille etc.)	ja	nein	
15. Unterstützt die Lernenden durch vorangegangene Anpassungen über reale und virtuelle Kontexte hinweg (in Echtzeit)	nein	nein	

2.1.3 Schlussfolgerungen

Lernen ist wie im vorhergehenden Abschnitt empirisch dargelegt, von den Prozessen, Aktivitäten, Wirkungen und Intentionen auf der Mikroebene der Subjekte abhängig und steht darüber hinaus auf der Makroebene in Wechselwirkung mit organisationalen Strukturen der formalen Weiterbildung. Im Rahmen des arbeitsplatzbezogenen Lernens zeigen sich insbesondere Verflechtungen zur täglichen Tätigkeit, also zu den jeweiligen Aufgaben und Kompetenzprofilen der entsprechenden Berufsbezeichnung in einer Organisation.

Moderne Konzepte des „Workplace Learning“ zielen im Zuge der digitalen Transformation auf eine integrierte Kompetenzentwicklung im Prozess der Arbeit selbst sowie auf eine Unterstützung von vernetzten und sozialen Lernformen. Diesem Ansatz folgend ist Lernen vor allem vor dem Hintergrund einer selbst-organisierten 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 erwachsenpädagogischer, 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. Insbesondere die digitalen Medien bieten für selbstgesteuerte und arbeitsplatzbezogene Lernformen vielfältige und leicht nutzbare Ressourcen.

Nach Kerres (2016) braucht es im Rahmen der Digitalisierung und der damit verbundenen hoch komplexen Bildungsarbeit 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 (vgl. ebenda). Für die vorliegende Forschungsarbeit lässt sich demnach schlussfolgern, dass im Rahmen der gestaltungsorientierten Bildungsforschung eine ganzheitliche Perspektive eingenommen werden muss, die subjektive, soziale, interaktive, kulturelle sowie technische Faktoren gleichermaßen berücksichtigen muss.

Insofern ist eine einseitige Förderung von z. B. informellem Lernen isoliert angewendet keine zufriedenstellende Lösung. Wenn es beispielsweise darum geht, Produktschulungen in der Fläche durchzuführen, Anwender*innen zu neuen IT-Infrastrukturen zu schulen oder Führungsprinzipien zu verankern, gibt es zu didaktisch sauber aufgebauten digitalen Schulungsmedien (WBTs) keine Alternative. Wie das „Swiss Center for Innovations in Learning“ (SCIL) in seinem Arbeitsbericht 24 von Januar 2013 sehr treffend beschrieben hat, geht es weniger um ein entweder/oder, sondern vielmehr um ein Kontinuum (Seufert et al., 2013). Wo das informelle, adaptive oder auch ubiquitäre Lernen anfängt und wo es aufhört, ist eine Sache der jeweiligen Definitionen, die wie im vorhergehenden Abschnitt hergeleitet wurde nicht eindeutig zu dekonstruieren bzw. zu spezifizieren sind. Wichtig ist es daher, die jeweiligen Formate didaktisch sinnvoll miteinander zu verzahnen. Genau an diesem Punkt setzen die hoch modernen Technologien wie das Internet der Dinge ein (vgl. Abschnitt 2.2), die

die vorhandenen Brüche zwischen formalen Lernsettings in klassischen Schulungsräumen mit informellen Lernformen innerhalb intelligenter und hybrider Lernräume auflösen können (vgl. Abschnitt 2.3). Digitalisierte Bildungsformate wie adaptive und ubiquitäre Lernsysteme erfordern eine komplexe Gestaltungs- und Modellierungsarbeit, die über mehrere Ebenen und Parameter vollzogen werden muss.

Im Kern geht es letztlich immer darum, zunächst die Dimensionen des Lernens (Prozesse, Tätigkeiten, Wirkungen und Intentionen) im Vorfeld zu verstehen und genau zu analysieren, um darauf aufbauende organisationale Rahmenbedingungen und Unterstützungsformate zu innovieren. Eine zunehmende Verknüpfung von betrieblicher Weiterbildung mit Personal- und Organisationsentwicklung macht es darüber hinaus nötig, entsprechend vielschichtige Frameworks so anzulegen, dass die Wechselwirkungen der Einflussbereiche stärker in den Blick genommen werden.

In Anbetracht der dargelegten Befunde sowie erwachsenenpädagogischer Diskurse lässt sich Folgendes für vorliegende Forschungsarbeit ableiten:

Aus bildungswissenschaftlicher Perspektive verfolgt die Forschungsarbeit einen ganzheitlichen, gestaltungsorientierten und interdisziplinären Zugang. Das bedeutet, dass die aus der empirischen Weiterbildungsforschung vorliegenden Befunde und Faktoren einer „gelingenden“ Lehre als Rahmung der Arbeit zwar berücksichtigt, nicht aber in validen Kausalzusammenhängen dargestellt werden. Feststehende, kausale Zusammenhänge zu beschreiben, würde das Ziel der Arbeit verfehlen, da letztlich ein Transfer der Erkenntnisse im Mittelpunkt steht und jede Organisation unterschiedliche Ausgangspositionen und Rahmenbedingungen mit zudem variierenden Schwerpunkten aufweisen würde.

Darüber hinaus wird explizit zwischen informellen Lernprozessen am Arbeitsplatz und formalen Lernprozessen in intelligenten und hybriden Lernräumen unterschieden mit dem Ziel, die Brüche zwischen diesen Lernformen zu minimieren.

In diesem Kontext wird in den kommenden Kapiteln der Versuch unternommen, die allzu oft isoliert betrachteten Mikroprozesse der Lernenden in einer Verschränkung mit den Makroprozessen auf organisationaler Ebene zu erweitern. Hierbei werden aktuelle Erkenntnisse aus der Lehr- und Lernforschung gebündelt und in einem ganzheitlichen, soziotechnischen Gesamtsystem betrachtet (vgl. Abschnitt 3.4).

2.2 Das Internet der Dinge

Im folgenden Abschnitt werden unterschiedliche Definitionen des Begriffes „Internet der Dinge“ (engl.: Internet of Things) zusammengetragen sowie Unterschiede und Gemeinsamkeiten herausgearbeitet. Ziel ist es, die Bedeutung sowie die Besonderheiten des Internet of Things (IoT) systematisch zu analysieren und als theoretische Basis der vorliegenden Arbeit darzulegen.

Die systematische Literaturrecherche wurde im August 2015 durchgeführt, wobei das Vorgehen folgende Arbeitsschritte umfasste:

- Festlegung der primären Suchbegriffe auf „Internet der Dinge“ und „Internet of Things“
- Recherche über das Internet, Google Scholar sowie über den ZIH WebVPN Service der TU Dresden, um auf alle Publikationen der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB) zugreifen zu können (inkl. Fachdatenbanken)
- Identifizierung von 83 relevanten Quellen
- Speicherung und Verschlagwortung der Fundstellen in einem Literaturverwaltungsprogramm (Zotero)
- Sichtung und Strukturierung der Quellen mit Hilfe eines systematischen Textanalyseverfahrens. Dabei wurde die SQ3R-Methode nach Robinson (1978) angewendet (vgl. Abbildung 3.24).
- Inhaltsanalytische Auswertung von 26 Schlüsselwerken zum „Internet der Dinge“ (überwiegend aus dem deutschsprachigen Raum)
- Die systematische Suche mit dem Keyword „Internet der Dinge“ wurde mit einem Schneeballverfahren kombiniert, d. h., dass die Suche über das Literaturverzeichnis einschlägiger Publikationen erweitert wurde. Besonders häufig zitierte Literatur wurde entsprechend den Schlüsselwerken zugeordnet.

2.2.1 Begriffsklärung und Merkmale

Eine fundierte Dekonstruktion und Systematisierung der Bedeutung des Internet der Dinge durch einen Vergleich unterschiedlicher Begriffsdefinitionen stellt die Basis zur Generierung wissenschaftlicher Erkenntnisse dar. Von daher wird im Folgenden der Begriff „Internet der Dinge“ bzw. „Internet of Things“ (IoT) erörtert und in seiner Bedeutung erläutert.

Grundlage dieser Analyse ist die Auswertung von 26 Quellen unter dem Aspekt der Definition und Beschreibung des Begriffes „Internet der Dinge“ bzw.

„Internet of Things“ (IoT). Die verwendeten Quellen stammen aus den Bereichen Politik (z. B. Europäische Kommission, BMWi), Wissenschaft und Forschung (z. B. Fraunhofer, Universität St. Gallen) und Wirtschaft (z. B. Cisco, IBM, Siemens). Eine Übersicht der Kernaussagen ist auf dem Portal Slideshare² zu finden.

Der Begriff „Internet der Dinge“ geht zurück auf das Auto-ID Center am Massachusetts Institute of Technology (MIT), das im Jahr 1999 erstmalig eine firmenübergreifende RFID-Infrastruktur entwarf. Kevin Ashton, der Mitgründer und damalige Leiter des Auto-ID Center, verwendete in einem Vortrag als Erster die Formulierung „Internet of Things“ (Fraunhofer IML, 2015).

„I could be wrong, but I'm fairly sure the phrase „Internet of Things“ started life as the title of a presentation I made at Procter & Gamble (P&G) in 1999.“

(Ashton, 2009)

Nach Ashtons Vision sollten Computer fähig sein, unabhängig vom Menschen Informationen zu beschaffen. Computer müssten die reale Welt begreifen – ohne von Menschen bedient zu werden. Sodann würden viele Verluste und Kosten erspart bleiben (Fraunhofer, 2015).

2.2.1.1 Internet der Dinge und Smart Objects

Ein zentrales Merkmal des Internet der Dinge, das sich bereits aus dem Begriff selbst ableiten lässt, sind die sogenannten „Smart Objects“ – also „intelligente Dinge“. Diese entstehen dadurch, dass Alltagsgegenstände (Objekte/Dinge) mit „technischer Intelligenz“ angereichert werden. Die Autoren Fleisch und Thiesse (2014) beschreiben diese Besonderheit folgendermaßen:

„Das Internet der Dinge bezeichnet die Idee eines erweiterten Internet, welches neben klassischen Rechnern und mobilen Endgeräten auch beliebige physische Gegenstände mittels Sensoren und Aktuatoren in seine Infrastruktur einbindet und so zu Anbietern bzw. Konsumenten verschiedenster digitaler Dienste macht.“

Durch das Internet der Dinge wird die physische Welt der Gegenstände mit der virtuellen Welt der Daten verbunden. Das Internet der Dinge führt letztlich zu einer vollständigen Fusion, zu einer Hybridisierung zwischen der analogen und digitalen Welt. Die Grenzen verschwimmen und sind nicht mehr klar voneinander

²<https://de.slideshare.net/Alonvy/was-ist-das-internet-der-dinge>

zu trennen. Smarte Objekte/Dinge sind in der Lage, ihre Umgebung wahrzunehmen und Informationen zu verarbeiten. Diese „technische Intelligenz“ kann sich dabei sehr stark unterscheiden und reicht von einer eher passiven Informationsaufnahme, -speicherung und -verarbeitung bis zur autonomen Durchführung von Aktionen, indem sie auf ihre Umgebung reagieren und mit ihren Nutzer*innen innerhalb eines Embedded Systems (vgl. Abschnitt 2.2.1.2) interagieren (Botthof & Bovenschulte, 2009). Technologische Grundlagen sind hier insbesondere RFID, Sensorik und Aktuatorik.

Die Idee eines Internets der Dinge hat seine Ursprünge in den Konzepten des Anfang der 90er Jahre von Mark Weiser skizzierten „Ubiquitous Computing“ (Weiser, 1991), welche in den Folgejahren von anderen Forschern aufgegriffen und weiterentwickelt wurden. Grundgedanke des Ubiquitous Computing ist – ebenso wie der nahezu deckungsgleichen Begriffe „Pervasive Computing“ (Lucke & Rensing, 2014; Estrin et al. 2002) oder „Ambient Intelligence“ (Aarts & Harwig, 2002) – eine Erweiterung beliebiger physischer Gegenstände über ihre bestehende Form und Funktion hinaus durch mikroelektronische Komponenten. Die so entstehenden „smarten“ Gegenstände bilden, mit digital verknüpfter Prozesslogik, Sensorik und der Möglichkeit zur Vernetzung ausgestattet, ein Internet der Dinge, in dem der Computer als Gerät verschwindet und in den „smart Objects“ der physischen Welt aufgeht (Mattern, 2005).

Zusammenfassend kann man Smart Objects als allgegenwärtig, unsichtbar und autonom bezeichnen (Gabriel et al. 2010), welchen folgende charakteristische Eigenschaften zugrunde liegen (Fleisch & Thiesse 2014):

- Identifikation
- Kommunikation
- Sensorik
- Aktorik
- Speicher
- Benutzerschnittstelle

Ermöglicht und forciert wird das Internet der Dinge durch technologische Trends, die die Autoren Botthof und Bovenschulte (2009) wie folgt zusammenfassen:

- Miniaturisierung/Systemintegration
- Konvergenz
- Dezentralisierung
- Vernetzung
- Selbstorganisation

Die Autoren Mattern und Flörkemeier (2010) führen in diesem Zusammenhang auf, dass die „Vision“ des Internet der Dinge über oben genannte Charakteristika weitere Grundlagen zu erfüllen hat, die in den Bereichen Effizienz, Skalierbarkeit, Verlässlichkeit, Sicherheit und Vertrauenswürdigkeit zu verorten sind. Als weitere Herausforderungen (vgl. auch Abschnitt 2.2.1.7) formulieren die Autoren die Einhaltung gesellschaftlicher und politischer Erwartungen, die darüber hinaus in Einklang mit ökonomischen Interessen gebracht werden müssen.

Schlussfolgernd kann festgestellt werden, dass sich eine erste Besonderheit des Internet der Dinge auf die Digitalisierung von alltäglichen Dingen bezieht, die bisher nicht mit dem Internet verbunden waren bzw. über keine elektrischen und informationsverarbeitenden Komponenten verfügt haben. Die Auswirkungen sind dabei enorm, weil dies letztlich jeden Gegenstand in unserem Alltag betreffen könnte.

Ein gutes und bereits weit verbreitetes Beispiel liefern Bücher. Einige Kinderbücher sind heutzutage bereits mit Sensoren und Aktuatoren ausgestattet und geben per Tastendruck Musik, Tiergeräusche oder auch auditive Zusatzinformationen zu bestimmten Inhalten wider. Komplexere Lerneinheiten werden durch einen zusätzlichen „Smart-Pen“ ermöglicht. Über diesen können immer neue Module über das Internet heruntergeladen werden. Letztlich können auch Spielkarten³, Spielfiguren, ein Globus, ein Vulkan etc. mittels Smart Objects zum Leben erweckt werden. Dadurch werden klassische Bücher, Lerngegenstände oder Spielzeuge multimedial erweitert, so dass interaktive Lernformen möglich werden. Im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit werden diese Smart Objects also Bestandteil der Lernräume, indem ausgewählte Dinge im Raum und insbesondere die Lerngegenstände digitalisiert und mit IT angereichert werden. Auf diese Weise werden normale Gegenstände eines Lernraumes in intelligente Dinge transformiert, die wiederum mit anderen Dingen vernetzt sind und untereinander kommunizieren können (vgl. Abschnitt 2.3.3).

2.2.1.2 Internet der Dinge und Embedded Systems

Die Idee, dass eingebettete „Minicomputer“ die Menschen unauffällig in ihrem Alltag unterstützen hat viele visionäre Vorläufer, welche nicht nur aus dem Science-Fiction Genre bekannt sind. Mark Weiser beispielsweise war ein US-amerikanischer Wissenschaftler (1952–1999) aus den Bereichen Informatik und Kommunikationswissenschaften, der o. a. Visionen sehr detailliert in seinem bekannten Aufsatz „The Computer for the 21st Century“ aus dem Jahr 1991 formulierte. In diesem Zusammenhang werden oft auch Begriffe wie Pervasive

³<https://www.tiptoi.com/>

Computing und Ubiquitous Computing genannt, welche sich auf eine allesdurchdringende Vernetzung des Alltags durch den Einsatz intelligenter Gegenstände und auf eine allgegenwärtige Informationsverarbeitung beziehen. Der Autor Mark Weiser (1991, S. 94) beschreibt dies bereits vor knapp 30 Jahren folgendermaßen:

“Specialized elements of hardware and software, connected by wires, radio waves and infrared, will be so ubiquitous that no one will notice their presence.”

In seiner Vision ist das Internet unsichtbar in die Umgebung integriert, so dass es von den Menschen nicht mehr wahrgenommen wird. Es unterstützt die Menschen kontinuierlich in ihren täglichen Routinen und das sogar ohne Verfahren der künstlichen Intelligenz nutzen zu müssen. Zwei wesentliche Merkmale seien dafür notwendig. Zum einen müsse der genaue Ort und zum anderen der Kontext erkannt werden. Über sogenannte „Badges“ könnten zum einen der Ort und auch die damit verbundene Person über konkrete IDs gekoppelt werden, sodass der Raum erkennt, wer sich in ihm befindet. Weiser formuliert insbesondere Anwendungsszenarien aus der Arbeitswelt, in denen Lernen und Arbeiten durch physische Räume wie folgt unterstützt werden könnten:

„Meetings, for example, consist of several people spending time in the same room, and the subject of a meeting is most probably the files called up on that room’s display screen while the people are there. No revolution in artificial intelligence is needed, merely computers embedded in the everyday world.“

(Weiser 1991, S. 99)

Darüber hinaus beschreibt er weitere Anwendungsszenarien insbesondere in Konferenzräumen für unterschiedliche Arten von Screens oder auch Tafeln, die eine neue Form der Zusammenarbeit ermöglichen sollen. Globale und virtuelle Zusammenarbeit und das gemeinsame Bearbeiten unterschiedlichster Dateien sind nach Weiser dabei die wesentlichen Aspekte eines ubiquitären Internets. Ziel sei es dabei, das Problem des „information overload“ zu lösen, indem automatisierte und bedarfsorientierte Suchen die Menschen in ihrer täglichen Arbeit unterstützen. Nützliche Mehrwerte generieren sich hierbei nicht nur durch die Nutzung digitaler Displays oder weiterer Komponenten, sondern vielmehr durch deren Interaktion untereinander. Auch die Ausstattung der Räume mit entsprechenden Softwaretools bieten nach Weiser wertvolle Zusatzdienste innerhalb einer komplexer werdenden Arbeit (vgl. ebenda, S. 100).

Anhand eines Beispiels, bei welchem eine Person am Wochenende in der Zeitung einen interessanten Absatz liest und diesen mittels eines Stiftes digitalisiert

und per E-Mail ins Büro schicken lässt, beschreibt Weiser eine weitere Vision ubiquitärer Technologie, die auf eine Verbindung von informellen und formalen Lernsettings ausgerichtet ist. Herausforderungen sieht Weiser insbesondere im Bereich der Vernetzung unterschiedlichster Devices mit proprietären Protokollen sowie im Datenschutz und der Datensicherheit. Der Autor weist zudem darauf hin, dass demgegenüber die technische Entwicklung der Hardware kein Problem darstellen würde.

Den ersten Visionen Weisers zufolge geht es beim Internet der Dinge darum, dass die Ausstattung mit technischer Intelligenz quasi unsichtbar erfolgt und die Menschen unauffällig umgibt. Beispielsweise durch eine Integration in unsere räumliche Umgebung durch SmartHome-Applikationen oder auch durch tragbare Wearables. Sie sind eine Konkretisierung des Ubiquitous Computing, der Allgegenwart der Datenverarbeitung, und ein Teil des Internets der Dinge. Sinn und Zweck ist meist die Unterstützung einer Tätigkeit in der realen Welt, etwa durch (Zusatz-)Informationen, Auswertungen und Anweisungen.

Unter Wearables versteht man Computertechnologien, die am Körper getragen werden können und i. d. R. in Kleidungsstücke wie Mützen⁴, Helme⁵, Brillen⁶, Uhren oder Schuhe integriert sind. Insbesondere im Fitnessbereich⁷ wird den Wearables aktuell ein großes Potenzial zugeschrieben. Gleichzeitig warnen Branchenverbände wie Bitkom vor einem Missbrauch persönlicher Daten, die für Fitness- und Gesundheitszwecke erhoben und verarbeitet werden.

Bei der Verarbeitung der besonders sensiblen Gesundheitsdaten müssen laut Bitkom die höchsten Standards für Datenschutz und technische Sicherheit der Geräte eingehalten werden. So sollte zum Beispiel die Speicherung und Auswertung der Daten für Nutzer*innen so transparent wie möglich erfolgen und Daten nur nach Einwilligung an Dritte weitergegeben werden. Bei der technischen Sicherheit sollte insbesondere die drahtlose Übertragung von Daten, zum Beispiel zwischen Fitness-Armband und einem Smartphone, verschlüsselt erfolgen (Maas & Rohleder, 2016). Zudem sollten sich die Geräte untereinander eindeutig identifizieren und authentifizieren, um zu verhindern, dass Daten einfach abgegriffen werden können (vgl. Abschnitt 2.2.1.6).

Eine zweite Besonderheit des Internet der Dinge ist folglich eine unauffällige Integration von IoT-Komponenten in unseren Alltag. Aber was genau kann

⁴<https://www.earebel.com/>

⁵<https://daqri.com/products/smart-helmet/>

⁶<https://www.computerbild.de/artikel/cb-News-PC-Hardware-Die-spannendsten-Virtual-Reality-Brillen-10945247.html>

⁷<https://www.sensoriafitness.com/>

man unter „IoT-Komponenten“ verstehen? Damit sind sogenannte eingebettete Systeme (Embedded Systems) gemeint. Im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit werden diese eingebetteten Systeme also Bestandteil der Lernräume, wodurch sich herkömmliche Räume in „intelligente“ Räume transformieren lassen (vgl. Abschnitt 2.3).

Nach Siemers und Rosenlechner (2011) werden unter eingebetteten Systemen (Embedded Systems) Computersysteme verstanden, die aus Hardware und Software bestehen und in komplexe technische Umgebungen eingebettet sind. Diese Umgebungen sind meist maschinelle Systeme (Informationssysteme), in denen das eingebettete System mit Interaktion durch einen Anwender arbeitet oder auch vollautomatisch (autonom) agiert. Die eingebetteten Systeme übernehmen komplexe Steuerungs-, Regelungs- und Datenverarbeitungsaufgaben für bzw. in diesen technischen Systemen (Siemers & Rosenlechner, 2011). Die Autoren orientieren sich bei ihrer Definition an der Publikation von Scholz (2006).

Darüber hinaus formulieren Berns et al. (2010) differenziertere Merkmale eingebetteter Systeme, die im Folgenden aufgeführt werden.

1. kennzeichnende Merkmale

- fester Bestandteil eines technischen Systems
- Zweckbestimmtheit (im Gegensatz zum Universalrechner)
- Interaktion mit Umgebung durch Sensorik und Aktuatorik
- Reaktivität, meistens Realzeitabhängigkeit

2. sekundäre Merkmale

- oft für Regelungs- / Steuerungsaufgaben vorgesehen
- häufig Massenware, Konsumgut, billig („Kommodität“)
- vielfach schlecht bzw. nicht wartbar und nicht erweiterbar
- für viele unverzichtbar, manchmal auch sicherheitskritisch
- zunehmend auch vernetzt (ubiquitär)

Eine Welt ohne Embedded Systems ist kaum noch vorstellbar, da sie insbesondere im Bereich der Mobilität zum Standard geworden sind. In Passagierflugzeugen, Fernzügen oder auch Autos sind Embedded Systems in Form von Bordcomputern, Kontrollsystemen oder anderen Standardbausteinen integriert, die eine sichere und zuverlässige Reise garantieren (Broy, 2010).

Embedded Systems sind sozusagen als intelligente Steuerzentrale die technische Grundlage für komplexere IoT-Netzwerke, die über den Mobilitätsbereich

hinweg auch andere Wirtschaftsbereiche prägen, wie z. B. den Gesundheitsbereich. Ohne Embedded Systems könnten moderne medizinische Geräte – vom Herzschrittmacher über ein Endoskop bis zum Computer-Tomographen, keine diagnostischen Befunde erzeugen.

2.2.1.3 Internet der Dinge und Cyber-Physical Systems

Im Zusammenhang eingebetteter Systeme wird auch oftmals der Begriff Cyber-Physischer-Systeme (CPS) verwendet. Auf diese geht Georg Schütte in einer Keynote-Rede anlässlich des acatech-Symposiums Cyber-Physical Systems am 02.02.2010 in München wie folgt ein:

„Embedded Systems der Zukunft sind keine Einzelsysteme mehr, sondern grundsätzlich miteinander vernetzt. Dies ist auch ein ganz wesentlicher Grund für den neuen Begriff der „Cyber-Physical Systems“. Vernetzung erfordert Gemeinsamkeit: gemeinsame Standards und Kommunikationsprotokolle, und die dazu nötigen Architekturen.“

(Broy, 2010).

Entsprechend zielen CPS auf die Verbindung eingebetteter Systeme mit weltweiten Netzen. Damit entsteht zum einen eine direkte Verbindung (und Rückkopplung) zwischen der physischen und der digitalen Welt und zum anderen werden komplett neue Funktionszusammenhänge möglich. Mit der Vernetzung in einem globalen Netz, werden völlig neuartige Systemfunktionalitäten möglich, die erst noch erfunden werden müssen. Ein besonderes Potential basiert auf der Funktionsintegration. Diese ist auf die Multifunktionalität der Systeme fokussiert, wobei das Smartphone das herausragendste Beispiel darstellt. Diese Bündelung von Funktionalitäten wird erst durch die Anbindung an globale Netze wie dem Internet möglich. Darüber hinaus werden die mobilen Devices mit immer besseren Basistechnologien ausgestattet, die vor einigen Jahren aufgrund der hohen Kosten noch undenkbar gewesen wären (vgl. Moorsches Gesetz Kapitel 1). Eine immer ausgefeiltere Sensorik und Aktuatorik dieser Geräte bietet eine optimale Grundlage, um diese als IoT-Schnittstelle auch für Lehr- und Lernprozesse zu nutzen und in Lernräumen strategisch zu integrieren.

Um ein ganzheitliches Bild über den Begriff Internet der Dinge und die Zusammenhänge zwischen Embedded- und Cyber-Physical Systems zu zeichnen, werden abschließend auch für CPS die wesentlichen Merkmale aufgeführt (vgl. ebenda).

- direkte Verbindung zwischen physischer und digitaler Welt

- neuartige Systemfunktionen durch Informations-, Daten- und Funktionsintegration
- Funktionsintegration ermöglicht Multifunktionalität
- Zugriff über Netze überregional, ortsungebunden
- weiche bis harte Zeitanforderungen
- umfangreiche Interaktion
- Netze von Sensoren und Aktuatoren
- Vernetzung innerhalb der Systeme und nach außen
- dedizierte Nutzerschnittstellen: Starke Integration in Handlungsabläufe
- Einsatz unter oft schwierigen Randbedingungen
- Langzeitbetrieb
- Automatisierung, Adaptivität, Autonomie

Darüber hinaus formuliert Broy (2010) hohe Anforderungen an folgende Aspekte:

- funktionale Sicherheit
- Zugriffssicherheit und Datenschutz
- Zuverlässigkeit
- hoher Kostendruck

Als eine dritte Besonderheit des Internet der Dinge kann daraus resultierend die Vernetzung von unterschiedlichen Embedded Systems zu einem Cyber-Physical System abgeleitet werden. Im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit bedeutet dies, dass die eingebetteten Systeme als Bestandteil der Lernräume, mit anderen Informationssystemen gekoppelt werden. Dies ermöglicht die Entwicklung neuartiger Funktionen und Services im Lernraum im Sinne einer Multifunktionalität (vgl. Abschnitt 2.3).

2.2.1.4 Internet der Dinge und die technologische Konvergenz

Allen Definitionen und Beschreibungen zum Begriff Internet der Dinge liegt darüber hinaus zugrunde, dass sich die Funktionalität des Internet der Dinge aus einer Kombination unterschiedlicher Technologien ergibt, welche in ihrer Gesamtheit eine neue Qualität der Informationsverarbeitung entstehen lässt (u. a. Abicht et al., 2010; Fleisch & Thiesse, 2014).

Technologische Konvergenz bedeutet, dass das Internet der Dinge keine geschlossene oder eigenständige Technologie bezeichnet, sondern vielmehr die Zusammenführung zahlreicher Technologien aus unterschiedlichen Feldern wie

z. B. Informationstechnik, Elektronik, Sensorik, Werkstoffforschung, Kognitionswissenschaften etc. zu einem an der Anwendung orientierten Gesamtsystem darstellt. Die informationstechnische Vernetzung versetzt selbst bis dato proprietäre Systeme in die Lage, Informationen systemübergreifend zwischen Personen und Gegenständen bzw. zwischen Gegenständen untereinander auszutauschen. Gemäß einer während der deutschen EU-Ratspräsidentschaft im Jahr 2007 entwickelten Definition

„ist das Internet der Dinge die technische Vision, Objekte jeder Art in ein universales digitales Netz zu integrieren. Ausgestattet mit einer eindeutigen Identität, befinden bzw. bewegen sie sich in einem „intelligenten“ Umfeld, wodurch eine Verbindung zwischen der physischen Welt der Dinge und der virtuellen Welt der Daten geschaffen wird. Während bislang noch überwiegend Computer und andere Netzwerkgeräte über eine Identität im weltweiten Internet verfügen, werden zukünftig auch zahlreiche Alltagsgegenstände wie z. B. Autos, Konsumgüter, Stromzähler, Objekte im Gesundheitswesen oder sogar Kleidungsstücke über das Netz angesteuert werden und selbständig miteinander kommunizieren können.“

(Horvath 2012).

Eben aufgeführte Formulierung spiegelt sich in vielen Begriffsbestimmungen wider, wobei die Substantive „von technischer Vision“ über „technische Konzepte“ bis zur „globalen Infrastruktur“ reichen. An dieser Stelle wird deutlich, dass wir uns derzeit an einem Wendepunkt befinden, an welchem die Entwicklung derartiger Systeme noch am Anfang steht und vollumfassende, autonom und intelligent agierende IoT-Infrastrukturen noch eher Prototypen-Status besitzen.

Denn IoT-Systeme sind nicht per se „intelligent“. Die Intelligenz entsteht erst in einem hoch komplexen Prozess der technologischen Konvergenz, nämlich in der Vernetzung von Smart Objects zu Embedded Systems sowie mit anderen Netzwerken zu informationsverarbeitenden Gesamtsystemen, den Cyber-Physical Systems. Erst dadurch können die „vernetzten Dinge“ selbständig Informationen aus den entsprechenden Netzwerken generieren, austauschen, auswerten und neue Daten erzeugen, was bisher ein Privileg der Menschen war.

“Each definition shares the idea that the first version of the Internet was about data created by people, while the next version is about data created by things.”

(Technopedia 2015)

Eines der größten Probleme, die mit der zunehmenden Gerätevernetzung auf Basis unterschiedlicher Technologien einhergehen, ist die mangelnde Kompatibilität. Dies betrifft die einzelnen Branchen wie z. B. Haustechnik, Gesundheit, Logistik,

Produktion und insbesondere natürlich eine branchenübergreifende Vernetzung. Derzeit haben Hersteller und oft auch einzelne Geräteserien bzw. Technologietypen ihre individuellen und proprietären Schnittstellen. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken haben sich verschiedene Wirtschaftsbereiche und Branchenvertreter in Arbeitskreisen und Netzwerken zusammengeschlossen. Ziel ist die Schaffung breiter offener Standards, die es ermöglichen, Geräte verschiedener Hersteller und Technologien miteinander bedarfsgerecht zu kombinieren.

Ein flüssiger Informationsaustausch erfolgt entweder lokal in geschlossenen IT-Systemen (z. B. Feldbus, Intranet) oder auch global über das Internet. In diesem Zusammenhang ist die Entwicklung des Internet Protocol Version 6 (IPv6⁸) von besonderer Relevanz, da faktisch jedem „Objekt“ im Internet der Dinge eine eindeutige IP-Adresse zugewiesen werden muss. Aufgrund der enorm hohen Anzahl an benötigten Einzeladressen ist IPv6 zumindest technologisch betrachtet in der Lage, das Internet der Dinge allgegenwärtig werden zu lassen. Heise-Online verweist diesbezüglich auf einen gigantischen IPv6-Adressraum, nämlich 2^{128} bzw. rund 340,28 Sextillionen. Das genügt, um jeden Quadratmillimeter der Erdoberfläche inklusive Ozeanen mit rund 600 Milliarden Adressen zu bepflastern (Zivadinovic, 2007).

Autonome, intelligent gesteuerte Abläufe werden erst dadurch erreicht, dass nicht nur Dinge und Maschinen in einem Netzwerk untereinander (global) kommunizieren, sondern noch komplexere, automatisierte Vorgänge durch die Auswertung von Daten in Echtzeit (Big Data) sowie durch die Berücksichtigung und Integration in Geschäftsprozesse durchgeführt werden können. Die Autoren Galis & Gavras (2013) unterscheiden in diesem Zusammenhang zwischen M2M- (Machine-to-Machine) und M2B- (Machine-to-Business) Kommunikation:

„More sophisticated approaches go beyond simple communication integration and target more complex interactions where collaboration of devices and systems is taking place. The cross-layer interaction and cooperation is pursued at

- machine-to-machine (M2M) level where the machines cooperate with each other (machine focused interactions)
- machine-to-business (M2B) level where machines cooperate also with network-based services and business systems (business service focus).“

⁸<https://www.teltarif.de/internet/ipv6/datenschutz.html>

Eine besonders umfassende Definition, die alle oben beschriebenen „intelligenten Teilaspekte“ des Internet der Dinge berücksichtigt ist die folgende:

“IoT is a dynamic global network infrastructure with self configuring capabilities based on standard and interoperable communication protocols where physical and virtual „things“ have identities, physical attributes and virtual personalities, use intelligent interfaces and are seamlessly integrated into the information network.”

(Vermesan & Friess 2015).

Erst durch das intelligente Zusammenwirken⁹ vieler einzelner Objekte werden sinnvolle und effizientere Lösungen für den Menschen realisierbar:

“When many objects act in unison, they are known as having ambient intelligence.”

(Technopedia 2015)

In eben diesem intelligenten, aufeinander abgestimmten Zusammenwirken zwischen Dingen, Technik und Prozessen liegt die besondere Herausforderung des Internet der Dinge, um aus „nice to have“- Anwendungen sinnvolle und nachhaltige Lösungen zu entwickeln und um bestehende (globale) Strukturen und Prozesse zu optimieren.

Als eine vierte Besonderheit des Internet der Dinge lässt sich resultierend eine branchen-, system- und geräteübergreifende Vernetzung durch technologische Konvergenz ableiten. Im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit bedeutet dies, dass intelligent gesteuerte Abläufe in Lernräumen erst stattfinden können, wenn a) eine technologische Konvergenz vorhanden ist und b) eine für den Lehrenden bzw. Lernenden sinnvolle Verknüpfung mit digitalen Lern- und Geschäftsprozessen stattgefunden hat. (vgl. Abschnitt 2.3).

2.2.1.5 Internet der Dinge und das Future Internet

Weiterführende Konzepte des Internet der Dinge werden mit dem Begriff des „Future Internet“ umschrieben. Charakteristisch für das sogenannte Future Internet ist, dass im Sinne einer technologischen Konvergenz verschiedene IoT-Ebenen kombiniert und vernetzt werden (vgl. Abbildung 2.4):

1. Internet der Nutzer (Internet of People)
2. Internet der Inhalte (Internet of Content)
3. Internet der Dinge (Internet of Things)

⁹Vgl. Video von IBM auf YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=sfEbMV295Kk>

4. Internet der Dienste (Internet of Services)

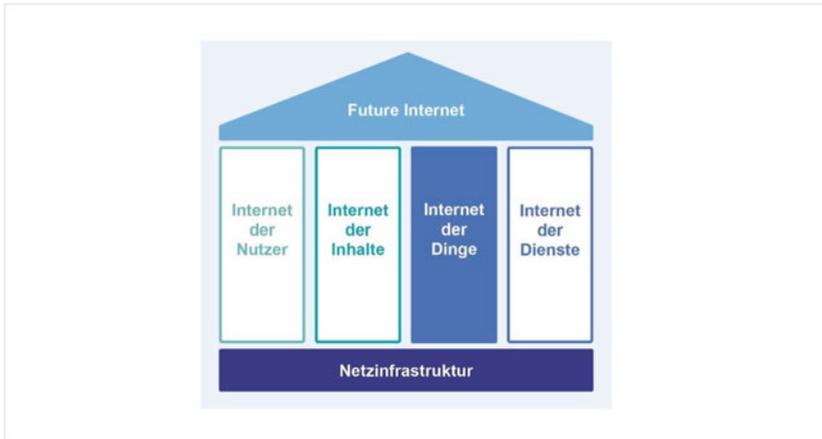


Abbildung 2.4 Das Internet der Dinge als Teil des Future Internet (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an die Europäische Kommission 2008)

Dabei ist das Internet der Dinge in der Lage, Personen, Dinge und Geräte miteinander zu verbinden und bettet sich in das derzeit ebenfalls entstehende Szenario für ein zukünftiges Internet, das „Future Internet“ ein, welches auf vier thematischen Säulen basiert, denen eine gemeinsame Netzwerkinfrastruktur zu Grunde liegt (Gabriel, Gaßner & Lange, 2010).

Die zentrale Rolle des Internet der Dinge wird in den Diskussionen um das Future Internet betont, wobei eine klare Abgrenzung zwischen „Internet der Dinge“ und „Future Internet“ schwierig ist, da die Begriffe in ähnlichen Kontexten genutzt werden und auch ähnliche Ziele verfolgen (globale Vernetzung, neue Geschäftsmodelle, Effizienz etc.).

Nach Galis & Gavras (2013) ist das Internet der Dinge die technologische Basis, auf Grundlage derer Funktionen eines Future Internet¹⁰ erst möglich werden. Ihrer Meinung nach bettet sich das Internet of Things wie folgt in den Kontext des Future Internet ein:

¹⁰Nähere Erläuterungen zum „Future Internet“ sind dem Video des Semantic Technology Institute International – STI2 auf YouTube zu entnehmen: <https://www.youtube.com/watch?v=off08As3siM>

“Internet of Things is seen as a key part of the Future Internet vision which will enable real-time interaction with the physical environment.

Billions of connected heterogeneous devices, sensing and actuating the physical environment in which they are embedded, and interacting among them or with remote users comprise the foundation of IoT.”

Das Future Internet wird hierbei beschrieben als ein hoch komplexes System von heterogenen Einzelsystemen, welches durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet ist:

- präzises Echtzeit-Monitoring
- Entscheidungsfindung aufgrund komplexer Data-Analytics
- zeitnahes Management

Insbesondere im Logistik- und Produktionsbereich (Industrie 4.0) lassen sich durch o.a. technologischen Funktionalitäten enorme Vorteile erkennen, welche in zahlreichen Studien hinsichtlich ihres wirtschaftlichen Potentials näher untersucht wurden (Kelkar et al., 2014). Die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Internet der Dinge wird im Anwendungsbereich Industrie 4.0 als extrem hoch prognostiziert. Dadurch fungiert das Technologiekonstrukt Internet der Dinge als einer der wichtigsten Treiber des deutschen Wirtschaftsstandortes:

“Rob Lloyd von Cisco beziffert die Geschäftsmöglichkeiten im Internet der Dinge bis zum Jahr 2020 auf 14 Billionen \$.”

(Andelfinger & Hänisch 2015).

Der Grund für diese milliardenschwere IoT-Markteinschätzung liegt wohl einerseits daran, dass bereits heute eine Vielzahl von Menschen mittels mobiler Devices kontinuierlich mit dem Internet verbunden sind und diese Anzahl drastisch zunimmt. Demnach ist es annähernd egal, ob es sich um 28, 32 oder 33 Milliarden vernetzter Geräte handelt.

Mit zunehmender Zahl werden Geräte und Sensoren einen beständig anschwellenden, nie gekannten Datenstrom erzeugen. Extrem große Informationsmengen müssen gesammelt, analysiert und gespeichert werden (Siemens, 2014a).

Andererseits zeichnet sich das Internet der Dinge durch interdisziplinäre Anwendungsbereiche aus, d. h., dass die beschriebenen Technologien in unterschiedlichsten Wirtschaftsbereichen angewendet werden können und dadurch enorme Marktpotentiale ermöglicht. Laut Cisco soll das Internet der Dinge bis 2020 auf ca. 50 Milliarden Dinge anwachsen (Cisco, 2015).

Als eine fünfte Besonderheit des Internet der Dinge lässt sich festhalten, dass den IoT-Systemen eine zentrale Bedeutung im Rahmen zukünftiger Szenarien wie dem Future Internet sowie innerhalb wirtschaftlicher Gesamtentwicklungen in Deutschland allgemein beigemessen wird. Im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit bedeutet dies, dass IoT auch vielfältige Chancen und Potentiale für den Bildungssektor vermuten lässt, auch wenn diese bisher kaum beleuchtet bzw. empirisch erforscht wurden. Visionäre Anwendungen im Bereich des Wissensmanagements müssen neu gedacht und innoviert werden. In Frage kämen hier adaptive und ubiquitäre Lernanwendungen wie z. B. durch präzises Echtzeit-Monitoring, On Demand Empfehlungen zu Lerninhalten aufgrund komplexer Learning-Analytics sowie ein zeitnahes, ortsunabhängiges, adaptives Lern-Management, das informelle und formale Lernprozesse gleichermaßen organisiert (vgl. Abschnitt 2.3).

2.2.1.6 Internet der Dinge und der Datenschutz

Die im vorhergehenden Abschnitt prognostizierten Potentiale bergen jedoch nicht nur Chancen, sondern auch ein beachtliches Risiko. Fragen zum Datenschutz und zur Datensicherheit werden in nahezu allen Artikeln zum Internet der Dinge erwähnt (vgl. Vermesan & Friess 2015; Andelfinger & Hänisch 2015; Elektronik-Journal 2015; Cisco 2015).

Durch das Internet der Dinge steigt die Anzahl vernetzter Geräte in der Cloud, dadurch haben potentielle Angreifer neue Möglichkeiten die Systeme z. B. durch Malware¹¹ zu manipulieren oder sogar gänzlich zu zerstören. Um das zu verhindern, sind starke Kryptografie und sichere IT-Konzepte gefragt. Spezielle Hardware-Lösungen helfen, Schlüssel sicher zu speichern und Änderungen am Programm-code zu verhindern.

Das Internet der Dinge bietet jedoch nicht nur für „externe Angreifer“ neue Möglichkeiten der Manipulation. Auch die Unternehmen selbst können diese Technologien nutzen, um eigene Produkte oder Services „besser erscheinen zu lassen“ als sie tatsächlich sind.

Laut einer repräsentativen Umfrage des Instituts für Demoskopie Allensbach aus 2015 haben sich jedoch trotz der vielen Meldungen zu Hackerangriffen und Cyberkriminalität die in der Befragung geäußerten Sorgen der Bevölkerung hinsichtlich einer persönlichen Bedrohung nicht nennenswert erhöht, sondern im Vergleich zum Vorjahr sogar eher verringert.

¹¹ Als Schadprogramm, Schadsoftware oder Malware bezeichnet man Computerprogramme, die entwickelt wurden, um unerwünschte und gegebenenfalls schädliche Funktionen auszuführen. Malware ist damit ein Oberbegriff, der u. a. den Computervirus umfasst.

Parallel zu offenen Fragen hinsichtlich Datenschutz und Datensicherheit ergeben sich zudem Lücken hinsichtlich einer gesetzlichen Grundlage. Weber (2013) konstatiert den aktuellen Handlungsbedarf wie folgt:

„The Internet of Things (IoT) as an emerging global Internet-based information architecture facilitating the exchange of goods and services is gradually developing.

While the technical aspects are being discussed in detail a legal framework does not exist so far.“

Die EU-Kommission arbeitet mit Expertenteams an einer Ausgestaltung gesetzlicher Rahmenbedingungen (vgl. Abschnitt 2.2.3), welche einerseits neue Geschäftsmodelle und Funktionen legitimieren (z. B. vollautonomes, assistiertes Autofahren) und andererseits den Aspekten Datenschutz und Datensicherheit den entsprechenden Rechtsschutz bieten sollen. Folgende Teilbereiche werden diesbezüglich näher betrachtet und rechtliche Paragraphen derzeit ausgearbeitet (vgl. ebenda):

- Privacy and Data Protection
- Security and Safety
- Ethics
- Object Identifiers and Interoperability
- IoT Governance
- Standards for meeting policy objectives

2.2.1.7 Herausforderungen und Kritik

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bereits heutzutage einige Produkte und Services aus dem Bereich Internet der Dinge Realität geworden sind und sich zunehmend auch komplexere Anwendungen herausbilden, die sich kontinuierlich weiterentwickeln.

Besonders auffallend ist, dass sich die Herausforderungen nicht ausschließlich auf technische Bereiche wie bspw. der Interoperabilität, Skalierbarkeit, Softwarekomplexität, Data Analytics, Energieversorgung, funkbasierter Kommunikationsstandards etc. beziehen, sondern sich vermehrt auch in sozialen Zusammenhängen manifestieren. Diese sind gekennzeichnet durch neue Anforderungen, mit denen Organisationen und deren Mitarbeiter*innen, Politik und Gesellschaft gleichermaßen konfrontiert werden.

Die Autoren Mattern und Flörkemeier (2010) verweisen diesbezüglich auf die Notwendigkeit eines wirklich Nutzen stiftenden Internet der Dinge, wozu es mehr als „einer nur mikroelektronischen Aufrüstung bedarf“ (vgl. ebenda, S. 120).

So ist den Autoren zufolge auch die Auswertung von Daten keineswegs trivial, um auf Basis einer solchen Datenanalyse Nutzen, Sinn und Wert zu generieren. Kritisch gesehen werden neben dem Datenschutz und der Datensicherheit (vgl. 2.2.1.6) insbesondere auch Aspekte der Zentralisierung. Spezifische Autoritäten, die als regulatorische Macht das Internet der Dinge beherrschen würden, müssten demnach dringend unterbunden werden. Dezentrale Netze könnten derartige Formationen unterbinden. Die zunehmende Technologiedependenz wird als weitere Herausforderung aufgeführt. So argumentieren die Autoren Mattern und Flörkemeier (2010) weiter, dass durch eine zunehmende Vernetzung und Steuerung von alltäglichen Dingen über das Internet auch die Gefahr wachsen würde, bei Stromausfall oder gar „Cyberangriffen“ in eine unvorhergesehene Hilflosigkeit zu verfallen, da ohne Strom oder gar Internetanbindung die Systeme nicht mehr gesteuert werden könnten (vgl. ebenda, S. 119). Als Technikpaternalismus wird von den Autoren ein weiterer, bisher eher selten aufgeführter Kritikpunkt formuliert, der sich auf die kontinuierliche „Einmischung“ von technischen Geräten auf unser Leben bezieht, der in subtiler Weise das Leben komfortabler gestalten soll, jedoch nicht immer „zum Guten“, sondern auch zu beispielsweise unnützen Impulseinkäufen führen könne (vgl. ebenda, S. 119).

Parallel zu eben skizzierten sozialen und gesellschaftspolitischen Herausforderungen kristallisieren sich auch neue Anforderungen durch das Internet der Dinge im organisationalen Kontext. Diese manifestieren sich in einer nicht ausreichenden Innovationsfähigkeit, die zur Entwicklung neuartiger IoT-Produkte und IoT-Services benötigt wird. Eine kontinuierliche Weiterbildung der Mitarbeiter*innen ist Grundstein jeder zukunftsorientierten IoT-Gestaltungsarbeit. Diese Weiterbildung muss dringend ganzheitlich betrachtet werden, da sich nicht nur technische, sondern auch soziale Bezüge und gesellschaftliche Rahmenbedingungen verändern.

Derzeit fehlt es an sinnvollen IoT-Use-Cases, die aus einer „nice-to-have“ Funktionalität einen echten Mehrwert für die Nutzer*innen generiert. Aus diesem Grund erhalten designorientierte Innovations- bzw. Lernmethoden einen hohen Stellenwert innerhalb der digitalen Transformation (vgl. Abschnitt 3.3). Aufgrund der technischen wie sozialen Komplexität des Internet der Dinge müssen Menschen zunehmend in interdisziplinären Teams zusammenarbeiten, darüber hinaus müssen komplexe Sachverhalte und Zusammenhänge erkannt und verstanden werden.

Ein verantwortungsvolles und menschenzentriertes Internet of Things benötigt viele Kompetenzen in der Umsetzung. Darüber hinaus fehlt es an guten Beispielen und an den entsprechenden gesetzlichen Rahmenbedingungen. Die Gesellschaft

steht diesbezüglich an einem Wendepunkt, da IoT-Systeme erst im Aufbau sind und Anwendungsfelder noch erforscht bzw. innoviert werden müssen.

Das Internet of Things realisiert sich wie in den vorhergehenden Abschnitten dargestellt in einzelnen Schritten, die in einem langsamen, iterativen Prozess beschriftet werden, wobei technische wie soziale Faktoren in einem Gesamtsystem berücksichtigt und aktiv gestaltet werden müssen (vgl. Abbildung 2.5).

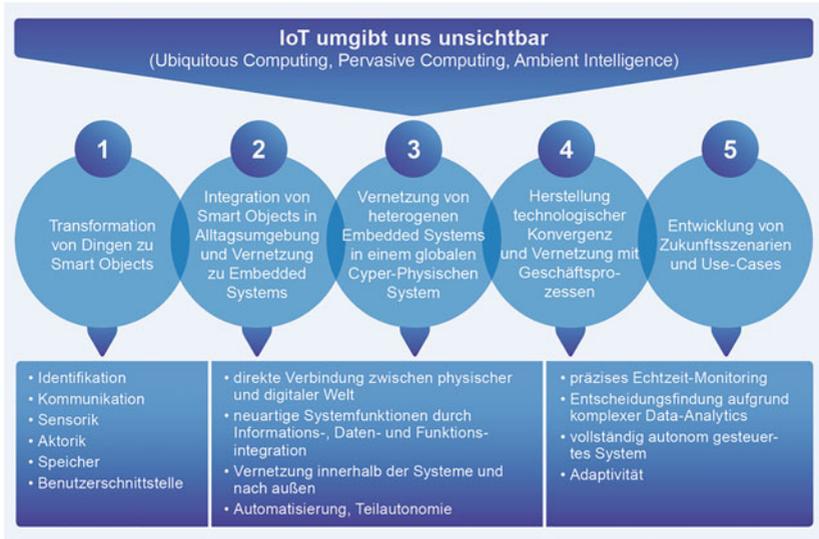


Abbildung 2.5 Reifegrade des Internet der Dinge (Eigene Darstellung)

Das Internet der Dinge ist nicht einfach da, es muss aktiv gestaltet werden. Die Funktionen und Use-Cases müssen strategisch geplant werden. Die Gestaltungsarbeit verläuft in einer wechselseitigen Abfolge zwischen Dingen, Technik und Prozessen. Bei der Entwicklungsarbeit bauen die Stufen zwar logisch aufeinander auf (Smart Objects, Embedded Systems, Cyber-Physische Systeme, technologische Konvergenz, Zukunftsszenarien), dennoch sind kontinuierliche Rückbezüge zu anderen Entwicklungsstufen notwendig, um das Gesamtsystem kontinuierlich zu verändern und an menschlichen Bedürfnissen anzupassen.

Ein IoT-System ist aus dieser Perspektive betrachtet nie abgeschlossen bzw. fertig, sondern es entwickelt sich stetig weiter. Da die Wirtschaft, Gesellschaft

und Politik diesbezüglich noch am Anfang stehen, werden intelligent und autonom gesteuerte Abläufe auf Grundlage komplexer Cyber-Physischer Systeme erst in vielen Jahren Realität werden, die in o.a. Abschnitten im Rahmen des Future Internet beschrieben wurden. Die Vision des Future Internet gründet sich derzeit noch auf theoretischen Vorüberlegungen. Nichtsdestotrotz sind auch hier konkretere Entwicklungen und Umsetzungsprojekte in den nächsten 10 Jahren abzusehen.

Wichtig an dieser Stelle der IoT-Entwicklung ist es, die aktive Gestaltung dieses Prozesses auf allen Ebenen nachhaltig zu betreiben. Das bedeutet, dass soziale wie technische Aspekte gleichrangig berücksichtigt und ausgestaltet werden müssen. Dies impliziert die intensive Auseinandersetzung mit den Themenfeldern Datenschutz, Sicherheit, Interoperabilität, Gesellschaft und Ethik sowie Wirtschaft. Da das Thema Internet der Dinge auf der einen Seite durch hohe Komplexität gekennzeichnet ist und auf der anderen Seite in unterschiedlichste Anwendungs- wie Tätigkeitsbereiche eindringt, muss die Gestaltungsarbeit entsprechend transdisziplinär erfolgen. Zudem müssen die notwendigen gesetzlichen Rahmenbedingungen zeitnah diskutiert und zum Wohle der Gesellschaft ausgearbeitet werden. Darüber hinaus sollten IoT-Konzepte grundsätzlich an den Bedürfnissen der Menschen ausgerichtet werden, welches die Entwicklung sinnvoller und Nutzen stiftender Use-Cases¹² beinhaltet.

Trotz zahlreicher Publikationen und Untersuchungen zum Thema Internet der Dinge fällt auf, dass der Anwendungsbereich der „Bildung“ nahezu komplett unbeachtet bleibt, obwohl auch dort massive Veränderungen abzusehen sind. In einem Interview aus 2014 beschreibt Prof. Elgar Fleisch diese Entwicklungen folgendermaßen:

„Die einfache Wissensvermittlung wird zum Nutzen aller automatisiert: etwa über didaktisch gut aufbereitete Videovorträge. Für die vertiefende Diskussion danach braucht man dann wieder den persönlichen Kontakt zum Lehrer oder Professor.“

Derartige Auswirkungen werden derzeit insbesondere im Bereich des Wissensmanagements diskutiert – hierzu gibt es vielfältige (Forschungs-)Aktivitäten (MOOCs, BarCamps, Kongresse etc.). Diese beziehen sich jedoch in der Regel „nur“ auf Veränderungen innerhalb des digitalen Lernens bzw. auf IT-gestütztes (online-)Lernen.

¹²Eine Übersicht zu Anwendungen aus dem Bereich Internet der Dinge ist in einer Präsentation von WHY own it auf Slideshare zu finden: <https://de.slideshare.net/WHYownit/internet-of-things-die-20-spannendsten-produkte-45901691?related=1>

Das Internet der Dinge bietet jedoch wie im vorliegenden Kapitel hergeleitet auch im Bildungskontext weit mehr Möglichkeiten zum Lernen, indem die Grenzen zwischen physischen Dingen und der digitalen Welt aufgelöst werden. IoT-Konzepte ermöglichen hybride Lernformate, die digitale und analoge Lernarrangements verbinden. Auf diese Weise können bisher ungeahnte und hoch innovative Lernumgebungen gestaltet werden.

Diese fehlende Perspektive wird im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit eingenommen, um wichtige Anregungen für eine gestaltungs- und zukunftsorientierte Bildungsarbeit zu liefern.

2.2.2 Das Internet der Dinge im Bildungskontext

Der folgende Abschnitt dient als Brücke zwischen dem Internet der Dinge (vgl. Abschnitt 2.2) und dem Untersuchungsgegenstand intelligenter und hybrider Lernräume. Dabei wird zunächst auf Grundlage einer Literaturrecherche nachgezeichnet, welche wissenschaftlichen Publikationen sich auf welche Art und Weise mit der Anwendung des Internet der Dinge im Bildungsbereich befassen.

Die systematische Literaturrecherche wurde Ende 2015 durchgeführt, wobei das Vorgehen folgende Arbeitsschritte umfasste:

- Festlegung der primären Suchbegriffe auf
 - „Internet der Dinge“ UND Bildung
 - „Internet der Dinge“ UND Bildung UND lernen
 - „Internet of Things“ AND education
 - „Internet of Things“ AND education AND learning
- Recherche über das Internet, Google Scholar sowie über den ZIH WebVPN Service der TU Dresden, um auf alle Publikationen der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB) zugreifen zu können (inkl. Fachdatenbanken)
- Identifizierung von 1 relevanten Schlüsselwerk von insgesamt 28 relevanten Publikationen
- Speicherung und Verschlagwortung der Fundstelle in einem Literaturverwaltungsprogramm (Zotero)
- Sichtung und Strukturierung der Quellen mit Hilfe eines systematischen Textanalyseverfahrens. Dabei wurde die SQ3R-Methode nach Robinson (1978) angewendet (vgl. Abbildung 3.63).

Als problematisch erwiesen sich für die Recherche insbesondere folgende Punkte (vgl. Abbildung 2.6):

1. Pädagogisch orientierte Fachdatenbanken haben im deutschsprachigen Raum zu knapp 30 Ergebnissen geführt, die im Prinzip alle der in Unterkapitel 1.2 genannten BMBF-Früherkennungsinitiative FREQUENZ zuzuordnen waren.
2. Der überwiegende Teil der identifizierten Quellen beschäftigt sich mit neuen Kompetenzanforderungen. Das bedeutet, dass in den wissenschaftlichen Publikationen erforscht sowie beschrieben wird, welche Kompetenzen im Zusammenhang des Internet der Dinge in Zukunft benötigt werden.
3. Ein weiterer Teil der Quellen beschäftigt sich mit modernen Lernmethoden zur Vermittlung von IoT-Fachkenntnissen.
4. Ein Großteil der Publikationen ist in einen internationalen Kontext eingebettet und entsprechend auf Englisch.
5. Eine systematische Recherche zu allen international erschienenen Publikationen ist in der Umsetzung kritisch zu betrachten, da die Meta-Suchmaschinen wie SLUB, BASE etc. auf Datenbestände zurückgreifen, die von Portal zu Portal unterschiedlich sind. Zudem gibt es tausende Fachdatenbanken, die wiederum nicht unbedingt in den Meta-Suchmaschinen gelistet sind und einzeln „abgesucht“ werden müssten.
6. Einige interessante Publikationen wie beispielsweise der Horizon Report (vgl. Abschnitt 1.2.1) bieten zwar interessante Anknüpfungspunkte, werden jedoch aufgrund eines fehlenden wissenschaftlichen Peer-Review-Verfahrens nicht in den Datenbanken aufgeführt.
7. Aus Perspektive der Fachdisziplin Informatik konnten insgesamt 1299 „IoT-Publikationen“ identifiziert werden. Davon beschäftigten sich lediglich 28 mit dem „Internet der Dinge“ im Bildungsbereich.
8. Von diesen 28 Quellen konnte lediglich 1 Publikation identifiziert werden, die sich explizit mit Anwendungsmöglichkeiten des IoT innerhalb von Lehr- und Lernprozessen beschäftigt (Domingo & Forner, 2010). Daraus kann geschlossen werden, dass eine direkte Übertragung von IoT auf Bildungsprozesse aus einer gestaltungsorientierten Perspektive noch annähernd unerforscht ist.
9. Entsprechend gibt es kaum empirische Befunde über IoT im Bildungsbereich.
10. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich aufgrund des erhöhten Interesses am Thema Internet der Dinge weitere Forschungsprojekte in der Durchführung befinden, zu denen noch keine Publikationen vorliegen. Eine erneute Recherche würde wahrscheinlich neue und relevante Quellen hervorbringen.

2015	2015	2018
126 Fachdatenbanken in der Disziplin Pädagogik	76 Fachdatenbanken in der Disziplin Informatik	1 Fachdatenbank IEEE in der Disziplin Informatik
Ergebnisse aus (FIS) FACHPORTALpaedagogik.de: 0 Ergebnisse für „Internet of things“ 27 Ergebnisse für „Internet der Dinge“ Deutscher Bildungsserver: 0 Ergebnisse für „Internet of things“ 16 Ergebnisse für „Internet der Dinge“	Ergebnisse aus ACM Digital Library: 1.299 Ergebnisse für „Internet of things“ 28 Ergebnisse für „Internet of things“ + education + learning	Ergebnisse aus IEEE Xplore Digital Library: 4.059 Ergebnisse für „Internet of things“ 43 Ergebnisse für „Internet of things“ + education + learning

Abbildung 2.6 Anzahl der Rechercheergebnisse aus 2015 und 2018

Aufgrund der geringen Anzahl relevanter Fundstücke aus 2015 wurde im Frühjahr 2018 eine erneute Recherche zu oben aufgeführten englischen Suchbegriffen („Internet of Things“ AND education AND learning) durchgeführt (vgl. Abbildung 2.6). Innerhalb der erweiterten Suche wurde der Begriff „Internet of Things“ als Titel im Dokument sowie die weiteren Suchbegriffe „education“ und „learning“ als Metadaten in der Suchabfrage vorgegeben. Die Recherche wurde ausschließlich über die Online Datenbank IEEE Xplore durchgeführt.

Die Literaturanalyse umfasste eine Strukturierung der Fundstellen nach Veröffentlichungsjahr und eine Sichtung der jeweiligen Abstracts mit anschließender Kategorisierung in Publikationen, die sich

- a) mit innovativen Bildungsformaten beschäftigten, indem das Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse übertragen wurde (und im Sinne der vorliegenden Arbeit als Schlüsselwerk zu bezeichnen ist)
- b) mit der Vermittlung von IoT-Kompetenzen beschäftigten
- c) in keine der beiden Kategorien zugeordnet werden konnten und sich mit „sonstigen“ Schwerpunkten befassen (überwiegend IoT-Softwarearchitekturen)

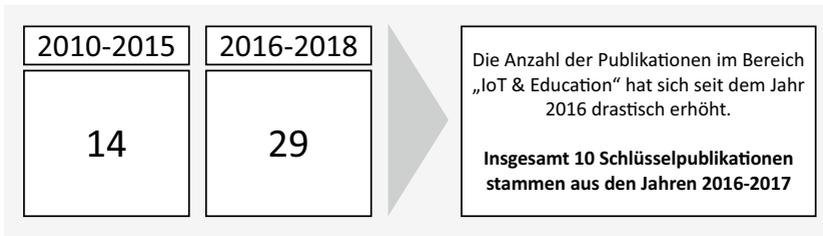


Abbildung 2.7 Anzahl der Rechercheergebnisse im Vergleich zwischen 2015 und 2018

Das Ergebnis der Literaturanalyse lässt sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

1. Es konnten insgesamt 43 Publikationen identifiziert werden, die sich mit dem „Internet der Dinge“ im Bildungsbereich beschäftigen
2. Nahezu ein Drittel aller Fundstücke fokussiert auf die Vermittlung von IoT Kompetenzen (14 Publikationen)
3. Ein weiteres gutes Drittel beschäftigt sich mit sonstigen Themen des Internet der Dinge im Bildungsbereich, wobei überwiegend IoT Softwarearchitekturen adressiert werden (17 Publikationen)
4. Ein knappes Drittel widmet sich neuen Bildungsmethoden, indem das Internet der Dinge für innovative Lehr- und Lernprozesse genutzt wird (12 Publikationen). Insofern ist an dieser Stelle ein starker Anstieg der Publikationen im Vergleich zu 2015 zu verzeichnen.
5. Entsprechend konnten im Vergleich zu 2015 insgesamt 12 Schlüsselpublikationen im Frühjahr 2018 identifiziert werden
6. Auffällig ist, dass sich die Anzahl der Publikationen im Vergleich zu den Jahren zwischen 2010 bis 2015 im Kontext von IoT & Education seit 2016 nahezu verdoppelt hat. (vgl. Abbildung 2.7).
7. Aus der wiederholten Literaturanalyse kann geschlossen werden, dass das Thema „IoT in Education“ wie angenommen wichtiger und es zunehmend mehr Publikationen geben wird. Entsprechend kann auch mit weiteren empirischen Befunden über IoT im Bildungsbereich gerechnet werden.

2.2.3 Schlussfolgerungen

Die im vorangegangenen Abschnitt aufgeführten Probleme hinsichtlich einer systematischen Annäherung an den Untersuchungsgegenstand hat dazu geführt, dass die Literaturrecherche aus 2015 um sekundäre Suchbegriffe aus dem IoT-Bereich (vgl. Abschnitt 2.2) erweitert wurde. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass ausschließlich englischsprachige Literatur relevante Quellen liefern.

Folglich wurde eine auf 2015 folgende Literaturrecherche im Frühjahr 2016 durchgeführt, wobei das Vorgehen folgende Arbeitsschritte umfasste:

- Festlegung der sekundären Suchbegriffe:
 - o Ubiquitous Learning
 - o Adaptive Learning
- Recherche über das Internet, Google Scholar sowie über den ZIH WebVPN Service der TU Dresden, um auf alle Publikationen der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB) zugreifen zu können (inkl. Fachdatenbanken)
- Identifizierung von 49 relevanten Quellen
- Speicherung und Verschlagwortung der Fundstellen in einem Literaturverwaltungsprogramm (Zotero)
- Sichtung und Strukturierung der Quellen mit Hilfe eines systematischen Textanalyseverfahrens. Dabei wurde die SQ3R-Methode nach Robinson (1978) angewendet (vgl. Abbildung 3.63).
- Inhaltsanalytische Auswertung von 26 Schlüsselwerken (überwiegend aus dem englischsprachigen Raum)
- Die systematische Suche mit o. a. Keywords wurde mit einem Schneeballverfahren kombiniert, d. h., dass die Suche über das Literaturverzeichnis einschlägiger Publikationen erweitert wurde. Besonders häufig zitierte Literatur wurde entsprechend den Schlüsselwerken zugeordnet.

Im Ergebnis dieser Literaturrecherche und -analyse zeigte sich, dass ein bis daher unbekanntes Lernformat auf Grundlage der wissenschaftlichen Publikationen identifiziert werden konnte, das Ubiquitous Learning und Adaptive Learning, in einem neuen Format zusammenführt. Dieses Lernformat wird als „Smart Learning Environment“ bezeichnet. Smart Learning Environments (SLEs) sind physische Lernumgebungen, die mit adaptiven und kontextsensitiven digitalen

Komponenten angereichert sind, um das Lernen effizienter zu machen (Koper, 2014).

Der Begriff Smart Learning Environments bündelt demzufolge die Funktionalitäten von intelligenten und hybriden Lernräumen (vgl. Abschnitt 2.3.3), die durch die Übertragung von IoT auf Lehr- und Lernprozesse möglich werden. Beim Begriff Smart Learning Environments handelt es sich um eine vergleichsweise neue Erscheinung, so dass es unterschiedliche Definitionen dazu gibt. Die vorliegende Forschungsarbeit bezieht sich auf die Definition nach Koper (2014):

„Smart learning environments (SLEs) are defined as physical environments that are enriched with digital, context-aware and adaptive devices, to promote better and faster learning.“

Auf dieser Grundlage aufbauend werden im Folgenden die Begriffe Smart Learning Environments und intelligente und hybride Lernräume synonym verwendet, wobei die bedeutungsgleiche Herleitung in Abschnitt 2.3.3 dezidiert erfolgt. In Abschnitt 2.3 wird gezeigt, dass es sich bei den Begriffen SLE und intelligente und hybride Lernräume um dieselben Konstrukte handelt. Insofern erfolgt im weiteren Verlauf der Forschungsarbeit die weitere Annäherung an den Untersuchungsgegenstand intelligenter und hybrider Lernräume über das Konstrukt der Smart Learning Environments, da für dieses Lernformat einschlägige, wissenschaftliche Publikationen vorliegen. Darüber hinaus kann auf diese Weise der Untersuchungsgegenstand geschärft und eingegrenzt werden.

Die detaillierte Literaturanalyse und die daraus resultierenden Ergebnisse werden in Abschnitt 2.4 im Rahmen des aktuellen Forschungsstandes zu Smart Learning Environments dargestellt und diskutiert.

2.3 Lernräume

Der Forschungsgegenstand der Lernräume wird im Folgenden zunächst aus der Perspektive einer bildungswissenschaftlichen Forschung beleuchtet, um theoretische Grundlagen zu bilden, die anschließend in den Kontext des arbeitsplatzbezogenen Lernens gestellt werden. Dadurch erweitert sich die Perspektive auf Lernräume im Arbeitskontext, wobei explizit auf Büroräumgestaltungsprinzipien eingegangen wird. Eine vollständige Darstellung des Forschungsstandes kann hier nicht erfolgen, da dies den Rahmen der Arbeit sprengen würde. Insofern werden unter dem Gesichtspunkt der „Gestaltungsprinzipien von Lernräumen“ allgemeine

Empfehlungen zum Thema „Architektur für Erwachsenenbildung“ herausgearbeitet und aus unterschiedlichen Forschungshintergründen zusammengetragen. In einem finalen Schritt werden schließlich Merkmale intelligenter und hybrider Lernräume skizziert, um eine theoretisch begründete Brücke zum Begriff „Smart Learning Environments“ schlagen zu können.

2.3.1 Raumtheoretische Grundlagen

Für eine systematische Dekonstruktion des Begriffes „Lernraum“, wird zunächst das Konstrukt „Raum“ betrachtet. Sesink (2007, 2014) verweist im pädagogischen Kontext auf eine grundsätzlich metaphorische Verwendung des Raum-Begriffes, der von Spielraum, über Freiraum bis Weltraum und virtuellem Raum unterschiedliche Bedeutungen einnehmen kann. Im medienpädagogischen Bereich differenziert Kerres (2017) die Metaphern weiter aus und führt weitere Begriffe auf, die auf eine unscharfe Verwendung hindeuten. Diese reichen von Lernumgebung, Lernarrangement und Lernumwelt über mediale Bildungsräume oder Bildungsplattformen bis hin zu Ökosystemen.

Sesink (2007) weist zudem auf die Unterscheidung im Englischen hin, wobei zwischen „room“ als gestaltetem Raum und „space“ als ungestaltetem (leeren) Raum unterschieden werden muss. Weiterhin differenziert er die Potenzialität von Raum und bezieht sich dabei auf Winnicott (1974), die „spielerisch-experimentelle Begegnung von subjektiver Einbildungskraft“ ermöglicht und damit Vorhandenes überschreitet. Die im weiteren Sinne architektonische Anlage von Räumen bezieht sich auf die Poetik von Räumen und impliziert damit den Aufforderungscharakter für bestimmte Handlungen. Schließlich kommuniziert der Raum auf symbolischer Ebene, z. B. Wertschätzung und Erwartungen an die Nutzenden. Die Raummetapher impliziert, dass Räume erfahrbar und gestaltbar sind. Sie sind von Menschen geschaffen unter Zuhilfenahme einer definierten Menge an Gestaltungsmöglichkeiten.

Mistele & Trolle (2006) unterscheiden in ihrer Konstruktion von Lernräumen zunächst zwischen dem euklidisch-geometrischem Raumverständnis, das in den Dimensionen Breite, Höhe und Tiefe als objektiv „vermessbarer“ Raum definiert ist und einem wahrgenommenen Raum. Letzterer wird nach Bollnow (2010) als erlebter Raum bezeichnet. Dabei wird auf ein relativistisches Raumverständnis Bezug genommen, wonach der Raum sich permanent durch die ihn bildenden Objekte, Menschen und dessen Handlungen verändert. Bollnow stellt dabei den Menschen und dessen individuelle Wahrnehmung in den Mittelpunkt, in dem er die persönlichen, soziologischen und psychologischen Deutungen des Einzelnen

mit einbezieht. Dies bedeutet, dass jeder Mensch Raum auf Grund seiner individuellen Wahrnehmung anders erlebt. Somit hat auch jeder Ort im erlebten Raum eine andere Bedeutung für den Menschen. Es gibt qualitativ unterschiedliche Orte im Raum, deren Beziehungen zueinander die Basis einer inhaltlichen Gliederung des erlebten Raums bilden (vgl. ebenda). Bollnow unterstellt damit eine konstruktivistische Perspektive, wonach die Wirklichkeit dem eigenen Erlebten, der Wahrnehmung und der Sinneserfahrung entspringt. Die Umwelten schaffen so über ihren Aufforderungscharakter Rahmungen, zu denen und in denen sich die Akteure verhalten.

Dementsprechend lassen sich zwei Handlungsfelder, Mensch und Raum, identifizieren, die sich in einer Dualität von Struktur und Handeln manifestieren. Der Raum ist sowohl Resultat als auch Bedingung sozialer Prozesse. Edinger (2015) spricht in diesem Zusammenhang auf Basis einer raumsoziologischen Begriffsklärung von einem materiell-sozial-virtuellem Konzept von Raum, wobei sich alle drei Komponenten eines Raumes (materiell, sozial, virtuell) bedingen und in Wechselwirkung miteinander stehen. Der materielle Raum (die erste Komponente) ist körperlich erfahrbar – also visuell, auditiv, haptisch und olfaktorisch. Die zweite Komponente ist der soziale Raum, er beschreibt in Anlehnung an Pierre Bourdieu (2007) das soziale Gefüge. Dieses Gefüge basiert u. a. auf Alter, Bildungsbiografie und Milieuzugehörigkeit der beteiligten Personen. Die Position im sozialen Raum wirkt sich auch auf die subjektive Wahrnehmung des Lernraumes und aller anwesenden Personen aus und darauf, ob man sich in diesem Lernraum wohl oder unwohl fühlt. Der virtuelle Raum ist „eine metaphorische Bezeichnung“ für (Re-)Präsentationen des Internet im Raum. Dies können dreidimensionale virtuelle Welten, Augmented Reality, Videokonferenzsysteme, Touchscreens, Computer, Embedded Systems oder auch Kollaborationsplattformen wie Social Networks sein. Die virtuelle Komponente spielt im Hinblick auf intelligente und hybride Lernräume bzw. Smart Learning Environments für die vorliegende Forschungsarbeit eine bedeutende Rolle und wird in Abschnitt 2.3.3 näher erläutert.

Mistele & Trolle (2006) erweitern die Lernraumperspektive, indem sie einen direkten Bezug zum selbstgesteuerten Lernen am Arbeitsplatz herstellen. Sie argumentieren, dass der Raum nicht mehr nur statischer Hintergrund, sondern selbst Teil von Lern- und Handlungsprozessen ist. In Verbindung mit dem arbeitsbezogenen Lernen stellt sich dann zwangsläufig die Frage, wie Räume des Lernens ausgestaltet sein müssen, um effektive Lernprozesse zu ermöglichen bzw. zu fördern.

Arbeitsbezogenes Lernen vollzieht sich unter anderem informell im Prozess der Arbeit (vgl. Abschnitt 2.1.2.3). Die Lernenden sind dabei aktive, gestaltende

Menschen, die über unterschiedliche Lernpräferenzen verfügen und selbstgesteuert lernen. Dies schließt die konkrete, selbstbestimmte Wahl des Lernraums, der Lernmethoden, der Lernpartner und den Lernzeitpunkt mit ein (Mistele & Trolle, 2006).

Soll der Raum vom Individuum als Lernraum erlebt und genutzt werden, muss er dessen Lernbedürfnissen und -präferenzen gerecht werden und frei wählbar sein. Die Menschen schaffen sich damit ihre individuellen Lernräume.

Edinger (2015) verweist auf dieselben Aspekte hinsichtlich Selbststeuerung und Nutzerzentrierung. Vor diesem Hintergrund plädiert sie dafür, auf Basis eines Human-Centered-Design-Ansatzes, die Bedürfnisse der Nutzer*innen gezielt zu erheben und diese Daten bzw. die Lernenden selbst in den Prozess der Raumgestaltung aktiv einzubinden. Dabei erörtert sie die bedeutende Rolle von Learning/User Journeys und Personas. Dies sind gängige Innovationsmethoden aus dem Design-Thinking, die sie wie folgt beschreibt (Edinger, 2015, S. 112–113):

„Es bietet sich an, Personas und User Journeys zu entwickeln. Eine Persona ist ein ausgestalteter Typus von Nutzern [...] im Sinne eines im untersuchten Feld anzutreffenden Menschen mit einem bestimmten soziodemografischen Profil, einem sozialen Kontext und biografischen Eigenschaften. Eine User Journey stellt den konkreten Ablauf im Umgang mit Produkten, Software, aber auch Architektur dar.“

So lassen sich beispielsweise formale oder informelle Lernformate und Lernprozesse in Lernräumen bzw. am Arbeitsplatz veranschaulichen. Dabei kommt es auf den konkreten Ablauf der einzelnen Tätigkeiten bzw. Lernaktivitäten an, die letztlich auch Auskunft über die Motivation des Lerners geben können. Ziel ist es, sich einen möglichst holistischen Überblick über die Zielgruppe(n) und deren Erfahrung im Umgang mit Lernarchitekturen zu verschaffen (vgl. ebenda).

Raum soll im Folgenden als materiell-sozial-virtuelles Konzept von Raum verstanden werden, der sich durch Kombination dreier miteinander verknüpfter Komponenten manifestiert. Dabei kann einer Dualität zwischen Subjektivität und Raumstruktur sowie dem erlebten Raum im Sinne sozialer Wirklichkeit am ehesten entsprochen werden. Darüber hinaus bietet die dritte Komponente konkrete Anknüpfungspunkte an den Forschungsgegenstand intelligenter und hybrider Lernräume.

Dieser theoretischen Grundlage folgend sind Lernräume in der vorliegenden Forschungsarbeit in einem Zusammenwirken folgender Ebenen zu betrachten:

1. Materielle Ebene
2. Soziale Ebene

3. Virtuelle Ebene

Diese sind in ihrem kontinuierlichen Wirkungsgefüge untereinander verschränkt, können zu analytischen Zwecken jedoch auch einzeln betrachtet werden.

Essenziell für das Verständnis eines erlebten Raumes aus den genannten drei Komponenten ist, dass der Raum immer ein Zusammenspiel aus all diesen Komponenten ist. Sofern sich nur eine einzige Komponente verändert, wie etwa durch das Aussetzen des WLAN, so ändert sich der komplette Raum in der subjektiv wahrgenommenen Wirkung der Lernenden. Der Doppelcharakter von Struktur und Handeln bedingt explizit in Bezug auf Lernräume, dass die gleichen didaktischen Settings und Inhalte je nach Zusammensetzung der jeweils vorhandenen Raumkomponenten eine andere Wirkung entfalten können. Entsprechend argumentiert Erdinger (2015), nach Verhaltensmustern in ähnlichen Umgebungen zu suchen. Diese individuelle, sehr spezifische Recherche und Gestaltungsarbeit lässt sich dann systematisch mit Methoden aus dem Design Thinking wie z. B. Personas oder Learning Journeys begleiten.

Auf Basis dieser theoretischen Vorüberlegungen soll im nächsten Abschnitt die Perspektive der Lernraumforschung und Büroraumgestaltung eingenommen werden, um Gestaltungsempfehlungen identifizieren zu können.

2.3.2 Lernraumforschung und Büroraumgestaltung

Wie bereits in Abschnitt 1.2.2. dargelegt, konnte die Pädagogik noch keine fundierte Perspektive auf die Gestaltung von Lernräumen entwickeln. Sesink (2007, S. 2) formuliert das Desiderat wie folgt:

„Die architektonische Gestaltung von Lernräumen ist ein in seiner Bedeutung sträflich unterschätzter Teil pädagogischer Technik. Das Interesse für den Raum, das mit dem Vordringen der Neuen Technologien erwachte, ändert daran nichts. Eine der Diskussion um die notwendigen Qualitäten virtueller Lernräume auch nur annähernd vergleichbare Diskussion um die Qualitäten architektonischer Räume findet nicht statt.“

In Abgrenzung dazu kann festgestellt werden, dass sich insbesondere in den letzten Jahren ein großes Interesse zum Thema „Bildungsräume“ ausgebildet hat. Neuere Publikationen verweisen auf eine gestiegene Bedeutung des Themas (Arnold, Lermen & Günther, 2015; Rummler, 2014), wobei sich eine deutliche Mehrheit mit virtuellen Lernräumen oder deren metaphorischen Bedeutungen auseinandersetzt. Die Gestaltung von physischen Lernräumen ist weiterhin

als Spezifikum zu betrachten, auch wenn wissenschaftliche Untersuchungen diesbezüglich zugenommen haben. Von daher ist es ein Anliegen der vorliegenden Forschungsarbeit, auf die Gestaltung physischer Lernräume zu fokussieren, wobei die drei Raumkomponenten (materiell, sozial und virtuell) systematisch miteinander verwoben werden (vgl. Abschnitt 2.3.1).

Im Rahmen der Literaturrecherche konnte festgestellt werden, dass seit kurzer Zeit die Erforschung von Lernumgebungen an Bedeutung gewonnen hat und Begriffe wie „Der Raum als dritter Pädagoge“ gängig geworden sind. Margret Fell (2015) beschreibt Raumdidaktik als Planung und Gestaltung von materiellen Räumen, die nach pädagogisch-andragogischen Ansprüchen physikalisch, ästhetisch, funktional und extrafunktional so zu arrangieren sind, dass sie auf Bildungsprozesse einen förderlichen Einfluss haben. Sie argumentiert, dass Bildungsräume als didaktische Stützfunktion wirken, sofern diese günstige Konstellationen schaffen, die für eine am selbstgesteuerten Lernen orientierte Weiterbildung ermöglichen. Räume unterstützen auf diese Weise gezielt didaktische Grundformen, indem sie beispielsweise Orte für Begegnung und Dialog anbieten.

Es wird deutlich, dass der Raum als dritter Pädagoge wirksam wird und sich Raum und Lernende gegenseitig beeinflussen. Die Erarbeitung von Inhalten findet wie bereits in Abschnitt 2.3.1 hergeleitet, nicht isoliert von der jeweiligen Umwelt statt. Es macht einen Unterschied, ob man z. B. im Garten sitzt und lernt oder in einem Büroraum. Erkenntnisse aus der Cognitive Science (vgl. Abschnitt 2.1.2.1) zeigen, dass die Ver- und Erarbeitung von Wissen in der Interaktion mit dem jeweiligen individuellen Umfeld stattfindet. Fell (2015) stellt dazu fest:

„Je unterschiedlicher Raumqualitäten sind, die ein Individuum erleben kann, desto umfassender gestaltet sich dessen kognitives Begreifen.“

Vielfalt der Raumqualität unterstützt also kognitive Prozesse. Dies bedeutet auch, dass nicht gut gestaltete Lernumgebungen negative Einflüsse auf den Lernerfolg haben. Sie führen zu schlechterer Motivation, mangelndem Wohlbefinden und Lernängsten (vgl. ebenda, S. 50).

Der Prozess der gegenseitigen Beeinflussung von Mensch und Raum ist für beide Richtungen gültig. Beeinflusst der Raum den Menschen und gibt Handlungsimpulse vor, so strukturiert der Mensch den Raum z. B. durch das Gruppieren von Möbeln. Die so entstehenden neuen Gegebenheiten des Raumes ermöglichen wiederum neue Handlungen. Auch der Autor Mehrabian (1987) weist darauf hin, wie wichtig eine anregende, „lustbetonte“ Lernumgebung für den Lernerfolg ist.

Allerdings gibt es hierzu wenig empirisch abgesicherte Befunde, die einen direkten Zusammenhang zwischen Verhalten und Raum nachweisen. Unterschiedliche Disziplinen wie Bildungsforschung, Architektur, Raumsoziologie, Pädagogik und Psychologie nähern sich diesem Feld derzeit überwiegend auf theoretischer Basis. Eine neuere Studie von Wieber und Conrad (2015) hat zum Ziel, Lernräume aus umweltpsychologischer Perspektive zu erforschen und Gestaltungsmerkmale und ihre Wirkung auf das Lernen zu identifizieren. Die Ergebnisse sind derzeit jedoch noch nicht veröffentlicht¹³.

An der Hochschule der Medien (HdM) werden Lernräume im Forschungsschwerpunkt „Lernwelten“ unter der Leitung von Prof. Richard Stang seit 2008 intensiv beforscht. Mit dem Ende 2011 eröffneten LearnerLab (vgl. Abbildung 2.8) steht seit mehreren Jahren ein geeignetes Untersuchungsumfeld für die gezielte Lernraumforschung zur Verfügung. Im Rahmen der Forschungsarbeiten wurde zunächst über mehrere Semester eine apparative Beobachtung des LearnerLabs mit Hilfe zweier Kameras, die alle 15 Minuten ein Bild des Raumes aufnahmen, durchgeführt. Apparative Beobachtungen, die automatisiert ablaufen, haben den Vorteil, dass Messfehler oder auch Fehler, die durch den Faktor „Mensch“ entstehen können, von vornherein ausgeschlossen werden können.



Abbildung 2.8 LearnerLab HdM Stuttgart (Quelle: HdM) und Orestad Gymnasium (Quelle: Montag Stiftung)

Empirisch untersucht wurde die Nutzungshäufigkeit, die Sozialform beim Lernen, die Arbeitsdauer und die Lern- und Arbeitsplatzwahl (Stang & Strahl, 2016). Die Befunde zeigen, dass die Möglichkeit zur Schaffung eines eigenen Territoriums (Raum-im-Raum Prinzip) einen hohen Stellenwert für die Nutzer*innen

¹³Stand: 09.10.2017

hat. Somit bestätigte sich die These von Gustave Nicolas Fischer, die besagt, dass sich verschiedene Aneignungsformen zu strategischen Verhaltensweisen verbinden und so die emotionale und soziale Anpassung an die jeweilige Aufgabe ausdrücken (Fischer, 1990). Zur Abschottung wurden überwiegend flexible Stellwände genutzt. Es konnte zudem festgestellt werden, dass vor allem die Ecken eines Raumes zum Lernen aufgesucht werden, so dass ausreichend Abstand zu anderen „Lerngruppen“ vorhanden war. Die Studie konnte empirisch nachweisen, dass die selbstgesteuerte Gestaltung und Anpassung des Raumes auf eigene Bedürfnisse positiv bewertet wird. Entsprechend sollten Lernräume über flexible Strukturen und Raumelemente verfügen. Darüber hinaus zeigte sich, dass sich große Flächen besser für Zonenkonzepte eignen (vgl. ebenda).

Die Montag Stiftung trägt seit 1998 Gestaltungsleitlinien für eine Pädagogische Architektur zusammen, indem sie Best-Practice Beispiele aus Europa identifiziert und auf ihrer Homepage vorstellt. Dabei fokussiert sich die Montag Stiftung insbesondere auf Schulbauten. Da aber auch im schulischen Bildungssystem modernere Lernformen im Zentrum aktueller Debatten stehen, sollen im Folgenden die von der Montag Stiftung ausgearbeiteten Leitlinien und Prinzipien vorgestellt werden, da sich hier grundlegende Muster erkennen lassen, die sich auch auf arbeitsplatzbezogene Lernformen übertragen lassen. In einem anschließenden Schritt erfolgt dann eine gesonderte Betrachtung von Gestaltungsprinzipien einer Büroarchitektur.

Zunächst einmal plädiert die Montag Stiftung auch für den schulischen Kontext auf eine ausgeprägt kompetenzorientierte Lernmethodik. Danach ist der Erwerb von Kompetenzen ein Lernprozess, in dem Aktivitäten, Emotionen, Kognitionen und Situationen auf vielfältige Weise miteinander verknüpft sind. Wenn dieser Lernprozess aktiv und ergebnisorientiert gestaltet ist und unterschiedliche Zugänge zum Lernen ermöglicht, ist er besonders effektiv (Bahner & Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft, 2017).

Hierbei ist festzustellen, dass die hier eingenommene lerntheoretische Grundlage mit den für die Forschungsarbeit relevanten arbeitsplatzbezogenen Lernprinzipien (vgl. Abschnitt 2.1.2) übereinstimmt und auch kompatibel mit den theoretischen Grundlagen zur Dekonstruktion des Begriffes Lernraum ist (vgl. Abschnitt 2.3.1). Insofern ist eine nähere Erläuterung der Gestaltungsprinzipien der Montag Stiftung auch für die vorliegende Forschungsarbeit relevant, obwohl sich diese explizit an die Gestaltung von Schulen richten. Grundlage der folgenden Ausformulierungen ist ein Verständnis, in dem Lernen als aktiver und interaktiver Prozess begriffen wird und in Folge dessen ein anderes als das bisher übliche Raumangebot benötigt. Als „Häuser des Lernens“ entwickeln sich Schulgebäude zu einer vielfältig nutzbaren Infrastruktur, die unterschiedlichen

Lehr- und Lernumgebungen Raum gibt. Neben Räumen, die primär dem Frontalunterricht dienen, und spezialisierten Bereichen wie Werkstätten, Labors und Ateliers sind unterschiedlich dimensionierte Arbeitsumgebungen für Teams erforderlich. Gute Lern- und Arbeitsumgebungen entstehen dabei erst, wenn sie einer erkennbaren pädagogisch-architektonischen Konzeption folgen und die erforderliche Vielseitigkeit mit weiteren Eigenschaften verbunden ist, die für Schulbauten unverzichtbar sind. Die nachfolgenden Kriterien formulieren wichtige Prinzipien und Qualitäten von Schulgebäuden.

Die thesenförmig zusammengetragenen Prinzipien einer pädagogischen Architektur aus dem Jahr 2012 lauten wie folgt (Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft, 2012, S. 252–280):

These 1:

Lernen benötigt viele und unterschiedliche Perspektiven, Zugänge und Ergebnisse

These 2:

Gelernt wird allein, zu zweit, in der Kleingruppe, mit dem ganzen Jahrgang, jahrgangsübergreifend und auch im Klassenverband

These 3:

Ganztagschule heißt Lernen, Bewegen, Spielen, Toben, Verweilen, Reden, Essen und vieles mehr – in einem gesunden Rhythmus

These 4:

Schulbuch und Kreidetafel werden ergänzt durch Tablet-PC, Smartboard und andere Neue Medien

These 5:

Förderung in einer inklusiven Schule geschieht in heterogenen Gruppen

These 6:

Kulturelles und ästhetisches Lernen muss durch Pädagogik und Architektur vermittelt werden

These 7:

Lernen in Gesundheit und Bewegung findet in anregender und weiträumiger Umgebung statt

These 8:

Demokratisches Lernen benötigt eine demokratische Schule

These 9:

Schule ist im Umgang mit Umwelt und Technik ein Vorbild

These 10:

Die Schule öffnet sich zur Stadt – die Stadt öffnet sich zur Schule

In diesen Thesen, die Gestaltungsprinzipien der Lernräume implizieren, lassen sich etliche Analogien und Überschneidungen zum Lernen am Arbeitsplatz ableiten. Da diese Thesen in 2017 überarbeitet und innerhalb von sechs Gestaltungsprinzipien komprimiert wurden, soll im Folgenden auf diese Prinzipien differenzierter eingegangen werden (Bahner & Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft, 2017, S. 14–17):

1. Prinzip: Pädagogisch-architektonische Grundkonzeption

Wesentliche Voraussetzung für ein gutes Schulgebäude ist die architektonische Gesamtkonzeption, die ausgehend von einer pädagogischen Leitidee ein differenziertes und in sich schlüssiges Raumprogramm beinhaltet. Raumbildung und Gestaltung sollten klaren Prinzipien folgen, die sowohl in den verschiedenen Funktionsbereichen innerhalb und außerhalb des Gebäudes als auch beim Erscheinungsbild und der Einbindung in die Umgebung erkennbar sind. Schulen sind dabei Lern- und Lebensorte gleichermaßen (Abbildung 2.9).



Abbildung 2.9 v.l.n.r.: Orestad Gymnasium (Quelle: Montag Stiftung) und Bibliothek Sao Paulo (Quelle: knstrct.com)

Die Grenzen verschwimmen hier ebenso wie beim arbeitsplatzbezogenen Lernen, wo Arbeiten, Lernen und Privatleben immer weiter miteinander verschmelzen. Bereits die Schulen müssen die Wissensarbeiter der Zukunft durch

neue Bildungskonzepte unterstützen, wobei die Bildungsstrukturen in ähnlichen Mustern und Strukturen des lebenslangen Lernens am Arbeitsplatz verlaufen (Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft, o. J.) (Abbildung 2.10).

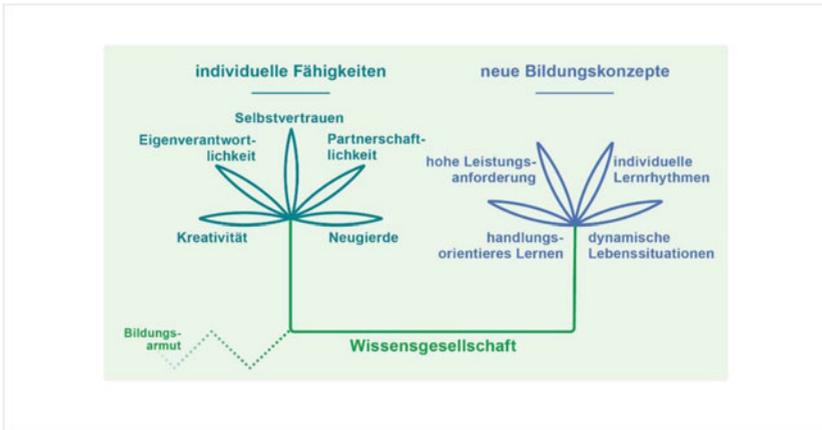


Abbildung 2.10 Die Wissensgesellschaft erfordert neue Bildungskonzepte (Quelle: Nach Montag Stiftung)

Die für eine pädagogisch-architektonische Grundkonzeption wichtigen Funktionsbereiche orientieren sich nach der Art der Lernaktivität (vgl. Abschnitt 2.1.2). Konkrete Tätigkeiten des Lernens sind z. B. die folgenden:

- Erkennen
- Abwägen
- Gestalten
- Entdecken
- Erörtern
- Planen
- Befragen
- Hinterfragen
- Bewerten
- Erleben
- Recherchieren
- Experimentieren

- Präsentieren

Erfahrungsbasierte Lernkonzepte spiegeln sich in den o. a. Lernaktivitäten wider, die John Dewey (1859–1952) in einem Zitat wie folgt pointiert:

„Ein Gramm Erfahrung ist besser als eine Tonne Theorie.“

Entsprechend müssen die Lernräume o. a. Lernaktivitäten bzw. konkrete Lern-tätigkeiten am Arbeitsplatz ermöglichen und durch die Raumgestaltung aktiv gefördert werden. Dabei sollte zunächst eine konkrete Bedarfs- und Kontextana-lyse durchgeführt und auf den in Abschnitt 2.1.2.1. extrahierten förderlichen Lehr- und Lernprozessen aufgebaut werden.

2. Prinzip: Orientierung, Atmosphäre und Gestaltung

Leistungsfähige Schulen zeichnen sich dadurch aus, dass sich die Lehrenden und Lernenden wohl fühlen. Dieses Wohlbefinden resultiert aus funktionalen, sozialen und ästhetischen Qualitäten eines Schulgebäudes. Dazu gehören die Zonierung in überschaubare Einheiten, klare räumliche Strukturen und Wegeführungen, prägnante Raumatmosphären und Sichtbeziehungen innerhalb und außerhalb des Schulgebäudes sowie eine sorgfältig ausgewählte Material-, Licht- und Farbge-staltung. Gut gestaltete Schulgebäude sind ein Ausdruck der Wertschätzung, die eine Gesellschaft der Bildung und ihren Akteurinnen und Akteuren entgegen-bringt. In diesem Prinzip spiegeln sich die raumtheoretischen Grundlagen, wie sie von Sesink (2007) oder auch Bollnow (2010) im Sinne eines erlebten, sub-jektorientierten Raumes formuliert wurden (vgl. Abschnitt 2.3.1) wider. Entspre-chend müssen harmonische Formen, Konturen, Strukturen und Lichtverhältnisse gestaltet werden, die eine angenehme Raumatmosphäre erzeugen.

3. Prinzip: Vielseitigkeit und Veränderbarkeit:

Die Veränderung von qualitativen und quantitativen Raumbedarfen sowie die Notwendigkeit, pädagogische und schulorganisatorische Konzepte fortwährend weiterzuentwickeln, macht die Anpassungsfähigkeit von Schulgebäuden zu einer grundlegenden Anforderung.

Dies betrifft sowohl die kurzfristige (situative) wie auch langfristige (kon-zeptionelle) Veränderbarkeit und gilt für unterschiedliche Maßstabebenen vom einzelnen Lern- und Arbeitsraum über die gemeinschaftlichen Bereiche bis zum ganzen Gebäude. Die Räume sollten für unterschiedliche Aktivitäten nutz-bar, einzelne Teilbereiche nach Bedarf miteinander kombinierbar und auch die Erschließungszonen eines Gebäudes für Lern-, Arbeits- und Erholungsphasen

aktivierbar sein. Aber nicht der Verzicht auf spezifische Raumqualitäten zugunsten größtmöglicher Neutralität, sondern die Bereitstellung eines vielschichtigen Raumangebots schafft die dafür notwendigen Voraussetzungen.

Diesem Prinzip folgend sollten möglichst flexible Raumelemente verwendet werden, die sich schnell und einfach an den Bedürfnissen der jeweiligen Lernsituation anpassen lassen und wenn möglich nicht fest installiert sind.

4. Prinzip: Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit

Die Langlebigkeit von Schulgebäuden lässt sich auf verschiedene Weisen sichern: durch den Einsatz wertbeständiger und alterungsfähiger Materialien, kontinuierliche Pflege und Instandhaltung der Gebäude sowie einfacher Reparierbarkeit ihrer technischen Systeme, Vielseitigkeit und Veränderbarkeit ihrer Funktionsbereiche, aber auch durch eine besondere gestalterische Qualität ihrer Architektur, die mit der damit verbundenen öffentlichen Wertschätzung dauerhafte Erhaltungsinvestitionen sicherzustellen hilft. Ein langfristiges Grundelement für Dauerhaftigkeit ist vor allem die innere Flexibilität und Wandelbarkeit, denn äußerliche Veränderungen in der Gebäudestruktur lassen sich nur ungleich schwerer umsetzen.

Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit sind einander ergänzende Qualitätsziele. Neben den Erstellungs- und Einrichtungskosten eines Gebäudes sind in besonderem Maße die Kosten für Bewirtschaftung und Instandhaltung (Lebenszykluskosten), der Grundsatz der Umweltverträglichkeit und die größtmögliche Ressourcenschonung im Sinne nachhaltigen Bauens zu berücksichtigen. Zur Minimierung des Energieverbrauchs empfiehlt sich ein integriertes Gebäudekonzept mit einem ausgewogenen Verhältnis aus klugen Raumlösungen, sorgfältig ausgewählten Materialien und intelligenter Gebäudetechnik. Vorausschauende, mitunter höhere Anfangsinvestitionen machen Schulgebäude im Lebenszyklus wirtschaftlicher und wertbeständiger.

In diesem 4. Prinzip werden die Potenziale intelligenter und hybrider Lernräume durch den Einsatz von IoT-Lösungen geradezu von der Montag Stiftung eingefordert und indirekt benannt, ohne jedoch näher auf das Thema Internet der Dinge und dessen Möglichkeiten einzugehen. Entsprechend sind energieeffiziente IoT-Lösungen (z. B. Smart Metering) zu integrieren, die automatisiert die Heizung, Beleuchtung sowie weitere Geräte ausschalten, sofern sie nicht mehr benötigt werden. Darüber hinaus sind Funktionalitäten für energieeffizientes Wirtschaften möglich, indem Sensoren und Aktoren zwischen Heizkörperthermostat und Fenstern dafür sorgen, dass die Heizung abgeschaltet wird, wenn die Fenster geöffnet werden. Dies ist nur ein Beispiel von einer Vielzahl an energiesparenden und nachhaltigen Lösungen, die durch das Internet der Dinge erzielt werden können.

5. Prinzip: Gesundheit und Sicherheit

Gesunde und sichere Lern- und Arbeitsbedingungen sind grundlegende und in hohem Maße lernförderliche Qualitäten eines guten Schulgebäudes. Mit dem Übergang zur Ganztagschule und den damit verbundenen längeren Aufenthaltszeiten in Schulgebäuden sind die diesbezüglichen Anforderungen noch gewachsen. Für die Regelungsbereiche Licht, Akustik, Raumluft, Raumklima, Baustoffe, Sicherheit, Brandschutz und Hygiene existieren zahlreiche technische Normen und Vorschriften, die in unregelmäßigen Abständen novelliert werden. Sie haben dabei nicht nur den jeweiligen Stand der Technik, sondern auch die veränderten funktionalen Anforderungen an Lernumgebungen zu berücksichtigen. Dies betrifft zum Beispiel raumakustische Erfordernisse oder die Regelungen zum baulichen Brandschutz. Sie müssen künftig an zeitgemäße Konzeptionen gegliederter oder offener Lernlandschaften mit differenzierten Arbeits- und Unterrichtsphasen angepasst werden. Mit vielfältigen Bewegungsräumen und Sportmöglichkeiten, ausreichend Pflege- und Betreuungsangeboten sowie attraktiven Erholungs- und Rückzugsbereichen sollen Schulen die räumlichen Voraussetzungen für einen gesunden Schulalltag bieten.

In diesem 5. Prinzip eröffnen sich Potenziale intelligent gesteuerter Verfahren, die ein ergonomisches Arbeiten am Arbeitsplatz unterstützen (vgl. Abschnitt 2.3.3). Darüber hinaus sind auch Sicherheits- Klima- und Brandschutzautomatismen mit IoT-Lösungen aus dem SmartHome-Bereich abbildbar und lassen sich in Lernräume sinnvoll integrieren.

6. Prinzip: Einbindung im Stadtteil

Leistungsfähige Schulen und ihre Gebäude sind wichtige Bausteine einer Stadt, einer Gemeinde oder eines Quartiers. Sie kooperieren mit anderen öffentlichen Einrichtungen, sind Teile von Bildungslandschaften und dienen als Zentren lokaler Gemeinschaften, wenn sie zum Beispiel in den Abendstunden oder in den Schulferien auch für außerschulische Zwecke zur Verfügung stehen. Für die Integration des Schulgebäudes in das Stadtgefüge sind verschiedene Aspekte von Bedeutung: die Lage des Schulstandorts im Hinblick auf die verkehrliche Erreichbarkeit (öffentliche Verkehrsmittel sowie Bring- und Holverkehr), die räumliche Nähe zu anderen öffentlichen Einrichtungen, die Verfügbarkeit von räumlichen Reserven für mögliche Erweiterungen, die Ansiedlung komplementärer Einrichtungen, die städtebauliche Integration in die Umgebung und die Ausgestaltung der Schnittstellen und Übergangsbereiche zum öffentlichen Raum. Die Zonierung des Außenareals sollte es ermöglichen, dass anliegende Plätze, Parks und öffentliche Einrichtungen auf geeignete Weise in das Schulleben einbezogen werden können.

Prinzip 6 ist das einzige Gestaltungselement, das sich nicht direkt auf ein Lernen am Arbeitsplatz abbilden bzw. übertragen lässt. Indirekte Zusammenhänge lassen sich jedoch in der Art herstellen, dass auch Unternehmen in einer regionalen und gesellschaftlichen Struktur eingebettet sind, die es zu nutzen gilt, z. B. in Form von Recruiting Events, Meet Up's etc, die in den Räumlichkeiten der Organisation stattfinden und auf aktuelle regionale Gegebenheiten Bezug nehmen. Auf der anderen Seite eröffnen sich visionäre Potenziale in Richtung einer „Smart City“ – Gerade wenn es um ein ortsabhängiges, adaptives Lernen am Arbeitsplatz geht (vgl. Abschnitt 2.1.2.5), hört dieses beim Verlassen des Bürogebäudes nicht schlagartig auf, sondern verläuft in ubiquitären, hybriden Bahnen auch außerhalb des Arbeitsplatzes weiter. Insofern wären hier Lernprozesse denkbar, die die Inhalte aus der Arbeitswelt (respektive Schulwelt) in die Alltagswelt überführen. Demnach könnte ein Lernszenario wie folgt aussehen:

Das adaptive Lernsystem weiß, dass sich Mitarbeiter*in XY beruflich mit dem Thema kontextgebundener Lernmethoden beschäftigt. Auf dem Heimweg läuft der/die Mitarbeiter*in an einer Agentur vorbei, die eine Stadtführung mit Hilfe einer Augmented Reality App anbietet. Das Smartphone registriert diese Agentur mit ihren inhaltlichen Schwerpunkten und empfiehlt für das Wochenende, an einer kontextbezogenen, hybridisierten Lern-Tour durch den eigenen Wohnort teilzunehmen.

Aufbauend auf diesen Grundlagen lassen sich zusammenfassend und im Abgleich weiterer Literaturanalysen zur Lernraumforschung (Eigenbrod & Stang 2014; Barrasch 2013; Knoll 1995; Sesink 2014; Stang 2014) die folgenden Gestaltungsprinzipien destillieren:

- Kreieren einer affektiven Raumatmosphäre
- Gestaltung offener Lernlandschaften mit Rückzugsorten in Form von mobilen „Raumzellen“
- Bereitstellung einer multifunktionalen Raumausstattung
- Unterstützung unterschiedlicher Lernformate durch funktionale Vielseitigkeit
 - o Frontalunterricht
 - o Gruppenarbeit
 - o Einzelarbeit
 - o Präsentation
- Berücksichtigung einer ressourcenschonenden Architektur (z. B. durch Upcycling, vgl. Abbildung 2.11)

- Berücksichtigung einer kostenbewussten Gebäudebewirtschaftung (z. B. durch energieeffiziente SmartHome-Lösungen)
- Nutzung flexibler Raumelemente zwecks einfacher Umgestaltung, die an den Bedürfnissen der Lehrenden und Lernenden ausgerichtet ist
- Partizipative Co-Creation der Lernräume
- Berücksichtigung und Nutzung der Außenbereiche
- Herstellung optimaler Bedingungen in Bezug zur Beleuchtung (viel Tageslicht), Beschattung, Akustik, Luftqualität, Kühlung und Heizung
- Unterstützung von Gesundheit, Sicherheit und ergonomischen Prinzipien

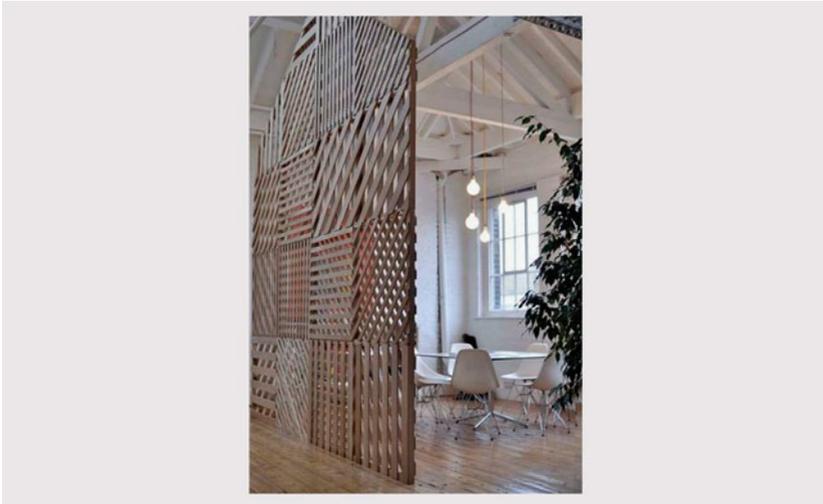


Abbildung 2.11 Upcycling mit Paletten als Trennwand (Quelle: Pinterest.de)

Die in diesem Abschnitt aufgeführten Bezüge zwischen Architektur und Pädagogik sollen nunmehr in einem abschließenden Schritt in den Kontext der eher wirtschaftswissenschaftlich geprägten Büroraumgestaltung gestellt werden. Ziel ist es, eine pädagogisch fundierte und ganzheitliche Perspektive auf die Gestaltung von Lernräumen mit Fokus auf arbeitsplatzbezogenes Lernen zu entwickeln.

Zunächst einmal kann festgestellt werden, dass im Vergleich zu pädagogisch orientierten Untersuchungen umfangreichere Studien eher aus dem wirtschaftswissenschaftlichen Kontext vorangetrieben bzw. realisiert werden, die den Zusammenhang zwischen (Büro-)Räumen und dem Wohlbefinden der Mitarbeiter*innen sowie dem Mitarbeiterengagement, also der Produktivität der Angestellten, empirisch erforschen. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da derartige Studien extrem aufwändig und sehr teuer sind und von daher nicht von Kommunen, öffentlichen Bildungsträgern oder gar den (Hoch-)Schulen selbst in Auftrag gegeben werden können. Die Institutionen, die derartige Studien durchführen, sind oftmals in wirtschaftliche Interessenlagen involviert, so dass die Untersuchungen kritisch zu reflektieren sind.

So enthält beispielsweise der Steelcase Global Report insgesamt fünf Erkenntnisse, die bei einer Gestaltung der Büroräume relevant sind (vgl. Abbildung 2.12).



Abbildung 2.12 Faktoren, die das Engagement und die Zufriedenheit am Arbeitsplatz beeinflussen (Quelle: Nach Steelcase Global Report 2016)

In überwiegenden Teilen decken sich diese Erkenntnisse mit den Prinzipien pädagogischer Architektur der Montag Stiftung. Steelcase (2015) weist aber darüber hinaus darauf hin, dass ein weltweiter Trend zu erkennen sei, der sich in Form einer weltweiten kulturellen Bewegung definiert und den Arbeitsplatz gänzlich neu erfindet. Dazu gehöre auch der Trend der „Maker-Szene“. Steelcase formuliert dieses Phänomen wie folgt (vgl. ebenda, S. 1):

„Die „Maker-Szene“ – eine Art Do-it-yourself- Avantgarde, die leidenschaftlich gern Dinge schafft und Communitys bildet, um Gerätschaften, Räume und Ideen zu teilen – hat sich zu einem weltweiten Phänomen entwickelt. Maker-Messen, Maker-Bereiche

und Maker-Magazine sind sichtbare Zeichen für etwas, das manche als „Do-okratie“ bezeichnen – eine Renaissance des Selbermachens, mit Menschen, die ihre Ressourcen teilen und sich in ihrer Kreativität gegenseitig unterstützen.“

Steelcase verweist in diesem Zusammenhang auf einen Wandel von einseitiger, überwiegend wirtschaftlich geprägter Effizienz hin zu vielfältigeren Lösungen, die das seelische, körperliche und kognitive Wohlbefinden der Menschen fördern. Angesichts der globalen Suche nach Talenten und der wachsenden Notwendigkeit für mehr Mitarbeiterengagement nehmen informelle, authentische und inspirierende Räume an Bedeutung zu.

Im letztgenannten Satz schwingt bereits die Ursache dieser zu beobachtenden Veränderungen mit, die darüber hinaus die bedeutungstheoretischen Annahmen über einen erlebten (vgl. Bollnow 2010) und poetischen (symbolischen) Raum (vgl. Sesink 2007) untermauern. Die Maker-Szene ist darüber hinaus begleitet durch eine Ausbreitung sogenannter Co-Working & Creative-Spaces (Abbildung 2.13).



Abbildung 2.13 Formen, Farben und Struktur erzeugen Atmosphäre (Quelle: Steelcase)

Co-Working- Spaces (Abbildung 2.14) sind Bürogemeinschaften, die in der Regel einen Arbeitsplatz für Start-ups und Freiberufler anbieten. Derartige Bürogemeinschaften wie z. B. das Betahaus¹⁴ in Berlin haben sich längst weltweit etabliert. Der Trend kommt ursprünglich aus dem Silicon Valley, dem „Kreativtal der USA“, in dem die Unternehmen Google und Facebook ihre digitalen Produkte erarbeiten.



Abbildung 2.14 Co-Working Space (Quelle: Ahoy Berlin)

Kernkonzept sind offene Räume für offene Gedanken. Kreative und Freie jeder Art sollen eine Arbeitsatmosphäre vorfinden, die ihre Ideen zutage fördert (Abbildung 2.15). In diesem Sinne sind innovative Arbeitsmethoden an der Tagesordnung und die Räume gehen entsprechend auf diese neuen designbasierten Lern- und Arbeitsformen ein. Als Trendsetter im Zusammenhang designbasierter Lernmethoden wird oft auf die d.school Stanford¹⁵ verwiesen, die derartige Projekträume seit vielen Jahren entwickelt und im eigenen Lehrbetrieb einsetzt (Barrasch, 2013).

Zudem sollen in Co-Working-Spaces möglichst viele Menschen mit unterschiedlichen Berufen in einem Raum zusammenarbeiten, um neue Perspektiven auf ein Problem zu bündeln und innovative Lösungen zu kreieren. Eine derartige

¹⁴<https://www.betahaus.com/berlin/>

¹⁵<https://dschool.stanford.edu>



Abbildung 2.15 Co-Working Space (Quelle: Ahoy Berlin)

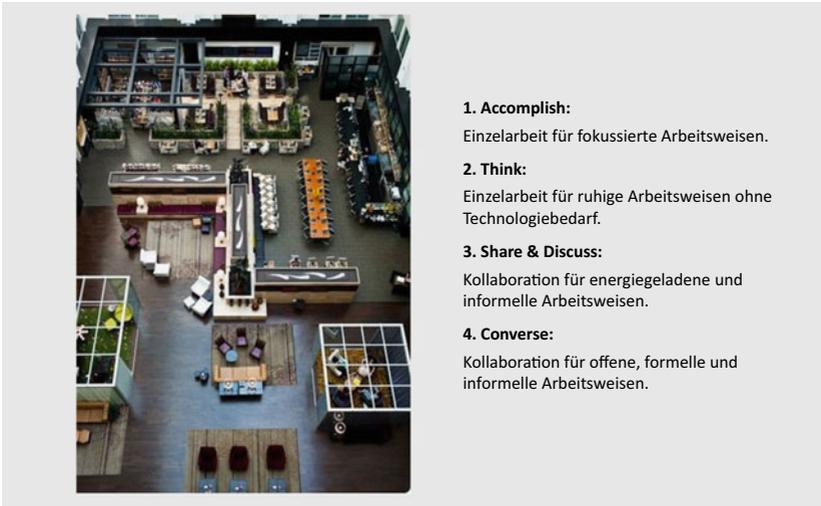
Arbeitsplatzgestaltung mit den damit verbundenen Arbeitsmethoden werden derzeit auch von großen, traditionellen und etablierten Unternehmen entdeckt, die die überaus kreativ gestalteten „Netzwerk-Oasen“ und Raumgestaltungselemente der öffentlichen Co-Working Spaces in den eigenen Bürolandschaften übernehmen wollen.

Denn auch hier ist das bekannte Zonen-Konzept (vgl. Montag Stiftung) längst angekommen, bei welchem unter dem Konzept des „Future Workplace“ unterschiedliche Büroraumbereiche separat zu gestalten sind.

So wurden beispielsweise auf der Future Workplace Tagung aus 2016¹⁶ folgende Kernbereiche für die Gestaltung der Microsoft Zentrale in München vorgestellt, die sich an den drei Handlungsfeldern (Mensch, Ort, Technologie) orientierten (Abbildung 2.16):

Besonders auffällig ist auch hier eine Kongruenz zwischen den zu gestaltenden Raumzonen im Vergleich zu den in Abschnitt 2.3.1 zugrunde gelegten theoretischen Bezügen, wobei sich der Raum in Wechselwirkung der drei

¹⁶Vgl. Konferenzband unter: <https://bit.ly/2glvZcU>

**1. Accomplish:**

Einzelarbeit für fokussierte Arbeitsweisen.

2. Think:

Einzelarbeit für ruhige Arbeitsweisen ohne Technologiebedarf.

3. Share & Discuss:

Kollaboration für energiegeladene und informelle Arbeitsweisen.

4. Converse:

Kollaboration für offene, formelle und informelle Arbeitsweisen.

Abbildung 2.16 Zonen-Konzept (Quelle: kimberlytaylorimages.com)

Raumkomponenten (materiell (Ort), sozial (Mensch) und virtuell (Technologie) manifestiert.

Ein Bildungsforscher von Steelcase fasst die neue Wertigkeit physischer Büroräume wie folgt zusammen (Kim, 2015, S. 2):

„Die Maker-Szene zelebriert das Zusammenarbeiten ebenso wie den physischen Akt des Machens. Unsere Forschungen haben ergeben, dass zur gleichen Zeit, in der neue Technologien die Pädagogik verändern, auch die Bedeutung des Präsenzlernens zunimmt – Lehrer können dadurch die Möglichkeiten des praxisnahen Lernens einsetzen anstatt sich nur auf Vorlesungen zu fokussieren.“

Auf dieser Grundlage entwickelte Steelcase Gestaltungsprinzipien, die auf Grundlage eigener Forschungsarbeiten über kreative Lernorte (Abbildung 2.17) folgende Leitlinien zusammenfassen:

- Sorgen Sie für eine inspirierende Atmosphäre: Helle Farben, bequeme Sitzmöbel, Tageslicht und Blickbeziehungen ins Freie erhöhen die Lernbereitschaft und fördern das kreative Denken, während ausdruckslose Umgebungen zu Langeweile führen.

- Ermöglichen Sie Flexibilität und Individualität: Ermöglichen Sie es Lehrenden und Lernenden, Räume nach individuellen Bedürfnissen neu zu konfigurieren – Anforderungen können sich dabei von Lernsetting zu Lernsetting, aber auch innerhalb einer Abteilung verändern. Eine mobile Möblierung ist zur Realisierung vielfältiger Raumkonfigurationen unerlässlich.
- Schaffen Sie unterschiedliche Zonen: Teamarbeit und schöpferische Prozesse sind oft laut, während es zur Kontemplation Ruhe bedarf. Vergewissern Sie sich, dass das Rauml原因 und die Möbel so flexibel sind, dass sie auch Mitarbeiter*innen unterstützen, die zwischen den Teamsitzungen allein arbeiten wollen. Vor allem in Räumen mit Maschinen zum Prototypenbau müssen Denk- und Arbeitsbereiche so weit wie möglich entfernt liegen.
- Haben Sie keine Angst vor Unordnung: Das Ausbreiten von Unterlagen hilft Teams, Ideen und Möglichkeiten „laut zu denken“. Sorgen Sie für große Arbeitsflächen, die den Teams viel Platz bieten, aber auch für viel Stauraum z. B. für Arbeitsmittel und Arbeitsmodelle.
- Sehen Sie vertikale Präsentationsflächen vor: Was an oder auf einem Tisch passiert, ist nur für die unmittelbar Beteiligten sichtbar. Mit mobilen oder fest montierten Whiteboards können Ideen und erste Erfolge hingegen mit allen leicht geteilt werden. Whiteboards und Textmarker kann es eigentlich nie zu viele geben.
- Fördern Sie vielfältige Körperhaltungen: Die Körperhaltung sowie Körperbewegungen beeinflussen kreative Prozesse.
- Stehen in Gruppen kann zu mehr Interaktionen und einer erhöhten Aufmerksamkeit führen, während Einzelarbeit und das Entstehen neuer Denkweisen eher durch bequeme Sitzhaltungen oder das Herumlaufen gefördert wird.
- Sorgen Sie für einen einfachen digitalen Informationsaustausch: Relevante Inhalte liegen zunehmend in digitaler Form vor. Setzen Sie Techniken ein, die die Kommunikation zwischen den eingesetzten Geräten ebenso erleichtern wie den Gedankenaustausch.

Im Vergleich zu den einleitend dargestellten pädagogisch fundierten Gestaltungsprinzipien lassen sich ergänzende, spezifische auf den Arbeitsplatz bezogene Gestaltungsprinzipien aus einer wirtschaftswissenschaftlichen Perspektive herausarbeiten. Um ein ganzheitliches Bild über die Anforderungen einer pädagogisch fundierten, arbeitsplatzbezogenen Gestaltungsarbeit zu zeichnen, soll abschließend eine Zusammenfassung der wesentlichen Aspekte erfolgen (Abbildung 2.17).



Abbildung 2.17 Offene und kreative Arbeitsbereiche (Quelle: Steelcase)

Die Lernräume sollten vor dem Hintergrund vielseitiger Lernmethoden auch flexibel nutzbar sein. Sowohl kreative Teamarbeiten, als auch konzentriertes Arbeiten in Rückzugsbereichen sollten gefördert werden.

Gleichzeitig sollte ausreichend Platz für Interaktionen, Dialoge und Präsentationen geboten werden. Für design- und innovationsbasierte Arbeitsweisen verwandeln sich klassische Schulungsräume zunehmend in „Experimentierwerkstätten und Forschungslabore“ (Maker-Spaces). Damit sich Arbeitnehmer*innen erproben können und ein erfahrungsorientiertes Lernen ermöglicht wird, brauchen sie ein Umfeld, in dem sich Ideen entwickeln und umsetzen lassen. Der Raum kann unterschiedliche Anforderungen an Lern- und Arbeitsprozessen unterstützen, indem er entsprechend gestaltet wird. Das Wechselspiel der Lernformen und Phasen des Lernens wird durch eine jeweils angepasste, flexibel nutzbare Raumgestaltung unterstützt. Dabei werden Raumbereiche für Einzelarbeit ebenso wie für kollaborative Teamarbeit zur Verfügung gestellt.

Das stimmungsvolle, affektive Unterstützen in den jeweils richtigen Modi kann durch eine bewusste, zielgerichtete und didaktisch fundierte Gestaltung der Räume ermöglicht werden. In einer Studie konnte der Zusammenhang der 5 Sinne mit einer positiven Bewertung der Lernenden nachgewiesen werden. Dabei konzipierten Architekten zwei völlig unterschiedliche Arbeitsumgebungen: einen neutralen und einen sinnlich gestalteten Raum. Als neutraler Raum diente ein Standard-Meetingraum mit weißem Besprechungstisch und gleichmäßiger Beleuchtung. Der sinnliche Raum hingegen war ausgestattet mit einem Tisch und (teilweise blau hinterleuchteten) Regalen aus duftendem, sägerauem Zedernholz, drei unterschiedlichen Design-Holzstühlen, einem mehrteiligen Stoff-Schiebevorhang sowie in den Regalböden ausgelegten Lebensmitteln (Steelcase, 2016b).

Offene Lernlandschaften zeichnen sich durch ein reizvolles architektonisches Wechselspiel zwischen intimen Lernräumen und öffentlichen Erschließungszonen aus. Hier können sich Mitarbeiter*innen in konzentrierten Phasen zurückziehen (Abbildung 2.18). Gleichzeitig braucht es offene Räume, die den Austausch abteilungsübergreifend ermöglichen.



Abbildung 2.18 Kreative Rückzugsorte (Quelle: Steelcase)

Für kreative Phasen wiederum ist eine entspannte Atmosphäre wichtig. Der Raum kann mit Sitzkissen oder Sitzelementen ausgestattet sein, über beschreibbare Flächen, Whiteboards und Pinnwände verfügen, inspirierendes, kreatives Material sowie genügend Bewegungsfreiheit bieten. Doorley und Witthoft (2012) haben zusammen mit der d.school Stanford eine Handreichung zur Gestaltung von Kreativräumen erstellt, die speziell für kollaborative Zusammenarbeit spezifische Möbelstücke, Materialien und Tools empfiehlt.

Für Entscheidungsfindungen eignen sich Strukturen eines Meetingraums, in dem klare Rollen und Regeln definiert werden. Für die Anforderungen an den Raum, in dem Austausch und Kommunikation stattfinden, kann das „Wiener Café“ mit seinen vielen Tischinseln inspirieren und zur Entspannung das gemütliche Wohnzimmer eine Orientierung bieten (Abbildung 2.19).

Bei offenen Bürolandschaften wird oftmals kritisiert, dass es an ausreichenden Ruhezeiten fehlen würde. Während in bestimmten Phasen Austausch wichtig ist,



Abbildung 2.19 Gemütliche Cafe Atmosphäre (Quelle: Steelcase)

um sich Ideen mitzuteilen und Feedback zu holen, ist entsprechend in anderen Phasen genau das Gegenteil erforderlich: Ruhe und Konzentration. Die Ausstattung der Räume ist zurückhaltend, nicht schrill und laut. Sie unterstützt durch wenig Ablenkung ein konzentriertes Lernen und hilft dabei, die vielen Eindrücke zu verarbeiten und Ruhe einkehren zu lassen.

Im Gegensatz dazu gibt es „kollaborations-Bereiche“, in denen Fotos, Grafiken, Sketchnotes oder Post-it Notes mit visualisierten Ideen und Zeichnungen dominieren. Diese Räume können Gruppen schnell in einen gewünschten Projektmodus befördern, der innovatives Problemlösen unterstützt (Abbildung 2.20).

Trotz einer deutlichen Hinwendung auf kreative und kompetenzorientierte Lern- und Arbeitsweisen muss auch die Möglichkeit einer Wissensvermittlung weiterhin gegeben sein. Das Format des Frontalunterrichts wird weiterhin relevant sein und benötigt eine entsprechende räumliche Berücksichtigung. Darüber hinaus ist die Lernmethode „Lernen durch Lehren“ bzw. die Präsentation von Gruppenarbeiten ein wichtiges Element einer kompetenzorientierten Weiterbildung, so dass eine Art Plenum bei der Raumgestaltung integriert werden sollte (Abbildung 2.21).

Die eben skizzierten unterschiedlichen Raumarrangements unterstützen die Vielfalt unterschiedlicher Lernmethoden (Abbildung 2.22), wobei die spezifisch gestalteten Raumarrangements nicht zwangsläufig in unterschiedlich getrennten

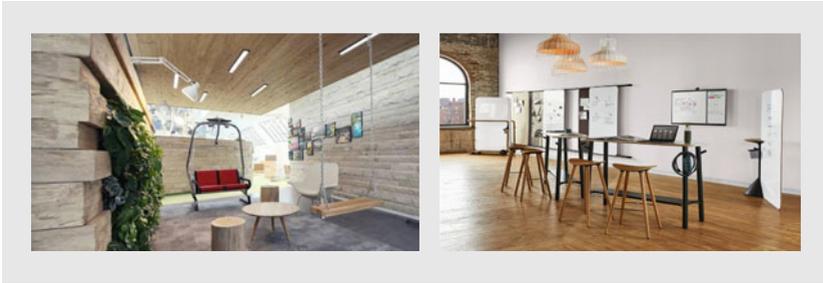


Abbildung 2.20 Förderung der Zusammenarbeit in Projekten (Quelle: Steelcase)



Abbildung 2.21 Airbnb-Zentrale (Quelle: Airbnb)

Räumlichkeiten realisiert werden müssen. Vielmehr geht es darum (v. a. bei Platzmangel) eine bewusste Inneneinrichtung zusammenzustellen, die auch in nur einem Raum unterschiedliche Lernszenarios umsetzen lassen (Abbildung 2.23).

In modern gestalteten Arbeitsumgebungen wird besonders deutlich, welchen Stellenwert die Beleuchtung hat. Zudem sind natürliche Materialien wie z. B. Natursteine, Holzelemente in Kombination mit Pflanzen sehr beliebt, um eine



Abbildung 2.22 Naturnahe Gestaltung (Quelle: Best of Office Design, 2009)



Abbildung 2.23 Unterschiedliche Szenarien ermöglichen durch offene Gestaltung (Quelle: Steelcase)

angenehme Atmosphäre zu erzeugen. Zudem kann festgestellt werden, dass Bürolandschaften zunehmend im „Wohnzimmer-Style“ gestaltet werden verbunden mit dem Ziel, dass sich die Menschen dort gerne aufhalten. Ein Zugang zu Außenbereichen, in denen man umgeben von Natur lernen und arbeiten kann, haben zudem an Bedeutung gewonnen (Schulz, 2009).

2.3.3 Intelligente und hybride Lernräume

Ein hybrider Raum bzw. ein „Blended Space“ entsteht, wenn z. B. digitale und physische Bereiche eng miteinander verbunden werden und sich überlagern. Das Ergebnis dieser Vermischung ist ein neuer Bereich, der ganz eigene, neue emergente Eigenschaften besitzt und somit mehr ist als die Summe der Einzelteile (Kohls & Münster, 2017).

Die in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Lernräume werden zu intelligenten und hybriden Lernräumen transformiert, indem sie über eine integrierte, unsichtbare Technologie verfügen. Wie in Abschnitt 2.2 dargelegt, können jegliche Ausstattungs- und Lerngegenstände mit IoT-Komponenten angereichert werden. Die dadurch entstehenden Smart Objects werden wiederum untereinander und mit dem Internet vernetzt, so dass diese in einem komplexen Cyber-physischen System interagieren. Wenn auf diese Weise Lerngegenstände und Lernprozesse digitalisiert und vernetzt sind, entstehen bisher ungeahnte, didaktische Handlungsoptionen.

Ein Vorzeigeobjekt in Sachen nachhaltiger Büroarchitektur befindet sich in Amsterdam. Das Deloitte Headquarter ist ein Hightech-Büro und nennt sich „The Edge“. Es gilt nicht nur als das nachhaltigste Bürogebäude der Welt, sondern ist auch vollvernetzt und mit ca. 20.000 Sensoren ausgestattet (Abbildung 2.24).

Damit zählt das vom niederländischen Immobilienentwickler OVG Real Estate für die Wirtschaftsprüfungs- und Beratungsgesellschaft Deloitte erbaute „The Edge“ zu den fortschrittlichsten Bürogebäuden der Welt. In dem 2015 eröffneten Hightech-Komplex ist alles auf Nachhaltigkeit ausgerichtet. Das 40.000 Quadratmeter große Bürogebäude produziert dank innovativer Technologien mehr Energie als die 1000 Deloitte-Angestellten verbrauchen können.

Die Südseite des Gebäudes ist mit hocheffizienten Sonnenpaneelen ausgestattet, sodass Sonnenstrahlen dann aufgefangen werden, wenn sie am stärksten sind. Außerdem ging OVG Real Estate eine Partnerschaft mit der Universität von Amsterdam (UVA) und der Hogeschool van Amsterdam (HVA) ein, um Energieneutralität zu erreichen. Mithilfe eines thermischen Aquiferspeichers in einer Tiefe von etwa 130 Metern unterhalb des Gebäudes wird ausreichend Energie



Abbildung 2.24 Deloitte Headquarter „The Edge“ (Quelle: OVG Real Estate)

gewonnen, um „The Edge“ zu heizen und zu kühlen. Auch für sämtliche Smartphones, Laptops und Elektroautos der Mitarbeiter*innen steht so mehr als genug Strom zur Verfügung. Regenwasser wird in „The Edge“ für die Bewässerung der Pflanzen und die Spülung der Toiletten gesammelt.

Passend dazu garantieren die durchgängige Glasfassade und große Flure, die das nördlich ausgerichtete, 15-stöckige Atrium umrahmen, lichtdurchflutete Arbeitsbereiche. Die Arbeitsbereiche sind dabei hell und großzügig gestaltet, wobei die Angestellten frei entscheiden können, ob sie im Großraum, am Stehpult, in der gemütlichen Sitzecke oder in einem Besprechungsraum arbeiten wollen. Mit dieser Vielzahl an unterschiedlichen Lern- und Arbeitsmöglichkeiten entspricht das Raumdesign den in Abschnitt 2.3.2 genannten Gestaltungsprinzipien.

Per Smartphone-App, die mit der Gebäudetechnologie und ihren etwa 20.000 Sensoren vernetzt ist, können Mitarbeiter*innen zum Beispiel die gewünschte Raumhelligkeit oder Temperatur einstellen. Darüber hinaus zeichnet die App sämtliche Aktionen, Vorlieben und Gewohnheiten der Angestellten auf und stellt sich danach stets auf deren individuellen Bedürfnisse ein.

Ein bedeutendes Kriterium bei derart vernetzten und intelligenten Lernräumen ist eine „unaufdringliche Technik“. Sesink (2007) formuliert den Einsatz von Technik in Lernräumen folgendermaßen (Sesink, 2007, S. 3):

„Der Raum kann sagen: Hier geht es vor allem darum, Menschen an die Möglichkeiten der Technik heranzuführen; das entscheidende Entwicklungspotenzial für unsere Zukunft liegt also in der Technik – wenn die Technik unübersehbar den Raum dominiert, vielleicht gar auf Podeste gestellt wird und die Bewegungsmöglichkeiten der Menschen sich danach richten, wie man sich an die Technik begibt und an ihr aufhält [...]. Der Raum kann aber auch sagen: Es geht um Euch, die Lernenden; es geht um Menschen mit leiblichen Bedürfnissen; es geht um Zusammen-, Für- und Miteinander-Lernen – wenn die Technik sich zurückhält, wenn die Raumgestaltung sich flexibel unterschiedlichen Bedürfnissen der Nutzer anpassen lässt, wenn Menschen dort ihre Spuren hinterlassen dürfen und sollen, wenn die Sinne der Nutzer angesprochen und sie also in ihrer ganzen Existenz ernst genommen werden.“

An dieser Stelle entfaltet sich das Potential von IoT-Technologien, da diese i. d. R. durch ihre Miniaturisierung unauffällig in die vorhandene Architektur und das Mobiliar integriert werden können (Abbildung 2.25).

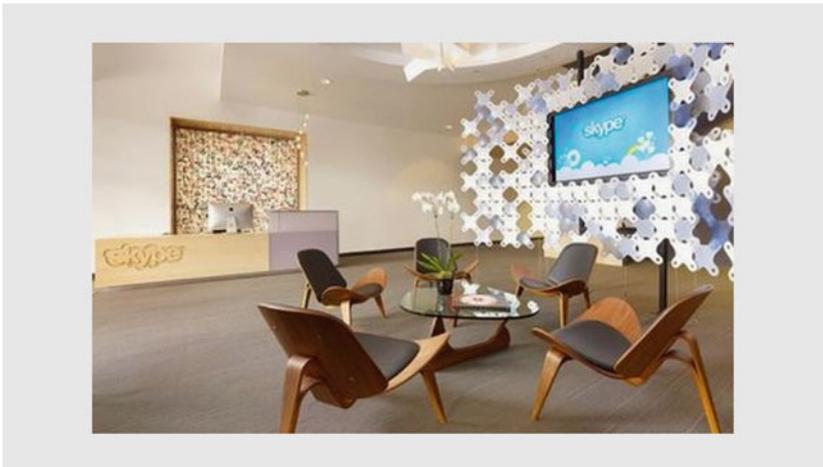


Abbildung 2.25 Skype Offices (Quelle: Skype)

So ist es heutzutage möglich, Musik via Bluetooth Soundsystem über das Sofa¹⁷ abzuspielen oder Smartphone Ladestationen in die Tische zu integrieren (vgl. Ikea Qi-Technologie¹⁸). Die sogenannten Ladepads lassen sich überall einsetzen – ob auf dem Fensterbrett im Wohnzimmer, in einer Schublade im Schlafzimmer oder auf der Arbeitsfläche in der Küche. Zudem erforschen Möbelhäuser¹⁹ weitere Einsatzszenarien auf Basis Künstlicher Intelligenz.

Eine Integration von Technik in Architektur ist heutzutage annähernd Standard. So verfügen moderne Konferenzraumsysteme über Lautsprecher, die in die Wände oder Tische integriert sind. Eine derzeit noch eher visionäre Anwendung bezieht sich auf eine Multifunktionalität von Möbeln. So wurde beispielsweise bereits in 2009 im Rahmen eines Ideenwettbewerbs²⁰ der Deutschen Initiative für Netzwerkinformation e. V. (DINI) zum Thema „Lebendige Lernorte“ ein multifunktionaler Tisch entworfen, der in einer vollvernetzten Studienumgebung eingesetzt werden soll. Der Tisch war Teil des Projektes „Learn connected! – acht Visionen in verschiedenen Dimensionen“ und wurde von Studierenden der TU Dresden am Zentrum für Technisches Design entwickelt. Der multifunktionale Tisch (vgl. Abbildung 2.26) ist dabei Arbeits- und Präsentationswerkzeug in einem und verfügt über einen integrierten Bildschirm. Der digitale Lerntisch ist dabei in der Waagerechten als Schreibtisch mit integriertem Bildschirm und in der Senkrechten als Präsentationswerkzeug nutzbar.

Multifunktionale Raumkomponenten sind vielseitig nutz- und wandelbar und erfüllen didaktische Anforderungen in Bezug zur Methodenvielfalt. Beschreib- und rollbare Trennwände dienen nicht nur der Strukturierung und Abtrennung im Raum sondern können gleichzeitig zum Anfertigen von Skizzen und Notizen dienen.

Sogenanntes „Smart Furniture“²¹ umfasst eine ganze Palette an wanderbaren Multifunktionsmöbeln, wo aus Regalen Tische werden oder sich Tische zu Sitzmöbeln umwandeln lassen. In Zukunft werden derartige Möbel in hohem Maße über digitale Zusatzfunktionen verfügen, so dass ein herkömmlicher Tisch, eine herkömmliche Wand oder auch Glas als Projektionsflächen und Touchscreens genutzt werden können.

¹⁷<https://bit.ly/2fYFq1A>

¹⁸https://www.ikea.com/de/de/catalog/categories/departments/wireless_charging/

¹⁹<https://www.abendblatt.de/wirtschaft/article210468063/Ikea-erwaegt-Einsatz-kuenstlicher-Intelligenz-in-seinen-Moebeln.html>

²⁰https://dini.de/wettbewerbe/lebendige-lernorte/preisverleihung/?optout=1&no_cache=1

²¹<https://creapills.com/designers-creatifs-maison-meubles-20171002>

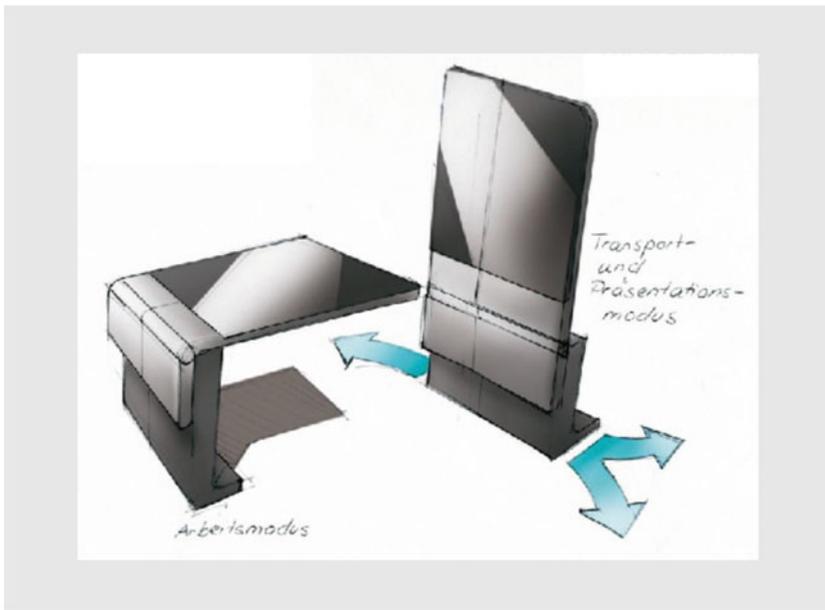


Abbildung 2.26 Entwurf zu einem multifunktionalen Lerntisch (Quelle: DINI e. V.)

Der SAP Data Space²² in Berlin ist ein IoT Accelerator für IoT-Startups und verfügt über einen Multi-Touch-Table (vgl. Abbildung 2.27) mit entsprechender Multi-Touch-Wall. Der SAP Data Space ist öffentlich zugänglich, sodass die neue Technologie erprobt und genutzt werden kann.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Internet der Dinge mehr und mehr in den (Büro-)Alltag eindringt. Erste Studien belegen zudem positive Effekte auf Lehr- und Lernprozesse. Gomez et al. (2013) haben beispielsweise mit QR-Codes gearbeitet und physische Lerngegenstände mit entsprechenden digitalen Zusatzinformationen angereichert, die die Lernenden per QR-Code-Scanner abrufen konnten. Auf diese relativ einfach zu realisierende Weise konnten die Autoren die physische und virtuelle Welt verbinden und analoge Lerninhalte mit Multimedia anreichern (Gómez et al., 2013). Eine weitere Studie hat ergeben, dass eine automatisierte Steuerung von äußeren Faktoren wie Licht und Heizung bzw. Kühlung positiv auf Lernprozesse wirkt (Uzelac, Gligoric & Krco, 2015). Bedenkt

²²<https://dataspace-berlin.com/>

man jedoch, was IoT alles beinhalten könnte, kommt man zu dem Ergebnis, dass die empirische Forschung diesbezüglich noch am Anfang steht.

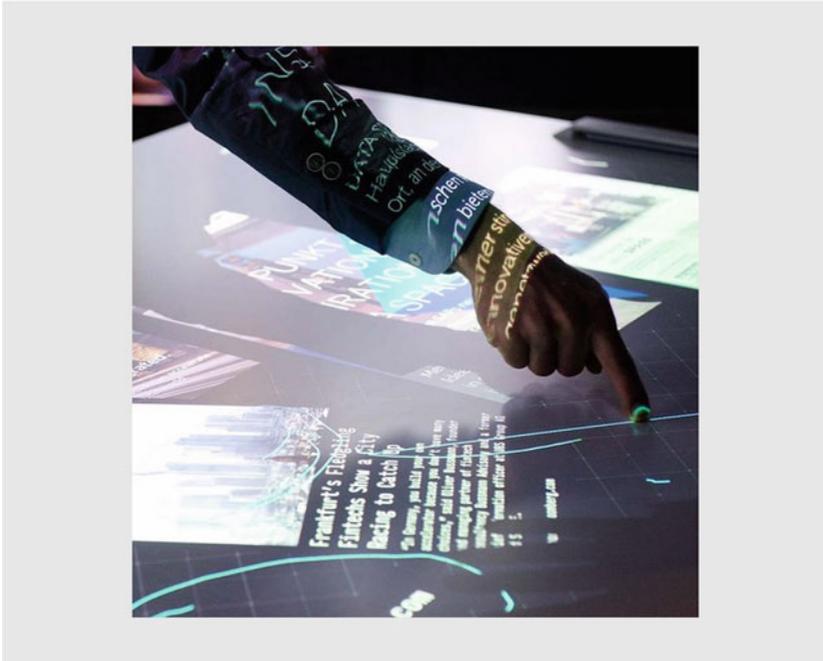


Abbildung 2.27 SAP Data Room mit e-Table (Quelle: SAP)

Neuere Produkte wie Amazon Echo²³ bieten interessante Potenziale und sind die ersten „intelligenten Assistenten“ im Consumer Bereich, die sich schätzungsweise in den kommenden 5–10 Jahren rasant vermehren und v. a. auch technisch verbessern werden. Verbesserungen sind jedoch nicht nur im technischen Bereich, sondern auch in Datenschutzaspekten wünschenswert (vgl. Abschnitt 2.2.1.6).

Digitale Assistenten spielen bei intelligenten und hybriden Lernräumen eine wichtige Rolle. Sie werden schon seit vielen Jahren prototypisch entwickelt und scheitern derzeit noch an den hohen Entwicklungskosten. Rasante technologische Fortschritte könnten aber eine völlig neue Mensch-Maschine Interaktion auch in

²³<https://amzn.to/2hZ0QzJ>

Lernräumen ermöglichen. Im Jahr 2006 wurde z. B. der Nabaztag entwickelt. Nabaztag ist ein kommunizierender Gegenstand in Form eines stilisierten Hasen, der ähnlich wie Amazon Echo in der Lage ist, per Sprache Faktionen auszulösen (Domingo & Forner, 2010).

In einem intelligenten und hybriden Lernraum könnte ein Nabaztag beispielsweise die Dozierenden unterstützen, indem er Präsentationen startet, Musik, Licht und Heizung steuert oder auch Dokumentationen mittels Videoaufzeichnung oder Photographien anfertigt (Abbildung 2.28).

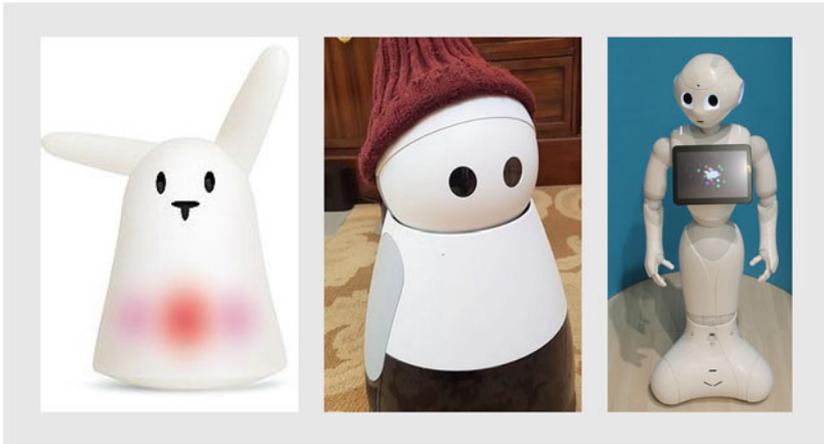


Abbildung 2.28 v.l.n.r. Roboter „Nabaztag“, „Kuri“ und „Pepper“

Roboter haben sich in den letzten Jahren vor allem im Haushaltsbereich rasant entwickelt, so dass frei navigierende Staubsaugroboter bereits in Media Märkten angeboten werden. Etwas hochwertigere Modelle wie z. B. Kuri von Bosch beinhalten darüber hinaus mehrere Funktionalitäten und verfügen über eine emotional ansprechende Optik, die eine Interaktion mit Menschen befördert.

Ein komplexerer humanoider Roboter ist beispielsweise der von dem französischen Unternehmen Aldebaran Robotics SAS und dem japanischen Telekommunikations- und Medienkonzern SoftBank entwickelte Pepper, der darauf programmiert ist, Menschen und deren Mimik und Gestik zu analysieren und auf diese Emotionszustände entsprechend zu reagieren. Er fungiert somit bereits als ein „persönlicher Roboter“ (personal assistant) und wird am Campus der TH Wildau eingesetzt. Pepper ist in der Lage, kleine Bibliotheksführungen an der

TH Wildau durchzuführen. Zudem kann er Fragen von den Gästen beantworten. Weitere Ausbaustufen sehen vor, dass zukünftig den Fahrstuhl nutzen oder den großen Touchscreen bedienen kann. Pepper ist programmierbar und durch die Hardwareausstattung vielfältig einsetzbar.

Für eine reibungslose und unsichtbar in den Alltag integrierte Umgebungszintelligenz (vgl. Abschnitt 2.2.1) wird es jedoch noch einige Jahre an Entwicklungsarbeit benötigen. Insbesondere wenn es darum geht, die derzeit vielfach proprietären Geräte untereinander und mit dem Internet bzw. den Robotern zu vernetzen.

Dennoch bietet das Internet der Dinge bereits heute völlig neue Möglichkeiten. Didaktisch sinnvolle Anwendungsbeispiele müssen jedoch erst identifiziert werden. So könnte es beispielsweise eine Smartphone-App geben, die anzeigt, welche Kollegen heute im Büro sind oder welche Besprechungsräume mit Video-Konferenzsystem um 13:00 Uhr frei sind. Nach Besprechungsbeginn würde sie automatisch die externen Besprechungsteilnehmer anwählen, die Beleuchtung regeln und Signale geben, wenn die Zeit knapp wird. Sie könnte aber auch rechtzeitig auf das Ende der Besprechung hinweisen, damit noch genügend Zeit bleibt, alles aufzuräumen bevor das nächste Team ungeduldig vor der Tür steht. Doch wie wäre es erst, wenn der Raum in der Lage wäre, seine Nutzer*innen wiederzuerkennen, die Notizen der letzten Besprechung zu präsentieren und die bevorzugten Belichtungsszenarien einzustellen? Oder wenn er das aktuelle Besprechungsthema erkennt und auf Fachexperten im und außerhalb des Unternehmens hinweisen könnte? Oder bei Verspätungen eine kurze Nachricht an die wartenden Kollegen der nächsten Besprechung verschicken würde?

Das Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (IMIS) der Universität zu Lübeck erforscht „Ambient Learning Spaces“. Dabei werden Lernprozesse durch vernetzte, interaktive, körper- und raumbezogene Medien unterstützt. Ambient Lernumgebungen sind eine Form gemischter Realität (Mixed Reality), in der der Körper des Lernenden und der ihn umgebende Raum durch vernetzte digitale und personalisierte Medien angereichert werden (Winkler, Scharf, & Herczeg, 2014). Die Forschergruppe fokussiert sich dabei nicht auf die Bereitstellung von Lerninhalten, sondern es geht vielmehr um eine Unterstützung selbstbestimmter, ganzheitlicher, eine Vielzahl der Sinne einbeziehenden, aktiven Aneignung von Kompetenzen seitens der Lernenden. Für die am Körper getragenen Medien werden Wearables (auch SmartFashion genannt) eingesetzt. Dabei werden informationstechnische Komponenten (z. B. LED's, Mikrokontroller, Sensoren, Batterien) in Kleidung, Schmuck oder Accessoires eingearbeitet.

Die Autoren Winkler, Scharf & Herczeg (2014, S. 4) erläutern den Einsatz folgendermaßen:

„So können beispielsweise in Bekleidung eingewähte Mikrokontroller derart programmiert werden, dass diese via Body Area Network (BAN) nicht nur mit anderen Wearables, vielmehr auch mit ALSApplikationen anderer Schalen, z. B. der peripheren Medien zugeordneten Applikation ActeMotion, via NEMO kommunizieren. Durch Berühren von Teilen der Bekleidung oder spezifische Bewegungen des Körpers können beispielsweise personalisierte oder narrativ zusammenhängende Medienobjekte aus NEMO während einer Performance auf einer Bühne projiziert werden.“

Während sich derartige IoT-Anwendungen aus dem Bereich FashionTech noch eher im Forschungsstadium befinden und sich wahrscheinlich gut im industriellen oder handwerklichen Bereich eignen, sind erste IoT-Lösungen in Büroumgebungen verfügbar.

So ist beispielsweise Ology™ eine Erinnerungsfunktion von Steelcase, die den Nutzer*innen Hinweise gibt, wann es an der Zeit ist, die Tischhöhe und die Körperhaltung zu verändern, damit sie nicht zu lange in einer ungesunden Position verharren. Ein entsprechendes LED-Display zur Steuerung ist flächenbündig in die Arbeitsoberfläche integriert. Die Intervalle der Hinweise sind abhängig von der Tischbelegung und von persönlichen Einstellungen, sodass alle Nutzer*innen ihren individuellen Rhythmus finden (Steelcase, 2016a).

Ein weiteres Beispiel ist die Brody® WorkLounge. Brody® WorkLounge ist ein separierter Mini-Arbeitsplatz, der mit speziellen Techniklösungen ausgestattet werden kann, die ein hochkonzentriertes Lernen fördern und Ablenkungen wirkungsvoll ausblenden. So wird konzentriertes Lernen und Arbeiten noch komfortabler, z. B. mit beheizbaren Sitzflächen, eingebauter Kopfstütze mit Lautsprechern etc. Integrierte Sensoren registrieren, wenn Brody besetzt ist und zeigen durch ein rotes Licht an, dass hier gerade gearbeitet wird. In Verbindung mit weiteren Applikationen (z. B. Workplace Advisor) liefert Brody Nutzungsdaten die anzeigen, wann und wie dieser Arbeitsplatz genutzt wurde.

Dies sind nur wenige konkrete Beispiele von etlichen weltweit (EDUCAUSE Learning Initiative (ELI), 2015). Um die Potenziale von IoT in Lernräumen systematisch zu erschließen gilt es zunächst, die Bedürfnisse der Lehrenden und Lernenden umfassend zu verstehen (Reinmann, 2012), um darauf aufbauend didaktisch sinnvolle Use-Cases prototypisch zu gestalten und zu testen, die dann in einem finalen Schritt in die Entwicklung überführt werden können. Die Bedeutung des User-Centered Designs stellen auch die Autoren Domingo und Forner (2010) ins Zentrum ihres Beitrages, der sich im Zusammenhang von IoT und eLearning mit einer Entwicklung hybrider Lernumgebungen beschäftigt. Darüber hinaus verweisen sie auf die Nützlichkeit von interdisziplinären Teams, um derart komplexe Lernarrangements zu entwickeln (Domingo & Forner, 2010).

In einer aktuellen Studie (Kanagarajan & Ramakrishnan, 2017) werden alle weltweit bekannten ubiquitären und umgebungsintelligenten Lerninfrastrukturen identifiziert und miteinander verglichen. Im Ergebnis stellen Kanagarajan & Ramakrishnan fest, dass die identifizierten Beispiele, die sie differenzieren in Architektur, Ansatz, Analyse, Modell, Applikation und Gerät, nicht so intelligent sind, wie sie sein sollten. Sie sprechen in diesem Zusammenhang von einem „Smartness-Level“, der von ihnen definierte Kriterien erfüllen muss (vgl. Abbildung 2.29).

Table 7 Smartness levels reported in the literature

Researchers	Self-adaptation	Sensing	Semantic Learning	Infering	Anticipation	Self-configuration	Energy Efficiency	Context Awareness
Jones and Jo 2004	X	✓	✓	X	X	X	X	X
Sakamura and Koshizuka 2005	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Yang 2006	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Yu et al. 2008	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Zhan and Yuan 2009	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Leonidis et al. 2010	X	✓	✓	X	X	X	X	X
Antona et al. 2010	X	✓	✓	X	X	X	X	X
Ramadan et al. 2010	X	✓	✓	X	X	X	X	X
Jun Ding et al. 2010	X	✓	✓	X	X	X	X	X
Glahn and Specht 2010	X	✓	✓	X	X	X	X	X
Mandala et al. 2011	X	✓	✓	X	X	X	X	X
Wang and Wang 2011	X	✓	✓	X	X	X	X	X
Shih et al. 2012	X	✓	✓	X	X	X	X	X
Huang et al. 2012	X	✓	✓	X	X	X	X	X
Weal et al. 2012	X	✓	✓	X	X	X	X	X
Kozzi et al. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Martínez-Maldonado et al. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Mathioudakis et al. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Attf et al. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Thipnek and Kuntach 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Kalaivani and Sivakumar 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Sujith and Sivakumar 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓

Abbildung 2.29 Smartness-Levels (Quelle: Kanagarajan & Ramakrishnan, 2017)

Die Autoren plädieren schlussfolgernd dafür, das IoT Konzept nach Vermesan & Friess (vgl. Abschnitt 2.2.1.4) für ubiquitäre Lernformen zu nutzen und formulieren dies wie folgt (Kanagarajan & Ramakrishnan, 2017, S. 25):

„The IoT concept (Vermesan and Friess 2014) connects physical objects with one another to enable interaction among them and thus relieves the process of connecting end-user devices. IoT systems use cloud computing, low power sensors & data reception electronic devices and distributed data communication frameworks.“

In Anlehnung an bereits erläuterte IoT-Komponenten bzw. Funktionalitäten empfehlen Kanagarajan & Ramakrishnan (2017) zudem die Integration eines

IoT-Tisches, der über eine gestenbasierte Steuerungsmöglichkeit (Kinect), HD Kameras und einen Raspberry Pi verfügen soll (vgl. ebenda, S. 25):

„The IoT based Ubiquitous Class room should be furnished with Ambient Light Sensors, AirQuality Sensor, RFID Sensor, Projector, Teacher’s Control System, Microphones, Audio Systems, Interactive White Board, Visualizer, Solar panel power system and special purpose software (Data Analytics, Rich Multimedia processing, intelligent recognition). In addition, an IoT Desk [...] is also recommended to design with components such as Raspberry Pi3 Board, Low power Wi-Fi module, Kinect gesture recognition Sensor, HD Cameras, Near Field Communication (NFC) and monitor.“

Der von den Autoren genannte IoT-Tisch fungiert als Schnittstelle zwischen dem intelligenten und hybriden Lernraum und den darin wirkenden Lehrenden bzw. Lernenden. Für zukünftige Entwicklungen wäre es denkbar, die gleichen technischen Komponenten und Funktionalitäten in einen durch den Lernraum navigierenden Roboter zu integrieren, der sozusagen als mobiler, digitaler Assistent die Lehrenden und Lernenden per Sprach- und Gestensteuerung unterstützen kann.

In ihrer Untersuchung weisen Kanagarajan & Ramakrishnan (2017) darauf hin, dass in den von ihnen analysierten Beiträgen das Thema Datenschutz und Datensicherheit völlig unbeachtet bleibt, obwohl es etliche Herausforderungen in diesem Zusammenhang gibt (vgl. Abschnitt 2.2.1.6). Aufgrund der elementaren Bedeutung für den Untersuchungsgegenstand, wird im folgenden Unterkapitel darauf eingegangen, welche datenschutzrechtlichen Aspekte bei der Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen berücksichtigt werden müssen.

2.3.4 Herausforderungen für Datenschutz und Datensicherheit

Die Datenmenge wächst und potenziert sich stetig. Für Wissensarbeiter*innen bedeutet dies sprichwörtlich, die Nadel im Heuhaufen zu finden. Das Problem ist der Datenmangel trotz Datenflut. Dies ist eine von vielen Herausforderungen, mit denen die Gesellschaft im Zuge der Transformation zur Wissensgesellschaft umgehen muss, nämlich diese verteilten, unstrukturierten Daten zur Wissensgenerierung handhabbar zu machen, indem geeignete Rahmenbedingungen für ein effektives, informelles Lernen am Arbeitsplatz entwickelt werden. Intelligente und hybride Lernräume (Smart Learning Environments) bieten jene geforderten Rahmenbedingungen.

Unter Anwendung von Verfahren aus der künstlichen Intelligenz kann die Entwicklung und kontinuierliche Anpassung einer persönlichen Lernumgebung unterstützt werden. Die Informationsflut (Big Data) wird hierbei kanalisiert und vorstrukturiert, um Informationsprozesse effizienter zu gestalten (vgl. Abschnitt 2.1.2.5).

Wie in den vorhergehenden Abschnitten hergeleitet können digitale (Lern-) Assistenten oder auch SLEs die Mediennutzung in Lernprozessen der betrieblichen Weiterbildung durch „Empfehlungssysteme“ unterstützen. Die Auswirkungen können sowohl positiver (z. B. schnelleres Auffinden wichtiger Informationen, Zeitersparnis bei Recherchetätigkeiten etc.) als auch negativer Natur sein.

Kritisch zu betrachten ist, dass bereits die umfassende Recherche von Informationen einen Teil des Lernprozesses darstellt. Dazu gehört auch die Auswahl und Bewertung von relevanten Informationen. Dies ist eine wesentliche Grundkompetenz im Lernprozess selbst. Allerdings kann man davon ausgehen, dass Erwachsene diese Informationskompetenz im Zuge ihrer Grundqualifizierung bereits erworben haben und daher im Rahmen der betrieblichen Weiterbildung zu vernachlässigen ist. Darüber hinaus ist kritisch zu reflektieren, dass „Digitale Assistenten“ auf Grundlage der Auswertung von Big Data mittels (fremdgesteuerten) Algorithmen diesen Prozess der Informationsselektion sowie der Priorisierung übernehmen, so dass unter Umständen wichtige Informationen verloren gehen, die für den Lernenden relevant gewesen wären oder gar Manipulationen denkbar werden.

Technologisch betrachtet ist es möglich, dass derartige Systeme mit ihren Algorithmen auf Grundlage von bestimmten Interessensgruppen (z. B. während eines Wahlkampfes), zuvor festgelegte Inhalte favorisieren und ausschließlich eingeschränkte Inhalte den Systemnutzern „empfehlen“ bzw. anzeigen. Im Kontext der betrieblichen Weiterbildung könnte ein derartiges Szenario beispielsweise das Auffinden von unternehmenskritischen Dokumenten unterbinden. Das bedeutet, dass selbst bei der Nutzung der sehr verbreiteten Google-Suche zu bedenken ist, dass die Treffer der Informationen und die Priorisierung der Darstellung auf Grundlage von zuvor festgelegten und fremdbestimmten Algorithmen zustande gekommen sind.

Davis (2017) führt darüber hinaus den Begriff von „Google-bombing“ auf. Darunter versteht man die Manipulation des Google-Suchergebnisses für eine bestimmte Webseite durch vielfaches Setzen von Links mit einem bestimmten, manipulativen Ankertext. In diesem Zusammenhang ist auch die gängige „Suchmaschinen-Optimierung“ als ein Werkzeug zur Einflussnahme auf die dargestellten und verfügbaren Informationen durch fremde Interessensgruppen bzw.

Unternehmen zu betrachten. Grundsätzlich muss auch die Qualität von Big-Data selbst kritisch hinterfragt werden. Denn nur wenn die Qualität der zur Verfügung stehenden Daten hoch ist, kann das Ergebnis entsprechend sein (Davis, 2017). Bei unzureichender Datenqualität können die Ergebnisse bzw. empfohlenen Inhalte unter Umständen sogar falsch oder sinnlos sein.

Empfehlungssysteme, digitale Assistenten und selbst die Google-Suche basieren auf der Entwicklung von komplexen IT-Systemen mit dazugehörigen Algorithmen. Diese Systeme werden von Organisationen oder Institutionen programmiert und verfolgen entsprechende Ziele, die nicht unbedingt mit den Zielen der Nutzer*innen korrespondieren. Bereits Mark Weiser hat 1991 auf die kritischen Aspekte hingewiesen, die er wie folgt formuliert:

“Even today the [ubiquitous computing] could be a source of real harm in the wrong hands. Not only corporate superiors or underlings but also overzealous government officials and even marketing firms could make unpleasant use of the same information that makes invisible computers so convenient.”

(Weiser, 1991, S. 104)

Neumann verweist im Zusammenhang der Softwareentwicklung auf absichtliche Sicherheitslücken, sogenannte „Blackdoors“. Diese bezeichnen einen (oft vom Hersteller eingebauten) Teil einer Software, der es Fremden bzw. Hackern ermöglicht, unter Umgehung der normalen Zugriffssicherung, Zugang zum Computer, den Daten oder einer sonst geschützten Funktion eines Computerprogramms zu erlangen. Einfache Bugs und unzureichende Kryptographie öffnen Hacker*innen Tür und Tor. Insofern plädiert Neumann insbesondere für Open Source Software, die über den offenen Quellcode partizipativ entwickelt und verbessert werden kann und so für größtmögliche Transparenz und Schutz sorgt (Neumann, 2014). In einer aktuellen Bestandsaufnahme zu Einsatzmöglichkeiten von IoT im Rahmen ubiquitärer Lernumgebungen verweisen darüber hinaus die Autoren Kanagarajan & Ramakrishnan (2017) auf das Potenzial von Open Source Software und empfehlen, Hadoop, Moodle LMS, Bigblue button, Classflow und ThinkSpeak für die Entwicklung in Betracht zu ziehen. Des Weiteren wäre zu prüfen, inwiefern sich auch Blockchain als IoT-Infrastruktur nutzen lassen könnte.

Parallel dazu setzen adaptive und ubiquitäre Lernarrangements die kontinuierliche Erhebung, Verarbeitung, Speicherung und ggf. Weitergabe von personenbezogenen Daten voraus. Ein zentrales Element von SLEs ist dabei die Erstellung eines individuellen Lern- bzw. Qualifikationsprofils, das kontinuierlich verfeinert und angepasst wird. Dabei werden Informationen zur Person (Qualifikationen, berufl. Werdegang etc.), zum Aufenthaltsort, zum Surfverhalten, zu

Interessensgebieten, zu beruflichen Tätigkeiten, zu Lernzielen, zu Netzwerken, zu Spezialkenntnissen etc. analysiert und ausgewertet (Bomsdorf, 2005; Brusilovsky & Peylo, 2003; Hwang, 2014; Katzlinger, 2007).

Insofern ist eine ausgeprägte Digital- bzw. Internetkompetenz sehr wichtig bei der Nutzung derartiger Systeme, um kritisch zu hinterfragen, wer z. B. Smart Learning-Produkte oder Services anbietet und auf welcher Datengrundlage die Services zur Verfügung gestellt werden. Umfassende Informations-, Digital- und Medienkompetenz sind sozusagen die Grundlage und wichtige Schlüsselqualifikationen für Lernende im digitalen Zeitalter.

Das Sammeln und Auswerten von (personenbezogenen) Daten hat jedoch nicht nur fundamentale Auswirkungen auf den Einzelnen, sondern auf die gesamte Gesellschaft (Schaar, 2014). Dies ist ein Kernproblem, welches nur über die Herstellung maximaler a) Transparenz, b) Datensouveränität und d) Selbstbestimmung der Nutzer*innen überwunden werden kann. Insbesondere bei der Gestaltung von Bildungsinnovationen wie SLEs bietet der „Privacy by Design-Ansatz“ konkrete Lösungswege, um o. a. Hindernissen zu begegnen (Langheinrich, 2001).

Welche gesellschaftspolitischen Veränderungen im Zusammenhang von Big Data im Bildungsbereich zu erwarten sind beschreiben die Autoren Mayer-Schönberger & Cukier (2014) an einem konkreten Fallbeispiel des „Prof. Ng“, einem Hochschullehrenden, der alle Informationen seiner Studierenden sammelt. Mit Hilfe dieser Daten kann Prof. Ng dann Systeme entwickeln, welche diese Erkenntnisse dann automatisch an die Studierenden zurückspielen, womit der Unterricht sowie die Stoffbeherrschung und Leistungsfähigkeit allgemein verbessert wird. Darüber hinaus verfolgt Prof. Ng, wie die Studierenden mit den Videolektionen umgehen, was sie sich mehrfach ansehen, wo sie zurückspulen etc. Er zeichnet die Hausaufgaben und Tests auf, die über Laptops und Tablets gemacht werden, und stellt so genau fest, bei welchem Thema individuelle Unterstützung benötigt wird. Zudem kann er die Daten seiner sämtlichen Kurse aus den Vorjahren gemeinsam auswerten, um zu ermitteln, was am besten funktioniert und bei welchen Teilen es Schwierigkeiten gibt.

Professor Ng konnte so herausfinden, dass Studierende in einer bestimmten Lektion Schwierigkeiten hatten und daher eine andere frühere Lektion erneut aufrufen. Nach dieser Erkenntnis baute er seinen Kurs um und wiederholte genau die häufig aufgerufene Stelle in der früheren Lektion erneut. Konnten die Studierenden eine bestimmte Aufgabe nicht lösen, analysierte Prof. Ng die Daten und stellte fest, dass einige Studenten jedoch nach dem Lesen eines bestimmten Forenbeitrags die Aufgabe danach lösen konnten. Daraufhin zeigte das System, wenn

es feststellte, dass ein Student Schwierigkeiten mit einer Aufgabe hatte, automatisiert genau eben jenen Foreneintrag zum Nachlesen an, der vielen anderen Studierenden vorher bereits geholfen hatte.

Professor Ng änderte damit sein Lehrkonzept insofern, dass er nicht mehr ausschließlich danach ging, Beiträge die von den Studierenden am besten bewertet wurden zu verwenden, sondern er wählte datengesteuert diejenigen Inhalte heraus, die das Lernen gemäß seinen Analysen am besten unterstützten (Mayer-Schönberger & Cukier, 2014)

Die in diesem Kontext auftretenden datenschutzrechtlichen Fragen sind auch für IT-gestützte Weiterbildungssysteme im betrieblichen Umfeld relevant, die Learning Analytics anwenden.

In einem gewissen Spannungsfeld zum oben genannten Beispiel steht das Thema Datenschutz, welches dem Schutz der Persönlichkeit (insb. Sozial-, Privats- und Intimsphäre, Ruf, Ehre, Darstellung, etc.) und damit verbunden auch der Gewährleistung der allgemeinen Handlungsfreiheit der Menschen dient. Bereits im Jahr 1983 entwickelten die Richter des BVerfG in Karlsruhe das „Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung“, da sie in der aufkommenden automatisierten Datenverarbeitung die Gefahr sahen, dass die bloße Registrierung persönlicher Daten bei den Bürgern zu der Befürchtung führen könnte, dass ihre personenbezogenen Daten ohne ihr Wissen ausgewertet, weitergegeben und langfristig gespeichert werden. Dies wäre nach Ansicht der damaligen Verfassungsrichter ein die Funktionsfähigkeit einer freien Gesellschaft gefährdender Umstand, da in der Folge die Bürger ihr gesellschaftliches Verhalten entsprechend dieser Befürchtungen anpassen würden, d. h. sich demgemäß nicht mehr „frei bewegen“ und damit nicht mehr „frei entfalten“ würden²⁴.

Die Grundprinzipien des Datenschutzes sind bis heute das „Verbot mit Erlaubnisvorbehalt“ (informierte Einwilligung oder gesetzliche Grundlage für eine rechtmäßige Datenerhebung, -verarbeitung und -nutzung erforderlich), die „Zweckbindung“, die „Datensparsamkeit“, die tatsächliche „Erforderlichkeit“ der personenbezogenen Daten für den konkreten beabsichtigten Verarbeitungszweck und die „Transparenz“ gegenüber den Betroffenen über die Verarbeitung der Daten.

Die detaillierte Beobachtung von menschlichem Verhalten und anschließende Analyse und Auswertung in Big Data Massendatenanwendungen und vor allem der Umstand, dass Daten nicht zu einem bestimmten Zweck erhoben, verarbeitet

²⁴vgl. Art. 2 Abs. 1 iVm. Art. 1 Abs. 1 GG bzw. auch im Europäischen Primärrecht vgl. Art. 1 u. Art. 8 Charta der Grundrechte der Europäischen Union

und genutzt werden, sondern man bei der Erhebung noch gar nicht weiß für welche weiteren Zwecke man die Daten verwenden möchte, sind schwer mit diesen fundamentalen datenschutzrechtlichen Grundsätzen der „Zweckbindung“, „Datensparsamkeit“ und „Transparenz“ zu vereinbaren (Bitter, Buchmüller & Uecker, 2014; Feiler & Fina, 2013; Ohrtmann & Schwiering, 2014).

Die Anwendung von Big Data Analysen birgt neben den enormen Vorteilen folglich die Gefahr, dass der Schutz der Privatsphäre nicht nur schwieriger wird, sondern weitere Risiken neu hinzukommen, insbesondere, dass Menschen aufgrund von Big Data Analysen diskriminiert und aufgrund von Vorhersagen vorab ungerechtfertigt bestraft werden.

Aus Datenschutzsicht besteht nun die Herausforderung darin, die berechtigten Interessen der verantwortlichen datenverarbeitenden Stelle an Big Data Analysen mit dem Recht auf informationelle Selbstbestimmung der Betroffenen ins Gleichgewicht zu bringen oder eine datenschutzrechtlich konforme Einwilligung einzuholen.

Dazu müssen die konkreten Zwecke der Datenanalysen von Beginn der Erhebung, Verarbeitung und Nutzung sehr ausführlich, transparent und so verständlich wie möglich dargestellt werden und die Ausübung von Betroffenenrechte (Recht auf Auskunft, Widerspruch, Berichtigung und Löschung) muss gewährleistet werden können. Eine personenbezogene Datenspeicherung auf Vorrat für spätere Big Data Auswertungen widerspricht aktuell dem Grundsatz der Zweckbindung und, dass personenbezogene Daten nicht länger, als es für die Realisierung der Zwecke, für die sie erhoben oder weiterverarbeitet werden, erforderlich ist, in einer Form aufbewahrt werden, die die Identifizierung der betroffenen Personen ermöglicht.

Die neue ab 25. Mai 2018 geltende Datenschutz-Grundverordnung (EU) 2016/679 (DSGVO) ermöglicht nun eine Weiterverarbeitung ohne neue Rechtsgrundlage, wenn eine „Vereinbarkeit mit dem ursprünglichen Verarbeitungszweck“ gegeben ist²⁵. Dies wird es in Zukunft erleichtern können, Big Data Anwendungen zu betreiben, die datenschutzrechtlich gesehen mit dem ursprünglichen Verarbeitungszweck der Daten „zu vereinbaren“ sind.

Wie die Autoren Mayer-Schönberger & Cukier (2013) zutreffend ausführen, reicht heute das Datenschutzrecht alleine aber nicht mehr aus bzw. ist auch mit diesen neuen technischen Entwicklungen nicht mehr völlig in Einklang zu bringen, wie das Beispiel der Einwilligungen zeigt (Mayer-Schönberger & Cukier, 2013):

²⁵vgl. Art. 5 Abs. 1 lit. b iVm. Art. 6 Abs. 4 DSGVO

- Wie kann der Einzelne eine Zustimmung zu etwas geben, was er noch gar nicht kennt?
- Wie können verantwortliche Stellen Betroffene von Datenverarbeitungen in Kenntnis setzen, wenn die Verwendung noch unklar ist?

Big Data Analysen und Vorhersagen bergen darüber hinaus die große Gefahr, dass Menschen weiterhin die Welt durch die Brille von Ursache und Wirkung sehen, obwohl Big Data auf Korrelationen beruht und damit für die Beurteilung von Kausalität und Schuld gänzlich ungeeignet ist. Big Data Anwendungen könnten demgemäß für kausale Zwecke missbraucht und mit gefährlichen Visionen von gesteigerter Effizienz durch auf Big-Data-Vorhersagen gestützten Urteilen in Zusammenhang gebracht werden. Die Denkweise im Zusammenhang mit Big Data Auswertungen und Vorhersagen muss sich in der Form verändern, dass man sich von den gewohnten Vorstellungen von Kausalität und Schuld entledigen wird müssen und sich stattdessen vermehrt auf Korrelationen verlassen wird müssen.

Man wird bei Big Data Analysen oft nicht mehr wissen „warum“ sondern nur mehr „was“. Der Umbruch der Denkrichtung von „warum“ zu „was“ verändert dabei tiefgreifend die Art, wie Menschen Entscheidungen treffen. Das Besondere an Big Data ist dabei die neue Qualität der Ergebnisse aus der Kombination bisher nicht aufeinander bezogener Daten ohne aber letztlich genau zu wissen „warum“ etwas so ist, sondern nur „was“ ist (Horvath, 2013).

Big Data Auswertungen und damit verbundene Vorhersagen wirken sich dabei auch massiv auf digitales Lernen aus, denn die umfassend gesammelten und ausgewerteten Lerndaten (Learning Analytics) könnten dazu verwendet werden, Vorhersagen über unsere Zukunft zu treffen. Dies könnte einerseits die Lernfreiheit beschränken, im schlimmsten Fall dazu führen, dass ein Lernsystem zur Vorhersage kommt, man werde scheitern und Lernende unerschrocken zum Abbruch bewegt ohne aber zu wissen warum eigentlich, da Big Data wie eben hergeleitet rein auf Basis von Korrelationen Vorhersagen trifft (Mayer-Schönberger & Cukier 2014).

Darüber hinaus ist es erforderlich, dass die Löschung bzw. Anonymisierung von Altdaten sichergestellt wird. Während Menschen die Fähigkeiten besitzen nach einer gewissen Zeit zu vergessen, bleibt die Gefahr, dass die Daten über unser Lernverhalten permanent verfügbar bleiben und wir im Sinne einer „Permanenz der Vergangenheit“ keine Chance haben, Vergangenes entsprechend relativieren zu können (vgl. ebenda). Die neue Datenschutz-Grundverordnung (EU) 2016/679 versucht dieser Problematik mit dem Recht auf Löschung („Recht auf Vergessenwerden“) in Art. 17 DSGVO zu lösen. Eine betroffene Person hat

das Recht, die Löschung der sie betreffenden personenbezogenen Daten zu verlangen. Art. 16 DSGVO gibt zudem das Recht auf Berichtigung, das heißt, eine betroffene Person hat ein Recht, die Berichtigung sie betreffender unrichtiger personenbezogener Daten zu erwirken.

Zudem wird ein Recht auf Datenübertragbarkeit (Art. 20 DSGVO) neu eingeführt. Dies bedeutet, dass eine betroffene Person auch das Recht hat, die sie betreffenden personenbezogenen Daten, welche sie einem für die Verarbeitung Verantwortlichen zur Verarbeitung bereitgestellt hat, in einem strukturierten, maschinenlesbaren Format zu erhalten und diese Daten einem anderen Verantwortlichen ohne Behinderung zu übermitteln. Dies führt dazu, dass es damit in Zukunft datenschutzrechtlich möglich sein wird, Smart Learning Environments zu wechseln und Lernende dabei das Recht haben, die entsprechenden Daten mitzunehmen.

Jedoch sind von diesem Recht auf Datenübertragbarkeit nur jene personenbezogenen Daten betroffen, welche die betroffene Person willentlich und wissentlich an den für die Verarbeitung Verantwortlichen übermittelt hat. Insofern bleibt unklar, ob Analysedaten aus der Beobachtung des eignen Lernverhaltens durch einen datenschutzrechtlich Verantwortlichen auch unter dieses Recht auf Datenübertragbarkeit fallen werden, insbesondere, wenn sich Lernende wissentlich und willentlich zur Verbesserung der eigenen Lernleistung umfangreich beim Lernen vom Verarbeiter beobachten lassen. Es könnte nämlich auch argumentiert werden, dass eben nur solche Daten vom Recht auf Datenübertragbarkeit erfasst werden, wo Lernende selber etwas aktiv geschrieben und/oder gesprochen haben und damit diese Daten selber bereitgestellt haben, während Daten der Beobachtung des Lernverhaltens durch den für die Verarbeitung Verantwortlichen selbst erhoben werden und eben gerade nicht von den Lernenden selber „bereitgestellt“ werden.

Aus den eben skizzierten datenschutzrechtlichen Herausforderungen lässt sich zusammenfassend festhalten, dass Big Data und IoT-Technologien einerseits die Qualität von Lernumgebungen wie bspw. durch Smart Learning Environments deutlich steigern können, andererseits aber gravierende Herausforderungen eröffnen. Dieser Umstand manifestiert sich in einem Spannungsfeld, wobei zwischen einer pädagogisch wünschenswerten Grundkonzeption von SLEs und den gesetzlichen Rahmenbedingungen was den Datenschutz betrifft balanciert werden muss (Alonso & Arranz, 2016).

Folglich ergibt sich in Bezug auf Datenautonomie und Datensicherheit die Notwendigkeit einer frühzeitigen und differenzierten Auseinandersetzung mit dem Thema. Hierbei sind (bekannte) Sicherheitslücken (Neumann 2014) sowie datenschutzrechtliche Aspekte gleichermaßen zu berücksichtigen.

Zum Schutz der Privatsphäre und unter Gewährleistung des Grundrechts auf informationelle Selbstbestimmung sind Lösungsansätze erkennbar, die sich in den folgenden Prinzipien widerspiegeln und im Rahmen von „Privacy by Design“ parallel zur Datenschutz-Grundverordnung im Gestaltungsprozess von SLEs berücksichtigt werden sollten:

1. Aufklärung der Nutzer*innen
2. größtmögliche Anonymisierung
3. größtmögliche Löschung
4. klare Regelungen & Rollen (Anpassung und Modernisierung des Datenschutzrechts)
5. größtmögliche Transparenz
6. größtmögliche Datenautonomie bei Nutzer*innen: Eröffnung von Handlungsspielräumen und Modifizierungsmöglichkeiten
7. Vermeidung monopolartiger Strukturen (Google, Facebook...)
8. Prüfung von Sicherheitslücken
9. Einsatz kryptographischer Verfahren
10. keine Urteile über Menschen aufgrund von Big Data Vorhersagen
11. Sicherstellung, dass Big Data Analysen nicht zur Beurteilung von Kausalität und Schuld herangezogen werden (im Sinne von „warum“, sondern rein zum Aufdecken von Korrelationen im Sinne von „was?“)

Damit Datenschutz und Datensicherheit nicht als Hindernis von Innovation empfunden werden, könnte ein Lösungsansatz in der konsequenten Förderung von Digitalkompetenzen sowie in der stringenten Verfolgung des „Privacy by Design“-Ansatzes liegen, der bereits vor der Entwicklung von Systemen datenschutzrechtliche Aspekte im Vorfeld analysiert, beschreibt und zum Wohle der Nutzer*innen durch Berücksichtigung o. a. Prinzipien gestaltet.

2.4 Theoretische Synthese im Lernformat „Smart Learning Environments“

Nachdem in vorhergehenden Abschnitten interdisziplinäre Grundlagen in den Bereichen Lehr- und Lernforschung, Internet der Dinge sowie Lernraumforschung gelegt wurden, anhand derer in Abschnitt 2.2.3 gezeigt werden konnte, dass durch die Übertragung von IoT auf Lehr- und Lernprozesse das Lernformat „Smart Learning Environments“ resultiert, werden die dargestellten Grundlagen nunmehr

in einer theoretischen Synthese zu Smart Learning Environments zusammengeführt. Dabei erfolgt zunächst die Darstellung zum aktuellen Stand der Smart Learning Environments-Forschung sowie anschließend ein Diskurs hinsichtlich vorhandener Gestaltungsverfahren im Kontext einer organisationalen Entwicklung und Nutzung von SLEs, die abschließend in der Darstellung der Forschungslücken münden. Da es sich bei SLEs um ein sehr junges Forschungsfeld handelt, das sich überwiegend auf die in 2014 initiierte International Association for Smart Learning Environments (IASLE) gründet, ist der Forschungsstand im Vergleich zu den Abschnitten 2.1, 2.2 und 2.3 überschaubar.

Die IASLE²⁶ ist eine internationale Vereinigung zum Forschungsfeld der Smart Learning Environments und bietet ein professionelles Forum für Forscher, Akademiker, Praktiker sowie Fachleute aus der Wirtschaft, die an einer innovativen Neugestaltung von Lehr- und Lernformen interessiert sind. Wissenschaftliche Publikationen zum Thema werden im Smart Learning Environments Journal²⁷ gebündelt.

Ziel der IASLE ist der fachliche Austausch und die Förderung von Verfahren, die zur Entwicklung, Gestaltung und Umsetzung von intelligenten Lernumgebungen beitragen. Dem Zusammenspiel von interdisziplinären Fachdisziplinen wie z. B. Pädagogik und Informatik wird dabei eine große Bedeutung zugeschrieben.

2.4.1 SLEs als Forschungsgegenstand

Bei der Forschung zu SLEs handelt es sich um ein interdisziplinäres Feld. Neben der (Wirtschafts-)Informatik beschäftigen sich weitere sozialwissenschaftliche Disziplinen mit Smart Learning Environments als Forschungsgegenstand so z. B. die (Medien-) Pädagogik oder Psychologie. Entsprechend gibt es unterschiedliche Zugänge und Definitionen von SLEs, die nachfolgend dargelegt werden. Für die Literaturanalyse wurden Beiträge ausgewählt, die sich explizit mit der Konzeption und Entwicklung, Gelingensbedingungen sowie Anforderungen an Gestaltungsprozesse von SLEs auseinandersetzen. Nicht berücksichtigt wurden Beiträge, die sich im weitesten Sinne mit „Smart Learning“ beschäftigen, da diese theoretischen Grundlagen bereits in Kapitel 2 abgebildet wurden. Die systematische Literaturanalyse identifizierte bis September 2016 insgesamt 5 Schlüsselwerke, die im Folgenden beleuchtet und diskutiert werden.

²⁶<https://iasle.net/about-us/mission/>

²⁷<https://slejournal.springeropen.com/>

Als Vorläufer der SLE-Forschung, die seit 2014 im Journal for Smart Learning Environments publiziert wird, ist der Beitrag von Lei, Wan & Man (2013) aufzuführen. Dieser Aufsatz ist insofern relevant für die vorliegende Untersuchung, da die Autoren Smart Learning Environments auf Grundlage von Cyber-Physischen Systemen entwickeln und so auf eine in der Literatur selten direkt benannte Verbindung zu IoT hinweisen (vgl. Abschnitt 2.2.1.3). Lei, Wan & Man (2013) beschreiben ein SLE, das mittels „smarter Applikationen“ in einer Hochschule eingesetzt wurde. Dabei kam ein Cyber-Physisches System zum Einsatz, das über Embedded Systems (vgl. Abschnitt 2.2.1.2) unterschiedliche Arten von Sensoren und Aktoren vernetzte und spezifische Funktionen automatisiert steuerte. Dabei wurden äußere, lernförderliche Rahmenbedingungen wie Beleuchtung, Heizung und Luftqualität kontrolliert und automatisiert angepasst sowie die Energieeffizienz deutlich gesteigert (Lei et al., 2013). Der Beitrag zeigt, wie auf eine relativ einfache Art und Weise „smarte Funktionalitäten“ in Lernräume integriert und lernförderliche Rahmenbedingungen unterstützt werden können, die wie in Abschnitt 2.3.2 dargelegt, das Lernen positiv oder auch negativ beeinflussen können.

Im Rahmen eines “preliminary framework for smart learning environments” (vgl. Abbildung 2.30) führt Spector (2014) philosophische, psychologische und technologische Ansätze zusammen, um eine Grundlage zur Planung und Implementierung von SLEs zu entwickeln. Intelligente Lernumgebungen müssen nach Ansicht des Autors bedeutsam sein und den von ihm postulierten „3Es“ gerecht werden. Spector (2014) zufolge müssen Smart Learning Environments eine nachhaltige Bildungsarbeit auf folgenden Ebenen erfüllen:

1. Engagement
2. Effectiveness
3. Efficiency

Dabei spannt er einen Bogen ausgehend von erkenntnistheoretischen Paradigmen, über pädagogische Anforderungen bis hin zu wirtschaftlichen Interessen (Spector, 2014).

Er plädiert für eine stärker strategisch ausgerichtete Planung und Gestaltung von SLEs. In diesem Zusammenhang führt er auf, dass man sich zunächst damit beschäftigen muss, wie menschliche Lernprozesse funktionieren und wie Menschen letztlich Wissen und Kompetenzen aufbauen können. Diesbezüglich verweist er u. a. auf Erkenntnisse aus der pädagogischen Psychologie, die systematisch in den Gestaltungsprozess zu integrieren sind. Technologie muss nach

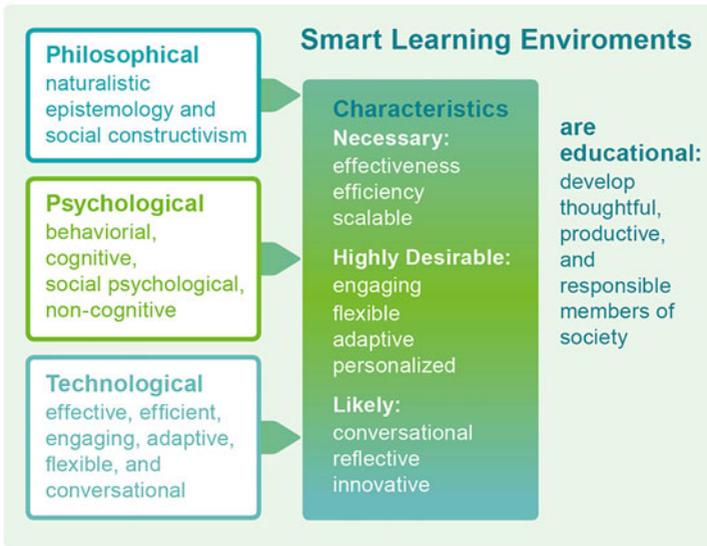


Abbildung 2.30 Preliminary Framework for SLEs (Quelle: Nach Spector 2014)

Spector (2014) die oben aufgeführten 3Es unterstützen, also Engagement, Effectiveness und Efficiency. Somit erhalte die Technologie einen Sinn und einen spürbaren Nutzen.

Die Bedeutung von SLEs stellt Spector (2014) letztlich in den Kontext einer gesellschaftlichen Verantwortung in dem Sinne, dass SLEs dazu beitragen müssten, die Menschen zu nachdenklichen, produktiven und rücksichtsvollen Mitgliedern der Gesellschaft zu entwickeln.

Im Vergleich zu dem von Spector generisch beschriebenen Meta-Konzept, das einem deduktiven Vorgehen gleicht und bei welchem eine Perspektive von außen eingenommen wird, entwickelt Koper (2014) ein neues theoretisches Konzept zur Gestaltung von SLEs, das von den konkreten Interaktionen zwischen Mensch und Technik ausgeht. Das auf einem eher induktiven Vorgehen beruhende Konzept, das an Konzeptionen von User Interfaces (Human Computer Interaction) anknüpft, bezeichnet Koper entsprechend als „Human Learning Interfaces (HLIs)“ (Koper, 2014).

Um von User Interfaces auf Human Learning Interfaces innerhalb von SLEs zu schließen, differenziert Koper (2014) zunächst unterschiedliche Lernumgebungen im Grad der digitalen und analogen Lern-Stimulation:

1. The zero case: wenn die Lernumgebung keine digitalen oder physischen Lern-Stimuli bietet.
2. The digital case: wenn die physische Umgebung digitale Lerngeräte enthält, den Lernenden jedoch keine relevanten nicht-digitalen Stimuli liefert.
3. The embedded case: wenn die physische Umgebung den Lernenden relevante Stimuli liefert und gleichzeitig die digitalen Geräte situationsbezogene Zusatzinformationen ergänzen, um die kognitive Verarbeitung und Repräsentation der Inhalte im Gehirn zu verstärken. In diesem Fall gibt es eine kombinierte, teilweise digital, teilweise physisch stimulierte Lernumgebung. In der vorliegenden Arbeit wird dies im Folgenden als Hybridisierung bzw. hybridisiertes Lernen bezeichnet.
4. The side-by-side case: wenn in einer physischen Umgebung digitale Lerngeräte genutzt werden, um zusätzliche Lernfunktionen wie Recherche, Interaktion oder Tests zu ermöglichen, die digitalen Geräte aber die tatsächliche physische Umgebung bzw. Situation nicht erkennen können. In diesem Fall ist die Lernumgebung fragmentiert und in voneinander getrennte physische und digitale Einheiten aufgeteilt.
5. The classical case: wenn die physische Umgebung relevante Reize liefert, es aber keine zusätzlichen digitalen Stimuli gibt.

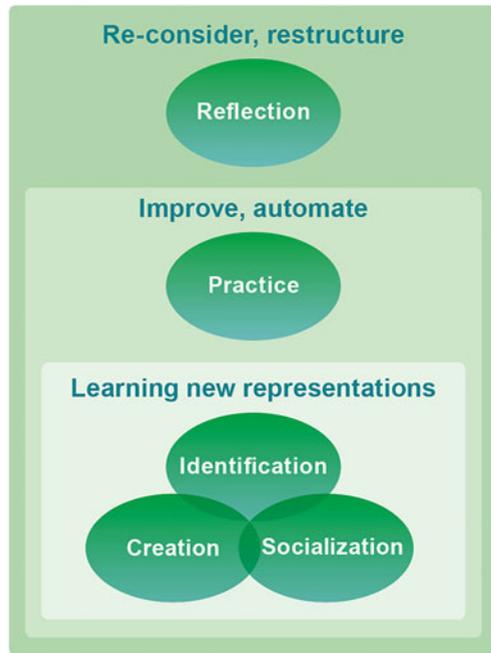
Schlussfolgernd klassifiziert Koper (2014) SLEs als „Embedded Case“ (vgl. 2.2.1.2) und skizziert für diese spezifische Lernumgebung prototypische Anforderungen, auf Basis derer SLEs entwickelt werden können:

1. Digitale Geräte werden den physischen Lernorten hinzugefügt
2. Die digitalen Geräte erkennen den Standort und den Kontext der Lernenden
3. Die digitalen Geräte erweitern die physische Lernumgebung mit zusätzlichen, digitalen Lernfunktionen
4. Die digitalen Geräte überwachen den Fortschritt der Lernenden

Ziel von Smart Learning Environments ist es nach Koper, ein schnelleres und besseres Lernen zu ermöglichen (2014).

Entsprechend analysiert er die Bedingungen, die dies ermöglichen und entwickelt auf Basis des „modal model of the architecture of human information processing (Ashcraft & Radvansky, 2010, S. 38) ein „Human Learning Interfaces“ (HLIs) Konzept (vgl. Abbildung 2.31). Auf Grundlage der „Information Processing Theory“ (vgl. Abschnitt 2.1.1) identifiziert er zunächst in Anlehnung an Human Computer Interaction vier Hauptinteraktionen, die zwischen einem Digitalen Gerät und dem Lernenden stattfinden können:

Abbildung 2.31 Five Types of Human Learning Interfaces (Quelle: Nach Koper 2014)



1. Fragen stellen
2. Aufgaben geben
3. Informationen zur Verfügung stellen
4. Feedback geben

Damit diese Interaktionen zwischen einem digitalen Gerät und dem Menschen zu effektiven Lernprozessen führen, unterscheidet Koper (2014) in einem nachfolgenden Schritt zwischen fünf unterschiedlichen HLI-Typen (vgl. Abbildung 2.32), mit jeweils spezifischen Lernzielen (Revidieren & Restrukturieren, Verbessern & Wiedergeben, Generieren neuer, kognitiver Repräsentationen) und Lernformen (Reflektieren, Übung, Identifikation, Sozialisation, Kreation).

Koper (2014) argumentiert, dass ausschließlich über tiefe Identifikation mit dem Lerninhalt, soziale Interaktionen und eigene schöpferische Tätigkeiten Verhaltensänderungen im Sinne neuer Repräsentationen im Gehirn ermöglicht werden können und damit zu effektivem Lernen führen (vgl. Abbildung 1.2). Insofern sollten diese Lernformen im Speziellen gefördert werden.

Im Ergebnis bündelt Koper (2014) die Hauptfunktionen, die ein digitales Gerät innerhalb eines Smart Learning Environments unterstützen sollte (vgl. Abbildung 2.32):

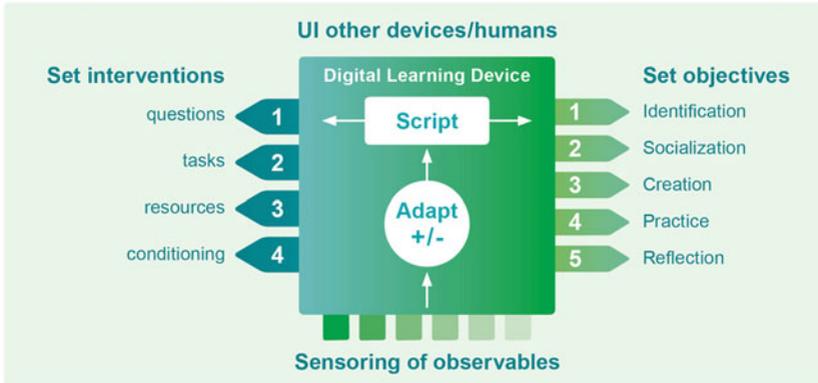


Abbildung 2.32 Hauptfunktionen eines SLE Device (Quelle: Nach Koper 2014)

Auf Grundlage dieser theoretischen Bezüge erweitert Koper seine Definition von Smart Learning Environments wie folgt (Koper, 2014 S. 14):

“SLEs are physical environments that are improved to promote better and faster learning by enriching the environment with context-aware and adaptive digital devices that, together with the existing constituents of the physical environment, provide the situations, events, interventions and observations needed to stimulate a person to learn to know and deal with situations (identification), to socialize with the group, to create artefacts, and to practice and reflect.”

Das von Koper (2014) vorgestellte HLI Konzept eignet sich in besonderer Weise zur Entwicklung konkreter SLE Use-Cases und der dazu gehörenden IT-Systemarchitektur auf mobilen Devices, die beispielsweise über eine App auf einem Smartphone umgesetzt werden könnte. Auf die Bedeutung der Interaktion (im Sinne eines User Interface) zwischen den Lernenden und einem SLE in Form eines digitalen bzw. physischen Assistenten wurde bereits in Abschnitt 2.3.3 eingegangen. Insofern könnte das von Koper ausgearbeitete HLI Konzept z. B. als theoretische Grundlage für die Entwicklung eines Nabaztags (Domingo & Forner, 2010) genutzt werden. Leider werden elementare und detaillierte Lernformen insbesondere auch im Zusammenspiel mit anderen Lehr- bzw. Lernpersonen

kaum beleuchtet und nur modellhaft skizziert. Darüber hinaus bleiben Fragen zur Gestaltung des physischen Lernraums offen, der die Lernprozesse stimulieren soll oder aber auch organisationale Rahmenbedingungen und Faktoren, die eine Einführung von SLEs beeinflussen. Diese und weitere unbeantwortete Fragen bündelt Koper (2014) in einer „Research Agenda for SLEs“ in welcher er auf insgesamt sechs Forschungsaspekte hinweist, die im Zusammenhang des HLI Konzeptes noch genauer zu untersuchen sind.

Tabelle 2.7 Vergleich zwischen ubiquitärem, adaptivem und smartem Lernen (aus dem Englischen nach Hwang 2014)

Merkmale	ubiquitäres Lernen	adaptives Lernen	smartes Lernen
1. Erkennt und berücksichtigt den realen Kontext	ja	nein	ja
2. Platziert Lernende in real-weltlichen Szenarien	ja	nein	ja
3. Passt den Inhalt an unterschiedliche Lernende an	nein	ja	ja
4. Passt das Interface an unterschiedliche Lernende an	nein	ja	ja
5. Passt Lernaufgaben und Lernziele an individuelle Bedarfe an	nein	nein	ja
6. Bietet persönliches Feedback und Hilfestellung	ja	ja	ja
7. Bietet Hilfestellung zu Lernmethoden über unterschiedliche Fachdisziplinen hinweg	nein	nein	ja
8. Bietet Hilfestellung zu Lernmethoden in unterschiedlichen Lernkontexten (Schule, Campus, Bibliothek, Arbeitsplatz, Heimweg, Nahverkehr, Auto etc.)	ja	nein	ja
9. Empfiehlt Lernwerkzeuge und Lernstrategien	nein	nein	ja
10. Beachtet den online-Status der Lernenden	nein	ja	ja
11. Beachtet den real-weltlichen-Status der Lernenden	ja	nein	ja
12. Unterstützt formales und informelles Lernen	ja	nein	ja
13. Berücksichtigt persönliche Faktoren sowie kontextbezogene Faktoren (Vorlieben, Zeitpläne, Bedürfnisse, Situation etc.)	nein	nein	ja
14. Interagiert mit den Nutzern über unterschiedliche (ubiquitous-) Devices (z.B. Smartphone, VR/AR-Brille etc.)	ja	nein	ja
15. Unterstützt die Lernenden durch vorangegangene Anpassungen über reale und virtuelle Kontexte hinweg (in Echtzeit)	nein	nein	ja

Hwang (2014) geht in seinem Framework für SLEs zunächst umfassend auf die verwendete Terminologie ein und verweist auf die Verschränkung von adaptiven

und ubiquitären Lernformen, die in Ihrer Kombination „smart Learning“ ermöglichen (vgl. Abschnitt 2.1.2.5). In Tabelle 2.7 dekonstruiert und vergleicht Hwang (2014) die Begriffe „Smart Learning“, „Ubiquitous Learning“ und „Adaptive Learning“ (vgl. Tabelle 2.7- aus dem Englischen frei übersetzt).

Bei ubiquitärem Lernen ist ein Informationssystem in der Lage den Situationskontext und den Ort der Lernenden zu erfassen und darauf abgestimmte Lernfunktionen zur Verfügung zu stellen. Eine Verschränkung mit adaptivem Lernen bedeutet, dass das System darüber hinaus die Bedürfnisse der Lernenden kennt und auf Grundlage dieser Daten unterschiedliche Informationen und Lernmethoden anbieten kann, die dem jeweiligen Lerntypus entsprechen. Hwang (Hwang, 2014 S. 2) formuliert dies wie folgt:

„A smart learning environment not only enables learners to access digital resources and interact with learning systems in any place and at any time, but also actively provides the necessary learning guidance, hints, supportive tools or learning suggestions to them in the right place, at the right time and in the right form“.

Hwang (2014) verweist dabei auf das herausragende Potenzial von ubiquitären Lernformen, die in idealer Weise, der aus der Lehr- und Lernforschung (vgl. Abschnitt 2.1.2.1) geforderten Situiertheit des Lernens gerecht werden können. Hwang fasst demzufolge die Hauptkriterien zusammen, die mindestens in einem SLE repräsentiert sein müssen:

1. Context-Aware: Ein SLE ist kontextbezogen; das heißt die Situation des Lernenden oder die Kontexte der realen Umgebung, in der sich der Lernende aktuell befindet werden wahrgenommen. Dies impliziert, dass das System in der Lage ist, Lernunterstützung auf Grundlage der aktuellen Lernsituation zur Verfügung zu stellen (Online oder Offline)
2. Adaptive: Ein SLE bietet sofortige und adaptive Unterstützung durch Echtzeitanalysen der Bedürfnisse in Abhängigkeit des Lernkontextes
3. Personalized: Ein SLE ist in der Lage, die Benutzerschnittstelle (User Interface) in ihrer Oberflächengestaltung sowie in den darüber zur Verfügung gestellten Inhalte an die persönlichen Bedürfnisse der Lernenden anzupassen.

Auf dieser Grundlage formuliert Hwang (2014, S. 5) folgende Definition von SLEs:

„Smart Learning Environments can be regarded as the technology-supported learning environments that make adaptations and provide appropriate support (e.g., guidance, feedback, hints or tools) in the right places and at the right time based on individual

learners' needs, which might be determined via analyzing their learning behaviors, performance and the online and realworld contexts in which they are situated.“

Daran anknüpfend zählt Hwang (2014) technische Module auf, die im Rahmen der Gestaltung von SLEs zu modellieren und zu entwickeln sind. Dabei orientiert er sich stark an der Modellierung von Intelligent Tutoring Systems (ITSs), die in der Regel über 4 Module verfügen:

- expert model or expert knowledge model
- student model or learner model
- instructional model or pedagogical knowledge model
- user interface

Im Ergebnis entwickelt Hwang (2014) ein Framework, das aus insgesamt fünf Modulen, einer Reihe Datenbanken sowie einer Inference engine besteht (vgl. Abbildung 2.33):

1. Learning status detecting module:
Erfassung der Umgebung (Standort, Uhrzeit, Temperatur...)
2. Learning performance evaluation module:
Aufzeichnung und Bewertung der Lernergebnisse
3. Adaptive Learning task module:
Zuweisung von Lernaufgaben in Abhängigkeit der persönlichen Lernziele, des Lernfortschritts, der Lernleistung sowie weiterer persönlicher Faktoren
4. Adaptive Learning content module:
Empfehlung von Lerninhalten in Abhängigkeit der aktuellen Situation, der persönlichen Lernziele, des Lernfortschritts, der Lernleistung sowie weiterer persönlicher Faktoren
5. Personal learning support module:
Unterstützung durch Feedback und Hinweise zu Lernstrategien und Methoden
6. Set of databases:
Speicherung von Lernergebnissen, Lernzielen, Lernprofilen und Lernverläufen
7. Inference engine:
Speicherung von Erfahrungen über erfolgreiche und weniger erfolgreiche Lernprozesse für die Lehrenden hinsichtlich kontinuierlicher Verbesserung

Im Vergleich zu den zuvor dargelegten SLE Ansätzen fällt bei Hwang eine stark technisch orientierte Konzeption des SLE Frameworks auf. Man gewinnt den Eindruck, dass sich das Framework überwiegend an Systementwickler richtet.

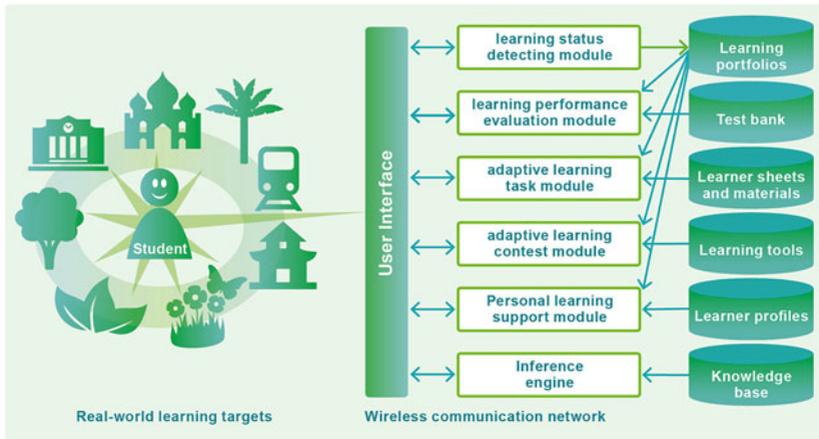


Abbildung 2.33 Smart Learning Environment Framework (Quelle: Nach Hwang 2014)

Entsprechend formuliert Hwang abschließend unterschiedliche Forschungsbedarfe, die sich überwiegend auf pädagogische Fragestellung beziehen. Darüber hinaus verweist er auf die Notwendigkeit, dass SLEs nur in Kooperation mit unterschiedlichen Fachexperten aus unterschiedlichen Fachdisziplinen (insbesondere aus Informatik und Pädagogik) zu entwickeln und zu implementieren sind.

In Ergänzung zu den vorgestellten SLE Konzepten soll abschließend auf den Beitrag von Begoña Gros (2016) eingegangen werden, die durch die Gestaltung von SLEs die Potenziale für selbstgesteuertes Lernen darlegt und für einen partizipativen Gestaltungsprozess von SLEs plädiert.

Nach Gros (2016) haben die starke Verbreitung von mobilen Endgeräten wie dem Smartphone dazu geführt, dass heutzutage überall gelernt werden kann. Darüber hinaus verweist sie in diesem Zusammenhang auf einen selbstbestimmten Umgang der Nutzer*innen mit dem mobilen Gerät. Während in formalen Lernszenarien i. d. R. eine Steuerung durch eine Lehrperson erfolgt, fällt dies beim Lernen mit mobilen Endgeräten weg. Gros formuliert als Ziel von SLEs das Orchestrieren zwischen formalen und informellen Lernformen. Hierfür werden ihrer Meinung nach neue pädagogische Ansätze benötigt, die Lernen als ein subjektives, situiertes, soziales und sehr dynamisches Konstrukt verstehen, das sich bei jedem Lernenden unterschiedlich manifestiert.

Aufbauend auf den nach Zhu et al. (2016) zitierten 10 Eigenschaften von SLEs (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) schlussfolgert Gros, dass die Hauptaufgabe von SLEs darin besteht, den Lernenden eine geeignete und passgenaue Lernunterstützung zu bieten. Ein SLE nimmt Gros zufolge also eher die Rolle eines Coachs oder eines Lernbegleiters ein und basiert auf den folgenden pädagogischen Prinzipien:

- Konversation: Die Lernumgebung kann den Lernenden in einen Dialog einbeziehen
- Reflexion: Die Lernumgebung kann eine Selbsteinschätzung basierend auf der Lernleistung vornehmen
- Innovation: Die Lernumgebung nutzt neue und aufkommende Technologien auf kreative Weise
- Selbstorganisation: Die Lernumgebung kann Lerninhalte und Lernmethoden automatisiert ordnen und führt über einen längeren Zeitraum zu verbesserten Lernleistungen

Aufbauend auf Barron's learning ecologies framework (2006) konstatiert Gros, dass die Lernenden die Hauptakteure des smarten Lernens darstellen und selbst verantwortlich sind für soziale Beziehungen und die Schaffung von bedeutsamen Konstellationen im physischen und virtuellen Lernkontext. Demnach plädiert Gros bei der Gestaltung von SLEs für einen menschenzentrierten Ansatz (vgl. Human-Centered Design in Abschnitt 3.3), der gezielt die Bedürfnisse der Lernenden adressiert. Erst wenn man weiß, was „smarte Lernende sind“ und was diese bewegt, können nach Gros sinnvolle SLEs entwickelt werden. Um dieser Forderung gerecht zu werden, verweist Gros direkt zu Beginn auf einen partizipativen Gestaltungsprozess, bei welchem die Fachexperten aus unterschiedlichen Fachdisziplinen gemeinsam mit den Lernenden in Co-Creation agieren. Einem stringent menschenzentrierten Ansatz folgend argumentiert Gros, dass die durch Learning Analytics generierten Erkenntnisse nicht zur Kontrolle durch Dritte, sondern als Tool der Selbstreflektion im Lernprozess genutzt werden sollten und entsprechend nur den Lernenden selbst zur Verfügung stehen sollten. Das Zukunftskonzept der Bildung formuliert Gros (2016, S. 10) als „Education as a Service“ und beschreibt dies wie folgt:

„Services must consider the learners' viewpoint and learning experience. In a smart learning environment, learners would have different service choices at different learning stages, where these services are provided by different educational facilities, either online or physically. Due to the rather blurred lines between formal and informal learning, and the increasing focus on informal learning, it may not be necessary to distinguish these two learning formats separately in the future.“

Es kann festgestellt werden, dass Gros im Vergleich zu den anderen Autoren kein eigenes Konzept zur Gestaltung von SLEs vorlegt, sondern unter Rückbezug auf die aktuelle SLE-Forschung den Prozess der Gestaltung beleuchtet. Im Ergebnis konkludiert Gros, dass die Anwendung von partizipativen Designmethoden dazu beiträgt, SLEs zu entwickeln, die auf die Bedürfnisse und den soziokulturellen Hintergrund der Lernenden eingehen können.

Zusammenfassend ergibt sich ein SLE Forschungsstand, welcher in Funktionalität und Merkmalen überwiegend einheitlich ist. SLEs sind demnach in der Lage, ihre Umwelt zu erkennen und den Lernenden situationsbezogene und bedarfsgerechte Inhalte sowie Lernstrategien und Werkzeuge zur Verfügung zu stellen:

- Detect and take into account the real-world contexts.
- Situate learners in real-world scenarios.
- Adapt learning interfaces for individual learners.
- Adapt learning tasks for individual learners.
- Provide personalised feedback or guidance.
- Provide learning guidance or support across disciplines.
- Provide learning guidance or support across contexts.
- Recommend learning tools or strategies.
- Consider learners' online learning status.
- Consider learners' real-world learning status.
- Facilitate both formal and informal learning.
- Take multiple personal and environmental factors into account.
- Interact with users via multiple channels.
- Provide learners with support in advance, across real and virtual contexts.

Zudem besteht weitgehend Einigkeit in der Notwendigkeit, SLEs disziplinübergreifend zu erforschen und zu entwickeln, indem insbesondere pädagogische und informationstechnische Erkenntnisse miteinander verbunden werden können.

Auffällig ist jedoch der divergierende Zugang der einzelnen Autoren, der sich darin äußert, dass die vorgestellten Konzepte auf unterschiedliche Ebenen ausgerichtet sind, konzeptionelle Vorgehensweisen voneinander abweichen und auch in den theoretischen Bezügen variieren. Nichtsdestotrotz stellen die dargelegten Ansätze, Konzepte und Frameworks zur Gestaltung von SLEs relevante Erkenntnisse zur Verfügung, auf die im Rahmen der vorliegenden Arbeit aufzubauen sind.

Im nachfolgenden Abschnitt erfolgt anknüpfend an die Darstellung des SLE Forschungsstands die Herleitung der Forschungslücken.

2.4.2 Herleitung der Forschungslücken

Die Darstellung des aktuellen Forschungsstands zu SLEs diene der Herleitung und der Untermauerung der in Kapitel 1 bereits skizzierten Forschungslücken. Anhand bestehender Literatur konnten in Kapitel 2 inhaltliche Fragestellung in Bezug zum Untersuchungsgegenstand erläutert sowie dessen interdisziplinären Bezüge abgeleitet werden. Im folgenden Kapitel werden die Forschungsfragen dahingehend operationalisiert, um sie empirisch untersuchbar zu machen. Auf dieser Grundlage konnten folgende Forschungslücken identifiziert werden:

Umfassende Literaturrecherchen haben ergeben, dass das Thema „IoT-basierter Bildungsformate“ ein bisher unbeachtetes Forschungsthema ist. Eine dedizierte Erforschung von Anwendungsmöglichkeiten auf Lehr- und Lernprozesse gibt es weder in Deutschland noch im internationalen Forschungsdiskurs. Entsprechend ist bisher unklar, ob das Internet der Dinge zu neuen Lernformaten führen kann und wie diese zu bezeichnen wären. Für den deutschsprachigen Raum konnte darüber hinaus festgestellt werden, dass sich die Publikationen zum Thema Internet der Dinge im Bildungskontext ausschließlich damit beschäftigen, welche IoT-Kompetenzen in Zukunft benötigt werden und wie diese strategisch aufgebaut werden können. Ein Mangel an empirischen Befunden verweist zudem darauf, dass die Durchführung von Studien überwiegend ausgeblieben ist, obwohl das Internet der Dinge in den letzten Jahren deutlich an Interesse gewonnen hat.

Eine Literaturrecherche auf Basis sekundärer IoT-Suchbegriffe hat zu der Erkenntnis geführt, dass Smart Learning Environments die englische Bezeichnung für intelligente und hybride Lernräume sind, wobei auch eine Bedeutungsgleichheit nachgewiesen werden konnte. Doch obwohl es sich in der SLE-Literatur um physische Lernräume handelt, werden architektonische Gestaltungsprinzipien nicht adressiert. Darüber hinaus gibt es Defizite hinsichtlich organisationaler Aspekte und Rahmenbedingungen, die eine Implementierung von SLEs beeinflussen. Insgesamt kann festgestellt werden, dass es an einem ganzheitlichen, interdisziplinären und soziotechnisch ausgerichteten Konzept fehlt, das darüber hinaus ein systematisches und wissenschaftlich fundiertes Verfahren zur Gestaltung von SLEs liefert.

Tabelle 2.8 zeigt zusammenfassend die im Rahmen der Literaturrecherche identifizierten Lücken. Zusätzlich wird dargestellt, durch welche Forschungsfragen (vgl. Unterkapitel 1.2.2) diese adressiert werden. In dem folgenden Kapitel 3 werden die Forschungsfragen mit Hilfe empirischer Erhebungen sowie qualitativer und quantitativer Methoden sukzessive bearbeitet, um in Kapitel 4 beantwortet zu werden.

Tabelle 2.8 Identifizierte Forschungslücken

Forschungslücken	Forschungsfrage(n)
Bisher gibt es keine dedizierte Untersuchung von Anwendungsmöglichkeiten des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse	F1, F1.1, F1.2, F1.3, F1.4, F2
Bisher ist unklar, ob das Internet der Dinge zu neuen Lernformaten führen kann und wie diese zu bezeichnen wären	F1
Im deutschsprachigen Raum fokussiert sich die Bildungsforschung auf IoT-Kompetenzen, die im Zuge der Digitalisierung benötigt werden. Eine Nutzung von IoT für Bildungsprozesse wird nicht adressiert	F1.1
Es gibt kaum empirische Befunde zur Nutzung von IoT im Bildungsbereich	F1.1, F1.2, F1.3
Trotz wachsendem Interesse am Thema „Lernräume“, fehlen konkrete, bildungs-wissenschaftlich fundierte Empfehlungen zur Gestaltung physischer Lernräume mit IoT Komponenten	F2.2
Obwohl es sich bei Smart Learning Environments um physische Lernräume handelt, werden architektonische Gestaltungsprinzipien nicht adressiert und bleiben unklar	F2, F2.1
Es ist nicht bekannt, welche organisationalen Aspekte bei der Implementierung von Smart Learning Environments beachtet werden müssen	F1.2, F1.3
Bisherige Konzepte von SLEs sind einseitig adressiert. Es fehlt an einer ganzheitlichen und soziotechnischen Perspektive	F1.2, F1.3
Systematische und wissenschaftlich fundierte Verfahren zur Gestaltung von SLEs sind nicht bekannt	F1.4

2.5 Schlussfolgerungen aus dem interdisziplinären Forschungsansatz

Die transdisziplinären Literaturanalysen haben ergeben, dass einheitliche und voneinander abgrenzbare Definitionen der Begriffe „Ubiquitäres Lernen“, „Adaptives Lernen“ und „Smartes Lernen“ je nach Perspektive unterschiedlich ausfallen. Der Vergleich vorhandener Definitionen lässt dennoch den Rückschluss zu, dass sich durch die Übertragung von IoT auf Lehr- und Lernprozesse das sogenannte „Smarte Lernen“ innerhalb von Smart Learning Environments von ubiquitärem und adaptivem Lernen abgrenzen lässt und entsprechend mehr ist, als die Kombination von adaptivem und ubiquitärem Lernen. Diese Interpretation basiert auf den vergleichenden Merkmalen aus Tabelle 2.7. Demnach konnte gezeigt werden, dass durch die Übertragung von IoT auf Lehr- und Lernprozesse ein neues Lernformat entsteht, das unter dem Begriff Smart Learning Environments gefasst werden kann.

Darüber hinaus wurde deutlich, dass für eine Übertragung von IoT auf Lehr- und Lernprozesse die physische Lernumgebung, also Lernräume ein wichtiges Gestaltungselement darstellt, da das IoT physische und digitale Welten miteinander verbindet. Im Ergebnis resultieren hybride Lernräume, in welchen physische und digitale Lernformen verschmelzen und fließend ineinander übergehen.

Wie in den vorhergehenden Abschnitten ausführlich dargestellt, wirkt sich das Internet der Dinge zunehmend auf Organisationen und den damit verbundenen Lern- und Arbeitsprozessen aus. Die Arbeitswelt befindet sich in einem Wandel. Langfristige und übergreifende Transformationsprozesse wie die Digitalisierung, Globalisierung oder die Wissensbasierte Ökonomie – kurz die Megatrends des

21. Jahrhunderts sind Indikatoren einer massiven Umstrukturierung. Infolge des Strukturwandels, von der Industriegesellschaft in eine Wissensgesellschaft verändern sich auch die Tätigkeitsfelder und somit die Anforderungsprofile der Erwerbstätigen. Damit einher geht das notwendige Erlernen neuer Systeme, Prozesse, Umgangs- und Arbeitsformen, die als Aspekte einer lernenden Organisation zum ausschlaggebenden Wettbewerbsfaktor werden. 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.

Die Arbeitswelt der Zukunft ist mehr denn je eine Symbiose aus Mensch und Maschine. Der Kostendruck verleitet Organisationen immer stärker auf Maschinen und Automatisierung zu setzen. Gleichzeitig sehen sich die Organisationen damit konfrontiert, sich das dafür notwendige Wissen über die Maschinen anzueignen. Dazu gehören jedoch nicht nur maschinelle Funktionsweisen, sondern auch das Innovieren neuer Einsatzszenarien. Dort, wo es auf Kreativität statt auf Maschinenlaufzeit ankommt, versagt ein auf quantitativen Größen basierender Begriff von Arbeit. Wenn sich der Arbeitsbegriff ändert, muss sich auch unsere Vorstellung von Lernen dem Prüfstand stellen. Im Bereich der Aus- und Weiterbildung muss verstärkt über die Rolle von Kreativität und Innovationen nachgedacht werden. Innovation wird letztlich als zentraler Treiber für das 21. Jahrhundert gesehen. Aus diesem Grund werden Innovationsmethoden wie z. B. Design Thinking wie in einem Hype zelebriert, verbunden mit der Hoffnung, damit entsprechend für die Zukunft gerüstet zu sein. Massive Veränderungen sind jedoch nicht allein in den Arbeits- und Lernmethoden vorzufinden, sondern sie erstrecken sich auf die kompletten Wertschöpfungsprozesse. Von daher werden neue und ganzheitlich ausgerichtete Strategien benötigt, die gleichzeitig auf mehreren Ebenen ansetzen.

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. Diesem Ansatz folgend verbindet die vorliegende

Forschungsarbeit drei Fachdisziplinen mit dem Ziel, ein ganzheitliches, sozio-technisches Gestaltungsverfahren für eine zukunftstaugliche Bildungspraxis zu liefern.

Im Zentrum dieser bildungstheoretischen Transformationsprozesse stehen Menschen, die die Bildung neu denken und innovieren. Es ist nicht die Technik, die die Bildung verändert. Nichtsdestotrotz eröffnet das Internet der Dinge neue Zugänge des Lernens, die durch Smart Learning Environments ein enormes Potenzial für arbeitsplatzbezogene Lernformen erkennen lassen. Um diesen Wandlungsprozess theoretisch fundiert zu begleiten ist es wichtig, alle in diesem Kapitel dargestellten Anforderungen aus einer pädagogischen, technischen und architektonisch/designbasierten Perspektive zu betrachten, um auf einer fundierten theoretischen Basis eine spezifizierte Gestaltungsarbeit beginnen zu können. Erst in der holistischen Betrachtung des Lernraumes, der sich durch eine materielle, virtuelle und soziale Ebene manifestiert, wird es möglich, Smart Learning Environments didaktisch fundiert konzipieren zu können. Zur Komplexitätsreduktion wurde die in diesem Kapitel hergeleitete theoretische Basis in ein Modell überführt, das die wichtigsten Anforderungen zur Gestaltung von SLEs bündelt, um einen Transfer der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis zu ermöglichen (vgl. Abschnitt 3.4).

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.





Methodisches Vorgehen

3

Im vorherigen Kapitel wurden basierend auf Literaturanalysen erste Faktoren und Merkmale im Hinblick auf die Gestaltung von SLEs identifiziert und in einem ersten theoretischen Unterbau verdichtet. Dieses theoretisch hergeleitete Grundgerüst wird im folgenden Kapitel vor dem Hintergrund eines Design-Based Research Ansatzes im Rahmen eines mehrstufigen, triangulativen Untersuchungsdesigns validiert und erweitert, um den Gegenstandsbereich intelligenter und hybrider Lernräume differenziert beschreiben zu können. Hierzu wurde in einer ersten Teilstudie ein Fokusgruppen-Workshop durchgeführt. Darauf folgte die Hauptstudie in Form einer qualitativen Interviewstudie, die neun Experteninterviews mit insgesamt 11 Personen umfasste und anschließend mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring, 2010) ausgewertet wurde. Parallel zu den qualitativen Interviews wurde ergänzend im Rahmen einer zweiten Teilstudie eine quantitativ angelegte Befragung in Form eines systematischen Bewertungsbogens eingesetzt, um die einzelnen Faktoren von den Expert*innen priorisieren zu lassen. Für die deskriptive Statistik wurden mittels SPSS Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet und die Erfolgsfaktoren lokalisiert.

In Unterkapitel 3.1 erfolgt zunächst eine wissenschaftstheoretische Positionierung der Forschungsarbeit. Anknüpfend an die Postulate qualitativer und designorientierter Sozialforschung wird in Abschnitt 3.2 die Rolle des forschenden Subjektes offengelegt und in Abschnitt 3.3 die Fokussierung auf den Design-Based Research Ansatz begründet. Das im Rahmen der Forschungsarbeit verwendete Modellierungsverfahren wird in Abschnitt 3.4 erörtert. Die Zielsetzung und die Methodik des mehrstufigen Verfahrens werden in Abschnitt 3.5 erläutert. Hierbei liegt der Fokus auf der qualitativen Hauptstudie sowie auf der Auswertungsmethode der qualitativen Inhaltsanalyse. Darüber hinaus wird dargestellt, wie die qualitativen und quantitativen Daten erhoben wurden und wie die Erhebungsinstrumente entwickelt wurden. Beschrieben werden die Entwicklung

des Fokusgruppen-Workshops, des Leitfadens für die Experteninterviews sowie des begleitenden Fragebogens. Zudem werden die Auswahl der Expert*innen sowie die Interviewdurchführung und Transkription erörtert. Die hierauf aufbauende Datenanalyse ist Gegenstand des Unterkapitels 3.5.2.2. Nachdem das Vorgehen der qualitativen Inhaltsanalyse dargestellt wurde, werden das Kategoriensystem und die Kodierregeln abgeleitet und erläutert, wie die Fundstellen extrahiert und in Ergebnisdokumente überführt wurden. Kapitel 3 schließt mit einer Darstellung und Analyse der Ergebnisse (Unterkapitel 3.5.2.3).

3.1 Wissenschaftstheoretische Positionierung

Wissenschaftliche Arbeit ist durch ein systematisches, regelgeleitetes, differenziertes, kontrollierbares und transparentes Vorgehen gekennzeichnet. Die sozialwissenschaftliche Forschung ist dabei durch unterschiedliche erkenntnistheoretische Paradigmen geprägt, die sich durch verschiedene Zugänge beim Erkenntnisgewinn äußern (Döring & Bortz, 2016). Ein geordneter Forschungsprozess basiert auf der systematischen Sammlung, Aufbereitung und Auswertung von empirischen Daten. Die unterschiedlichen erkenntnistheoretischen Paradigmen spiegeln sich in der grundsätzlichen Forschungshaltung sowie den implizierten, forschungsleitenden Prinzipien, wie mit dem empirischen Datenmaterial umgegangen wird, wider. Gegensätzliche Grundpositionen bestehen zum einen hinsichtlich ontologischer Fragestellungen in dem Sinne, ob es eine reale und objektive Wirklichkeit überhaupt gibt. Zum anderen hinsichtlich epistemologischer Fragestellungen in dem Sinne, wie wir Wissen über die soziale Wirklichkeit erlangen können.

Die wissenschaftstheoretischen Grundlagen der Sozialforschung gehen auf Vordenker wie Kant, Popper, Einstein, Wittgenstein, Foucault, Bourdieu, Dewey, Husserl und Dilthey zurück und zeichnen sich insbesondere durch das quantitative und das qualitative Paradigma aus. Die unterschiedlichen Zugänge zur Erforschung der sozialen Wirklichkeit sind hierbei durch teilweise gegensätzliche ontologische und epistemologische Grundpositionen gekennzeichnet. Während sich ein quantitatives Forschungsparadigma auf die „Suche nach wahrem Wissen“ und „objektiver, allgemeingültiger Erkenntnis“ fokussiert, wird beim qualitativen Forschungsparadigma das forschende Subjekt beim Erkenntnisgewinn anerkannt, wobei das neu erlangte Wissen als Konstruktionsprozess und Eigenleistung des Subjektes interpretiert wird. Dies führte in der Vergangenheit oftmals zu Skepsis in Bezug zur Methodik, Zuverlässigkeit und Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse (Flick, von Kardorff, Keupp, von Rosenstiel, & Wolff, 1995). Die

bewusste Wahrnehmung des Forschers im Forschungsprozess als konstitutives Element im Erkenntnisprozess ist im Gegensatz zum quantitativen Paradigma ein wesentlicher Bestandteil qualitativer Forschung und bedingt eine sehr deskriptive, selbstkritische, transparente und reflektierte Arbeitsweise. In einem qualitativen Forschungsverständnis gibt es entsprechend keine objektive Wahrnehmung der sozialen Wirklichkeit, da die Subjekte Teil dieser Wirklichkeit sind und diese über kognitive Eigenleistung konstruieren.

Quantitative und qualitative Verfahren können wie folgt definiert werden (Brosius, Haas & Koschel, 2016, S. 4):

- Quantitative Verfahren sind solche, in denen empirische Beobachtungen über wenige, ausgesuchte Merkmale systematisch mit Zahlenwerten belegt und auf einer zahlenmäßig breiten Basis gesammelt werden.
- Qualitative Verfahren beschreiben ein komplexes Phänomen in seiner ganzen Breite.

Bei der quantitativen Forschung gilt die soziale Realität als objektiv und mit kontrollierten Methoden erfassbar. Demnach orientiert sich das quantitative Paradigma an naturwissenschaftlichen-analytischen Techniken, die eine exakte Definition und Messung aller Merkmale der sozialen Wirklichkeit verlangt, deren Auswirkungen und Verknüpfungen (Ursache-Wirkungs-Relationen) untersucht werden sollen. Ziel ist es, Verhalten in Form von Modellen, Zusammenhängen und numerischen Daten möglichst genau zu beschreiben und vorhersagbar zu machen. Das Verhalten wird in messbare Einheiten zerlegt und als Beobachtungseinheit definiert. Die quantitative empirische Forschung will theoriegeleitet Daten sammeln (deduktives Vorgehen), die den Gütekriterien (Objektivität, Reliabilität und Validität) entsprechen müssen und die primär der Prüfung der vorangestellten Theorien und Hypothesen dienen (Döring & Bortz, 2016). Das Forschungsverfahren ist so ausgelegt, dass vom Allgemeinen auf das Besondere geschlossen wird. Der quantitativen Forschung wird gelegentlich der Vorwurf gemacht, sie hätte ein mechanistisches Welt- und Menschenbild, sie wäre zu weit von der Praxis entfernt und damit zu abstrakt und undurchschaubar und sie würde letztlich das Subjekt aus den Augen verlieren. Trotz dieser Kritik sind quantitative empirische Forschungsarbeiten in den Bildungswissenschaften sehr verbreitet. In Bildungsorganisationen sind quantitative Methoden z. B. dann sinnvoll, wenn mögliche Beurteilungskriterien geläufig sind und ein bekannter Gegenstand quantifiziert werden soll, beispielsweise bei der Beurteilung einer Weiterbildungsveranstaltung. Prinzipiell gilt für die Anwendung quantitativer Methoden, dass bereits

genügend Kenntnisse über den Untersuchungsgegenstand vorliegen, um Hypothesen über mögliche Zusammenhänge oder ein theoretisches Modell aufstellen zu können.

Die qualitative Forschung steht in der Tradition der Geisteswissenschaften und zielt primär auf eine verstehend-interpretative Rekonstruktion sozialer Phänomene ab. Ziel der qualitativen Forschung ist es, die Wirklichkeit anhand der subjektiven Sicht der relevanten Gesprächspersonen abzubilden und so mögliche komplexe Zusammenhänge und Strukturen zu verstehen. Dabei hat der qualitative Ansatz den Anspruch, Lebenswelten von innen heraus aus der Sicht der handelnden Menschen zu beschreiben, um so ein besseres Verständnis sozialer Wirklichkeiten zu erhalten. Darüber hinaus verfolgt die qualitative empirische Forschung ein induktives Vorgehen, bei welchem vom Einzelfall bzw. aus Einzelbeobachtungen auf das Allgemeine geschlossen wird. Statt einer großen Fallzahl zeichnet sich die qualitative Forschung durch eine stärkere Subjektbezogenheit aus, d. h., der Hauptuntersuchungsgegenstand ist immer das menschliche Subjekt. Charakteristisch für den qualitativen Ansatz ist die Vielzahl von Vorgehensweisen, Theorien und Analyseverfahren, je nach Handlungsfeld und theoretischer Konzeption (Flick et al., 1995). Um Verzerrungen der Ergebnisse durch zu starre theoretische Vorannahmen und standardisierte Untersuchungsinstrumente zu vermeiden, präferiert die qualitative Forschung den direkten Zugang zu den betroffenen Subjekten (bspw. über persönliche Interviews oder Beobachtung). Die Untersuchung in alltäglicher Umgebung ist ein wesentliches Merkmal dieser Forschungsrichtung. Auch zeichnen sich die theoretischen Vorannahmen und Erhebungsinstrumente durch eine größere Offenheit aus. Damit ist es möglich, flexibel auf unvorhergesehene unbekannte Aspekte reagieren zu können. Eine wesentliche Besonderheit liegt in der Datenauswertung, die typischerweise interpretativ erfolgt (vgl. ebenda). Qualitativer Sozialforschung liegt die Annahme zugrunde, dass die Untersuchungsgegenstände von vorherein mit subjektiven Absichten belegt sind, wodurch sich für verschiedene forschende Subjekte immer wieder andere Bedeutungen ergeben können (Mayring, 2002, S. 25). Dementsprechend ist eine vorurteilsfreie Forschung nie ganz möglich und es ergibt sich zwangsläufig das Postulat, das Vorverständnis des Forschenden zu explizieren (vgl. Abschnitt 3.2). Nach Auffassung von Mayring (2002) ist daher die Introspektion, also das Zulassen eigener subjektiver Erfahrungen mit dem Forschungsgegenstand, als ein legitimes Erkenntnismittel der qualitativen Forschung zu betrachten.

Qualitative Verfahren sind besonders dann geeignet, wenn sich der Untersuchungsgegenstand in einem bis dahin noch kaum erforschten Bereich befindet.

Wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten dargelegt, geht es beim vorliegenden Forschungsprojekt um die Entwicklung eines Konzepts zur Gestaltung innovativer und hybrider Lernräume. Im Zentrum steht die Erforschung und Beschreibung von Anwendungsmöglichkeiten des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse. Ein derartiges Vorgehen wurde bisher noch nicht unternommen. Daher müssen Erkenntnisse in einem bislang nur sehr wenig erforschten Bereich gewonnen und Strukturen, Hypothesen und Variablen ausfindig gemacht werden. Aus diesem Grund steht ein explorativer Zugang im Zentrum der Methodik. Ein schwerpunktmäßig qualitativ ausgerichtetes Verfahren wird daher angewendet, weil die Untersuchung einerseits in einem Entwicklungsstadium ansetzt, in dem es (noch) keine Massen-Diffusion gibt (nur Early Adopter) sowie weil andererseits die Fragestellung nicht auf die quantitative Ausbreitung, sondern auf qualitative Nutzungsformen ausgelegt ist. Daher ist das Verfahren hypothesengenerierend anstatt hypothesenprüfend.

Im Vergleich zu quantitativen Ansätzen, die hypothesenprüfend vorgehen, erfolgt die Hypothesengenerierung (Theoriebildung) schrittweise und wird während der qualitativen Untersuchung weiterentwickelt. Nach Döring & Bortz (2016, S. 63 ff.) lassen sich fünf Prinzipien der qualitativen Forschung zusammenfassen:

1. Ganzheitliche und rekonstruktive Untersuchung lebensweltlicher Phänomene
2. Reflektierte theoretische Offenheit zwecks Bildung neuer Theorien
3. Zirkularität und Flexibilität des Forschungsprozesses zwecks Annäherung an den Gegenstand
4. Forschung als Kommunikation und Kooperation zwischen Forschenden und Beforschten
5. Selbstreflexion der Subjektivität und Perspektivität der Forschenden

Oben aufgeführte Prinzipien werden hierbei von Döring & Bortz in den Kontext des Sozialkonstruktivismus gestellt, der eine Metatheorie der Soziologie darstellt und vorrangig ergründen möchte, wie soziale Wirklichkeit und einzelne soziale Phänomene konstruiert werden. Um die vorliegende Forschungsarbeit in entsprechender Tiefe wissenschaftstheoretisch verorten zu können, soll im Folgenden in Ergänzung zu den grundlegenden Paradigmen erkenntnistheoretischer Positionen, auf den lernpsychologischen Konstruktivismus eingegangen werden. Dieser beschäftigt sich mit kognitiven Konstruktionsprozessen von Lernenden und verfolgt das Ziel, diese zu verstehen, um sie für Lernprozesse und die Gestaltung von Lernumgebungen nutzbar zu machen. In Anlehnung an das qualitative Forschungsparadigma betont auch der Konstruktivismus die operationale Geschlossenheit des menschlichen Wahrnehmens, Denkens und Fühlens. Die

Sinnesorgane der Lernenden und deren Kognitionen produzieren dem konstruktivistischen Verständnis nach keine Abbildungen der äußeren Realität, sondern sie konstruieren Wirklichkeiten (in dem Fall Lernerfolge) zum Zweck erfolgreicher Handlungen (Siebert, 2004).

Dabei konstruieren die Lernenden nicht nur eine Welt, sondern sie leben in ihr und sind untrennbar mit ihr verbunden. In diesem Zusammenhang gehen Humberto Maturana und Francisco Varela, die als Begründer des modernen Konstruktivismus bezeichnet werden können, auf die Begriffe Autopoiesie (Selbsterzeugung) und Selbstreferentialität (Selbstreferenz und Selbstbezüglichkeit) ein (Maturana & Varela, 1987), welche von Niklas Luhmann im Rahmen einer Systemtheorie aufgegriffen wurden und sich zu grundsätzlichen Bezugspunkten seiner Theorie entwickelt haben (Luhmann, 1984).

Der Begriff Autopoiesis ist zusammengesetzt aus den griechischen Begriffen “autos” = selbst und “poiein” = machen. Autopoietische Systeme sind also solche, die sich “selbst machen” können. Selbstherstellung und Selbsterhaltung sind somit Grundeigenschaften dessen, was als Autopoiesis bezeichnet wird (vgl. ebenda). Das Autopoiesis-Konzept bezeichnet die Fähigkeit von Systemen, sich selbst zu reproduzieren.

Selbstreferentielle Systeme haben wiederum die Fähigkeit, Beziehungen zu sich selbst herzustellen und diese Beziehungen zu differenzieren gegen Beziehungen zu ihrer Umwelt. In diesem Sinne macht sich das System selbst zum Maßstab im Hinblick darauf, ob eine Operation als geeignet angesehen wird oder nicht.

Lernende werden in einem konstruktivistischen Verständnis als autopoietische, selbstreferentielle Lebewesen definiert, deren Erkenntnisgewinn durch eben diese Eigenschaften determiniert wird. Lernen erfolgt in direktem Zusammenhang mit der Umwelt als autopoietischer, emergenter, selbstreferenzieller Vorgang und kann als “strukturdeterminiert” bezeichnet werden. Das bedeutet, dass die Lernprozesse nur durch den Lernenden selbst beeinflusst werden können, nicht aber durch die Umwelt determiniert wird. “Von außen” können Gedanken allenfalls angeregt (perturbiert) werden. Die Autopoiesie des Denkens lässt sich neurowissenschaftlich – mit Hilfe so genannter bildgebender Verfahren – belegen. Neuronale Netzwerke verarbeiten nur zum geringen Teil Inputs “von außen”, sondern sie operieren überwiegend selbst organisiert und eigendynamisch. Unser Gehirn kommuniziert gleichsam mit sich selbst, es aktiviert und verknüpft vorhandene Gedächtnisinhalte und Wissensnetze (Siebert, 2004).

Für die erwachsenenpädagogische Praxis lässt sich aus diesem erkenntnistheoretischen Vorverständnis ableiten, dass Lernen (ebenso wie die sozialwissenschaftliche Forschung) von den jeweiligen Subjekten und den damit verbundenen,

kohärenten Eigenschaften und Einstellungen abhängig ist. Entsprechend können grundsätzlich nur günstige und passende Rahmenbedingungen zum Lernen geschaffen werden. Der Lernprozess an sich ist nicht von außen steuerbar.

Qualitative Verfahren wurden in der Vergangenheit oftmals aufgrund mangelnder Einhaltung wissenschaftlicher Gütekriterien kritisiert, die stellenweise in einem regelrechten Paradigmenkrieg ausgetragen wurden (Döring & Bortz, 2016, S. 9). Wie quantitative Verfahren weisen auch qualitative Methoden Nachteile auf. Der größte Kritikpunkt ist die mangelnde Objektivität. Es wird argumentiert, dass die Interpretationen kaum kontrollierbar sind, die Auswahl der Stichproben keine Repräsentativität erreichen und der Ansatz an sich zu zeitaufwändig sei. Weiterhin wird kritisiert, dass das Forschungsverfahren weitgehend theorielos und insgesamt nicht wissenschaftlich fundiert durchgeführt wird. Aufgrund der komplexen und auch unübersichtlichen Verfahren wird insgesamt eine transparente Nachvollziehbarkeit bemängelt, da sich ein einheitlicher Bezugsrahmen wie beim quantitativen Paradigma zum kritischen Rationalismus, bei den qualitativen Verfahren kaum herstellen lässt, da diese durch verschiedene Positionen wie z. B. Hermeneutik, Dialektik, Phänomenologie etc. geprägt sind.

Ungeachtet der aufgeführten Kritikpunkte werden auch qualitative Forschungsmethoden auf vielfältige Art und Weise im Bildungsbereich eingesetzt. Sie eignen sich insbesondere zur Erkundung von Ursachen und zur Erstellung von Typisierungen. Darüber hinaus sind qualitative Verfahren insbesondere auch für gestaltungsorientierte Forschungsvorhaben, die in Abschnitt 3.3 näher betrachtet werden, angemessen.

Beide methodologischen Paradigmen haben ihre Berechtigung und unterscheiden sich in ihrem epistemologischen und ontologischen Verständnis der Sozialwissenschaften sowie im Vorgehen des Forschungsprozesses. Beide Paradigmen arbeiten mit verschiedenen Untersuchungsdesigns, Stichprobentypen, Datenerhebungs- und Datenauswertungsverfahren. Insbesondere das Rollenverständnis des Forschenden tendiert in entgegengesetzte Richtungen. Und obwohl es starke Auseinandersetzungen in der Vergangenheit gegeben hat, zeichnen sich in den letzten Jahren Annäherungsversuche ab, die sich eher in einem Ergänzungs- anstatt Konkurrenzverhältnis widerspiegeln. Ein derartiger Methoden-Mix wird durch die gezielte und begründete Kombination unterschiedlicher Datentypen erreicht und wird auch als Daten-Triangulation bezeichnet (Döring & Bortz, 2016, S. 72). Flick (1995) differenziert darüber hinaus unterschiedliche Zieleetzungen, Verfahren und Konzepte der Triangulation und verweist auf zwei unterschiedliche Arten, die einerseits der „Theorien-Triangulation“ und andererseits der „methodologischen Triangulation“ zuzuordnen sind.

Die vorliegende Forschungsarbeit verwendet einen Methoden-Mix im Sinne einer methodologischen sowie theoretischen Triangulation, wobei die quantitativen Elemente eine Ergänzung zum schwerpunktmäßig explorativen Forschungsansatz einnehmen. (Döring & Bortz, 2016, S. 72f).

Es erfolgte eine Kombination von quantitativen und qualitativen Methoden, um den komplexen Untersuchungsgegenstand so genau wie möglich analysieren und beschreiben zu können. Ziel war es einerseits, frühzeitig erlangte „Zwischenergebnisse“ zu validieren sowie andererseits, die interpretativ gewonnenen Erkenntnisse durch neuartige, deskriptiv-statistische Feststellungen zu erweitern, welche eine systematische Priorisierung von Faktoren ermöglichte und zur Identifizierung von Erfolgsfaktoren führte. Darüber hinaus war es über das deskriptiv-statistische Verfahren möglich, die Expertenmeinungen systematisch auf der Ebene einzelner Kategorien und Faktoren zu vergleichen, das über die rein qualitativen Erhebungs- und Auswertungsverfahren nicht möglich gewesen wäre.

Darüber hinaus erfolgte eine theoretische Triangulation, die sich in einer Verknüpfung unterschiedlicher theoretische Zugänge widerspiegelte. Hierbei wurden ausgewählte theoretische Konstrukte verschiedener Fachdisziplinen (vgl. Kapitel 2) kombiniert, um neue und bisher unberücksichtigte Perspektiven auf den Untersuchungsgegenstand zu eröffnen. Das vorliegende Forschungsprojekt verfolgt dabei gezielt einen transdisziplinären Zugang. Es kann festgestellt werden, dass die interdisziplinäre Forschung insgesamt an Bedeutung gewinnt. Dies stellt insofern eine triangulative Herausforderung dar, als dass sich durch die Fachkultur jeweils spezifische Anforderungen an die Forschungsmethoden ergeben. Durch die Anwendung der Triangulation wurden die Schwächen des schwerpunktmäßig qualitativen Forschungsansatzes systematisch und gezielt durch die Ergänzung quantitativer Elemente reduziert. Ziel des triangulativen Forschungsansatzes war es, die wissenschaftliche Qualität der Studie insgesamt zu erhöhen.

Wie im vorhergehenden Abschnitt dargelegt, ist das vorliegende Forschungsvorhaben in der Tradition konstruktivistischer Lehr- und Lerntheorien verankert und lässt sich aufgrund seines explorativen Charakters schwerpunktmäßig in der qualitativ ausgerichteten Sozialforschung verorten, auch wenn insgesamt ein Methoden-Mix vorgenommen wurde. Eine differenzierte Betrachtung der qualitativen Prinzipien führt jedoch auch zu offenen und ungeklärten Fragen hinsichtlich der explorativen Erforschung des Untersuchungsgegenstandes „intelligenter & hybrider Lernräume“. Wie sollen Expert*innen visionäre und innovative Lernformate wie SLEs beschreiben, wenn es diese in der Welt des forschenden Subjektes noch gar nicht gibt? Wie können Ideen expliziert und verbalisiert werden, die ein entsprechendes Vorverständnis sowie enorme visionäre Vorstellungskraft im Hinblick auf den Untersuchungsgegenstand voraussetzen? In der qualitativen

Forschung geht es u. a. um die Rekonstruktion der alltäglichen, subjektiven Lebenswelten. Komplexe Lernformate wie SLEs sind alles andere als „alltäglich“, sondern sind visionäre und innovative Bildungskonzepte. Um in diesem Zusammenhang dem Untersuchungsgegenstand besser gerecht werden zu können, wurde das Untersuchungsdesign im Sinne eines Mixed-Methods Ansatzes, vor dem Hintergrund eines Design-Based Research Ansatzes durchgeführt. Design-Based Research ist eine besondere Ausprägung sozialwissenschaftlicher Forschung, die insbesondere auch triangulative Verfahren abbildet und seit den 1990er Jahren diskutiert sowie stetig weiterentwickelt wird. Eine nähere Darstellung des Design-Based Research Ansatzes erfolgt im nächsten Unterkapitel.

3.2 Explikation des Vorverständnisses

Da das Forschungsprojekt schwerpunktmäßig auf qualitative Methoden der Sozialforschung zurückgreift wird im nachstehenden Unterkapitel das Vorverständnis der Forscherin offengelegt, da dies ein Kriterium der Wissenschaftlichkeit darstellt. Mayring (2002) argumentiert die notwendige Offenlegung des Vorverständnisses damit, dass humanwissenschaftliche Gegenstände immer gedeutet und interpretiert werden müssen. Das bedeutet, dass diese Interpretationen nie voraussetzungslos möglich sind und das eigene Vorverständnis entsprechend die Interpretation beeinflusst (Mayring, 2002, S. 29). Hintergrund dieser Forderung sind die in Unterkapitel 3.1 geschilderten Herausforderungen in Bezug zur Objektivität, denen in qualitativen Verfahren durch systematische, regelgeleitete, kontrollierbare und transparente Forschungspraktiken begegnet wird.

In Anlehnung an Breuer wird im folgenden Abschnitt die Selbstreflexivität der Forscherin in den Prozess der Forschungsarbeit integriert, um die Fokussierung auf untersuchungsbegleitende Selbstreflexion als Erkenntnisquelle zu argumentieren (Breuer, 1996). Entgegen einer am nomothetischen Wissenschaftsideal orientierten Standardmethodologie (vgl. Abschnitt 3.1) wird im Folgenden die Rolle des Forscher-Subjekts im Erkenntnisprozess und -produkt beschrieben, obwohl diese in traditioneller, sozialwissenschaftlicher Forschung nicht anerkannt wird. Forscher-Subjektivität wird traditionell mit einem „Fehler-Verdikt“ belegt, wobei diese „Fehlerquelle“ durch methodische Kontrollmaßnahmen zu eliminieren bzw. einzugrenzen ist.

Die vorliegende Arbeit vertritt den Standpunkt, dass deduktive und induktive Anteile im Forschungsprozess durch eine reflektierte und selbstkritische Auseinandersetzung mit den Vorkenntnissen bei der Analyse der empirischen Phänomene

unterstützend wirkt. Diese Nützlichkeit manifestiert sich in einer methodologisch begründeten Explikation beider Komponenten, wobei die Reflexion im Untersuchungsprozess gezielt als Erkenntnismittel eingesetzt wird.

Das Verhältnis von Erkenntnis (Wissen, Theorie) und Erfahrung (Wahrnehmung, Beobachtung) ist einem solchem Verständnis nach durch wechselseitige Abhängigkeit gekennzeichnet. Demnach führt Erfahrung einerseits zu Wissen, andererseits leitet dieses Wissen unsere Nachforschungen in der Welt und strukturiert so unsere Erfahrung und Wahrnehmung. Dieser Auffassung folgend leiten kognitive Schemata das Subjekt und wirken so auf seine Erkundungsoperationen im Wahrnehmungsfeld, die die Selektion der verfügbaren Information steuern, wodurch wiederum die kognitiven Schemata modifiziert werden (ebenda, 1996).

Die Autorin Muckel (1996) argumentiert in diesem Zusammenhang, dass das Element der Selbstreflexivität in konstruktiver Weise integriert werden sollte. In wissenschaftstheoretischer Hinsicht würde dies zu epistemologisch bescheideneren Aussagen, zu einem differenzierteren Phänomenverstehen und zu einer greifbareren Form des Umgangs mit Maximen der Wissenschaftsethik führen (Muckel, 1996, S. 61). Auf dieser Argumentation aufbauend wird im folgenden Abschnitt die allegorische Figur der Subjektivität expliziert und die Rolle der Forscherin in der Praxis beschrieben, um deren Auswirkungen auf die psychologisch-interpretativen Forschungsergebnisse in transparenter Weise offenzulegen.

Wie bereits in Abschnitt 1.2.1 dargelegt, hat die Forscherin langjährige Erfahrungen im Bereich der (gestaltungsorientierten) Bildungsforschung, die sich insbesondere auf die Untersuchung von Veränderungen in der Bildungsarbeit beziehen, die durch das Internet der Dinge in Erscheinung treten. Als Co-Autorin einer BMBF-Studie war sie in diesem Zusammenhang als wissenschaftliche Mitarbeiterin für die Durchführung einer qualitativen Studie verantwortlich mit dem Ziel, Trendqualifikationen im Bereich Internet der Dinge mit Schwerpunkt auf Smart House zu identifizieren und in Qualifikationsprofilen der mittleren Qualifizierungsebene zu verdichten. Der Abschlussbericht wurde 2010 veröffentlicht und zählt in Deutschland zu einer der ersten bildungswissenschaftlichen Früherkennungsstudien mit Fokus auf das Internet der Dinge (Abicht et al., 2010).

Auf diese Publikation folgten weitere Veröffentlichungen, die sich mit veränderten Berufsbildern aufgrund der technologischen Veränderungen beschäftigten (Abicht et al., 2012; Abicht & Freigang, 2011).

Nach der Durchführung von 60 Experteninterviews mit insgesamt 76 Personen aus unterschiedlichen Smart House-Anwendungsfeldern wie Haustechnik, Sicherheitstechnik, Servicerobotik oder Unterhaltungselektronik, verfügte die Forscherin

zum einen über fundierte fachspezifische Kenntnisse zum Themenspektrum Internet der Dinge und Smart House sowie zum anderen über wissenschaftliche Kompetenzen in Bezug zur Leitfadenerstellung, Vorbereitung und Durchführung der Interviews, Auswertung und Synthese der Daten.

Der Transfer der wissenschaftlichen Erkenntnisse gelang über die erfolgreiche Akquise und Durchführung eines sich anschließenden Verbundprojektes mit dem Titel „Female Smart House Professionals“. Für die Konzeption, Antragstellung und Projektplanung war die Forscherin verantwortlich. Das Projekt „Female Smart House Professionals“ wurde vom 01.06.2011 bis 31.05.2013 aus Mitteln des BMAS und ESF gefördert.

Inhaltlich beschäftigte sich das Projekt mit wissenschaftlichen Methoden der Gewinnung und Qualifizierung von Frauen für Berufe im Umfeld von intelligenter Gebäudetechnik (Smart House). Das Projekt wurde von isw Institut gGmbH (ehemaliger Arbeitgeber der Forscherin) und SmartHome Initiative Deutschland e. V. initiiert und wurde von BITKOM e. V. unterstützt. Ziel des Projektes „Female Smart House Professionals“ war es, 18 Unternehmen im Wirtschaftszweig Smart House darin zu unterstützen, Mitarbeiter*innen gezielt für Smart House-Aufgabenfelder zu qualifizieren. Im Rahmen des Projektes wurden wissenschaftlich fundierte und arbeitsprozessorientierte Methoden der Personal- und Organisationsentwicklung entwickelt und angewendet. Das Bildungskonzept beruhte dabei auf drei Ebenen: (a) Workshops in den Betrieben (insbesondere zur Bedarfserhebung), (b) Lernbegleitung am Arbeitsplatz an realen Projekten sowie (c) Förderung des selbstorganisierten Lernens durch das Führen eines e-Portfolios und den Austausch in einer Online Community of Practice.

Das Projekt „Female Smart House Professionals“ wurde aufgrund des innovativen Lernsettings 2012 mit dem 2. Platz beim Deutschen Weiterbildungspreis ausgezeichnet. Dies verdeutlicht die starke anwendungsorientierte Haltung der Forscherin sowie ihre fundierten Kompetenzen in Bezug zur Gestaltung innovativer, arbeitsplatzorientierter und selbstgesteuerter Lernformate. Eine Publikation, die innovative Qualifizierungsformate am Beispiel des Projektes „Female Smart House Professionals“ aufzeigt, wurde in 2013 veröffentlicht (Abicht & Freigang, 2013).

Bereits in ihrem erziehungswissenschaftlichen Studium mit Schwerpunkt auf Erwachsenenbildung sah sich die Forscherin in den Themenfeldern eLearning, Wissensmanagement, Qualitätsentwicklung in der betrieblichen Weiterbildung und Arbeits- und Organisationspsychologie verwurzelt. Diese Kenntnisse vertiefte sie auch über das Ende des Studiums hinaus durch kontinuierliche Weiterbildungen, die sich überwiegend mit Social Media, neuen Lernformen und neuen Technologien auseinandersetzten. Im Folgenden ist eine Auswahl an Qualifizierungsaktivitäten aufgeführt (Tabelle 3.1):

Tabelle 3.1 Auswahl an Qualifizierungsaktivitäten der Forscherin (Vorverständnis)

Jahr	Kurs/ Event	Organisator	Funktion
2007	Game Based eVideo	Anja C. Wagner (HTW)	Teilnehmerin
2009	Marketing 2.0	Anja C. Wagner (HTW)	Teilnehmerin
2010	Design 2.0	Anja C. Wagner (HTW)	Teilnehmerin
2012	Opcol2	e-teaching.org und IWM Institut für Wissensmedien	Teilnehmerin
2013	Coer13	e-teaching.org	Teilnehmerin
2013/2014	SOOC1314: Lernen & Lehren mit Social Media	TU Dresden/TU Chemnitz/ Universität Siegen	Teilnehmerin
2015	CL20: Corporate Learning 2.0	Karlheinz Pape (Corporate Learning Alliance)	Teilnehmerin
2015	CLC15: Corporate Learning BarCamp – Lernen gestalten	Karlheinz Pape (Corporate Learning Alliance)	Eigene Session zu: Bedürfnisse der Lernenden
2015	Datenspuren: Privatsphäre im Zeitalter von IoT	Chaos Computer Club	Durchführung eines Workshops zu „IoT in Education“
2015	Ada Lovelace Festival	Euroforum	Teilnehmerin und Redaktionelle Mitarbeit beim Kongressbericht
2016	Quo Vadis Deep Learning Konferenz	Golem	Teilnehmerin
2016	Unicorns in Tech Festival	Unicorns in Tech Community (Stuart Cameron, CEO Uhlala GmbH)	Teilnehmerin
2016	MOOC Arbeiten 4.0	FlowCampus (Anja C. Wagner)	Unterstützung als Expertin für „IoT in Education“
2016	CLC16: Corporate Learning BarCamp – Lernen gestalten	Karlheinz Pape (Corporate Learning Alliance)	Eigene Session zu: Prototyping Smart Learning Environments

(Fortsetzung)

Tabelle 3.1 (Fortsetzung)

Jahr	Kurs/ Event	Organisator	Funktion
2016	DeLFI: Deutsche eLearning Fachtagung Informatik	Gesellschaft für Informatik e. V. (GI), Universität Potsdam (Prof. Ulrike Lucke)	Poster-Präsentation: Lernende Organisation durch die Gestaltung interdisziplinärer Zusammenarbeit
2016	Tagung Future Workplace & Office	Euroforum	Teilnehmerin und Redaktionelle Mitarbeit beim Kongressbericht
2017	Unicorns in Tech Festival	Unicorns in Tech Community (Stuart Cameron, CEO Uhlala GmbH)	Teilnehmerin
2017	WearIT Festival	Thomas Gnahm Founder Wear It Berlin	Teilnehmerin
2017	Corporate Learning MOOCathon	Karlheinz Pape, Simon Dückert u. a. (Corporate Learning Alliance)	Teilnehmerin
2017	CLC17: Corporate Learning BarCamp – L&D in the Digital Age”		Eigene Session zu: Design Sprints als Methode zur Entwicklung innovativer Lernumgebungen wie Smart Learning Environments
2017	Change Congress – Science Slam	Handelsblatt Fachmedien	Vortrag zur Dissertation im Rahmen eines Science Slam
2017	GeNeMe 2017	TU Dresden	Vortrag zur Dissertation
2017	DGfE Fachtagung „Universität 4.0“	DGfE	Vortrag zu Rollenverhältnissen in mediatisierten Lehrsituationen
2018	International Conference of Smart Learning Environments (ICSL), Peking	IASLE, Smart Learning Institute Beijing, University of North Texas (UNT), CITILab China	Vortrag & Poster Session zu Ergebnissen der Dissertation (SLE-Framework)

Parallel zu oben aufgeführten Weiterbildungen wurden darüber hinaus regelmäßig stattfindende Messen & Kongresse wie z. B. Didacta, Re:publica, Learntec, Online Educa, CeBIT und IFA besucht. Zur Reflektion und Dokumentation der eigenen Lernprozesse nutzte die Forscherin seit 2011 intensiv den Mikrobloggingdienst Twitter (@EduOrakel) sowie seit 2013 das Open-Source Content Management System WordPress zur Erstellung eigener Blogbeiträge. Zu einigen der oben aufgeführten Weiterbildungsaktivitäten lassen sich entsprechende Reflektionen und Dokumentationen auf dem Blog finden. Demnach verfügt die Forscherin über umfassende Kompetenzen im Einsatz von Social Media, die sich speziell im Bereich des persönlichen Wissensmanagements manifestieren. Eine vertiefte Auseinandersetzung zum Zusammenhang zwischen Social Media Tools und der eigenen Wissensarbeit erfolgte im Rahmen einer Publikation zum Thema Personal Learning Environment in der Fachzeitschrift „wissensmanagement – Das Magazin für Führungskräfte“ (Freigang, 2014).

Ausschlaggebende Praxiserfahrungen, die ergänzend zu oben aufgeführten Erfahrungen das Vorverständnis der Forscherin prägten, war das Engagement auf dem ersten deutschen „IoT-Hackathon im Bildungsbereich“, auf welchem die Forscherin im Rahmen einer Keynote einen Vortrag zum Thema „Smart Learning Environments“ hielt und anschließend die Hackathon-Teams in der Entwicklung intelligenter Lernformate unterstützte. Der Hackathon wurde von der Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) im November 2016 durchgeführt. Darüber hinaus leitete sie eine Forschungswerkstatt am Institut für Informatik an der Volkswagen AutoUni zum „Arbeitsplatz der Zukunft“ (Augsten & Freigang, 2016) und begleitete die agile Softwareentwicklung bei Bosch Software Innovations im Hinblick auf die Entwicklung von IoT-Services und Produkten als technische Redakteurin.

Parallel zur laufenden Forschungsarbeit beteiligte sich die Forscherin regelmäßig an wissenschaftlichen Konferenzen (vgl. Tabelle 3.1), indem sie Beiträge zur aktuellen Forschungsarbeit verfasste und im Rahmen von öffentlichen Publikationsaufrufen („Call for Paper“) einreichte. Auf der wissenschaftlichen Konferenz „GeNeMe 2017“ publizierte sie gemeinsam mit weiteren Co-Autoren einen aktuellen Stand zur Dissertation (Freigang, Schlenker & Köhler, 2017). Darauf folgte in 2018 eine internationale Publikation in der Springer Reihe zu Lecture Notes in Educational Technology. Der eingereichte Beitrag (Freigang, Schlenker & Köhler, 2018) wurde im Rahmen einer Poster-Session auf der International Conference of Smart Learning Environments im März 2018 in Peking vorgestellt.

Das offengelegte Vorverständnis zeigt, dass sich die Forscherin kontinuierlich, zielorientiert und konsequent mit neuen Technologien und deren Auswirkungen

im Bildungsbereich auseinandersetzt. Im Rahmen einer transparenten und auf Partizipation ausgerichteten Methodik werden die aktuellen Forschungserkenntnisse regelmäßig auf einem Weblog dokumentiert und reflektiert. Dabei wird die wissenschaftliche Community aktiv eingeladen, um sich am Erkenntnisprozess zu beteiligen. Entsprechend bietet diese Plattform im Internet in Form des Weblogs weiterführende und detailliertere Informationen und liefern ein umfassendes Bild über die Forscherin und ihre subjektiven Erfahrungen im Forschungsprozess.

3.3 Design-Based Research als gestaltungsorientierter Forschungsansatz

Da die Perspektive des Innovierens und Gestaltens im vorliegenden Forschungsprojekt einen sehr hohen Stellenwert einnimmt und in den traditionellen Paradigmen und Methoden keine entsprechende Berücksichtigung findet, wird im Folgenden auf Design-Based Research eingegangen und begründet, warum dieser Ansatz eine passende forschungsmethodische Grundlage bildet, die in abgeschwächter Form angewendet werden konnte.

Im Vergleich zu den eingangs eingeführten wissenschaftstheoretischen Grundpositionen, die auf eine lange Tradition wissenschaftlicher Auseinandersetzung zurückblicken können, nimmt der Design-Based-Research-Ansatz eine vergleichsweise neue Haltung im wissenschaftstheoretischen Diskurs der Lehr- und Lernforschung ein.

Leslie Ann Brown (1992) und Alan Collins (1992) haben Anfang der 1990er Jahre erstmals einen Zusammenhang zwischen Design und Bildung herausgearbeitet. Seitdem wird der gestaltungsorientierte Forschungsansatz insbesondere dann in der Lehr- und Lernforschung angewendet, wenn es darum geht, nachhaltige Innovationen (innovative learning environments) im Bildungsbereich hervorzubringen (The Design-Based Research Collective, 2003).

Design-Based Research (DBR) wird von den Autoren Wang und Hannafin (2005, S. 6 f.) wie folgt definiert:

„Design-Based Research is a systematic but flexible methodology aimed to improve educational practices through iterative analysis, design, development, and implementation, based on collaboration among researchers and practitioners in real-world settings, and leading to contextually-sensitive design principles and theories.“

Demnach wird DBR als eine systematische und flexible Methode verstanden, die in enger Anlehnung an Design Prinzipien und Theorien, auf eine Verbesserung der Bildungspraxis abzielt, indem Analyse, Gestaltung, Entwicklung und Implementierung iterativ durchlaufen werden und gleichsam in einem Prozess der Zusammenarbeit zwischen Forschern und Praktikern unter realen Anwendungsbedingungen erfolgt. Forscher aus dem DBR-Ansatz wollen etwas bewirken, sie verschreiben sich geradezu der kontinuierlichen Verbesserung der Bildungspraxis. Insofern liegt dem DBR-Ansatz eine starke Anwendungs- und Handlungsorientierung zugrunde, indem ein Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Bildungspraxis bereits im Forschungsprozess durch enge Rückkopplungsprozesse systematisch unterstützt wird. Als Ergebnis einer gestaltungsorientierten Bildungsforschung entstehen bei Anwendung von DBR-Ansätzen durch die Generalisierung von Design-Lösungen „Design-Frameworks“, die als Leitlinien zur Gestaltung innovativer Lernumgebungen dienen (Reinmann, 2005).

Damit versucht der DBR-Ansatz, der wachsenden Komplexität von Lehr-Lernsituationen gerecht zu werden, die dadurch gekennzeichnet ist, dass eine Vielzahl an wirksamen Variablen existieren, deren unzähligen Interaktionen mit wiederum anderen Variablen in Zusammenhang stehen und der experimentellen wie auch der korrelativen Forschung klare Grenzen setzt. Dem Praktiker nutzen wissenschaftliche Aussagen relativ wenig, wenn die Statistik kausale Zusammenhänge einer kleinen Anzahl an Variablen „beweist“, die nur für eine klar definierte Zielgruppe in einer ganz genau abgegrenzten Situation Gültigkeit haben (vgl. ebenda).

Weiterhin argumentiert Reinmann (2005), dass der in vielen akademischen Bereichen vorherrschende „belief-mode“ welcher sich auf die Überprüfung von Wissen und auf Beweisführung durch den Beleg von „Wahrheit“ (oder Wahrscheinlichkeit) konzentriert (vgl. quantitatives Paradigma Abschnitt 3.1), nicht dazu geeignet ist, Innovation zu entwickeln. Ziel von DBR ist es nicht, einen Beweis zu führen, sondern Lernforschung zum Zweck der Innovation zu betreiben. Entsprechend wird nach neuen Anwendungsmöglichkeiten gesucht, die einen schöpferischen Prozess („design-mode“ umfassen. Der „design-mode“ wie man ihn aus der Arbeitswelt kennt, fokussiert weniger auf Wissen und Wahrheit als vielmehr auf Nützlichkeit und Passung sowie auf künftige Potenziale. Auf neue Ideen reagiert man im „design-mode“ mit der Suche nach möglichen Anwendungen, nach passenden Kontexten und nach Verbesserungsmöglichkeiten. Dabei schließen sich beide „Modi“ nicht aus. Der „belief-mode“ begleitet den „design-mode“ an geeigneten Stellen im Prozess und führt zu einer Flexibilität, die im akademischen Bereich nicht immer anerkannt wird (vgl. Limitationen Abschnitt 4.3).

DBR zeichnet sich dadurch aus, dass der Forscher beide Sichtweisen verbindet, die des Wissenschaftlers wie auch die des Designers bzw. Gestalters. Die Autoren Wang und Hannafin (2005) sprechen in diesem Zusammenhang von einer „hybriden Methode“, welche klassische Forschungsmethoden wie z. B. Literaturanalysen, Experteninterviews, Beobachtung, Fragebogen etc. mit Methoden aus dem Design kombinieren. Eine seit einigen Jahren sehr populäre Methode aus dem Designbereich ist „Design Thinking“ (DT). Diese Methode ist durch einen iterativen Zyklus gekennzeichnet, der aus den Phasen Problemdefinition und Re-Definition, Need Finding und Synthese, Ideengenerierung, Prototyping und Storytelling sowie Testen besteht (Uebernicketl et al., 2015). Die einzelnen Phasen bzw. Begrifflichkeiten werden in der Design-Thinking-Literatur nicht stringent verwendet, sondern variieren in einem überschaubaren Maß. Ein zentrales Merkmal der Methode ist eine starke Fokussierung auf den Nutzer*innen und das Verstehen von Bedürfnissen und Problemen, um darauf aufbauend sinnvolle Lösungen zu gestalten. Ein gängiger, iterativer Gestaltungsprozess des Design Thinkings sieht dabei insgesamt sechs Phasen vor, die in der folgenden Grafik veranschaulicht sind (Abbildung 3.1).

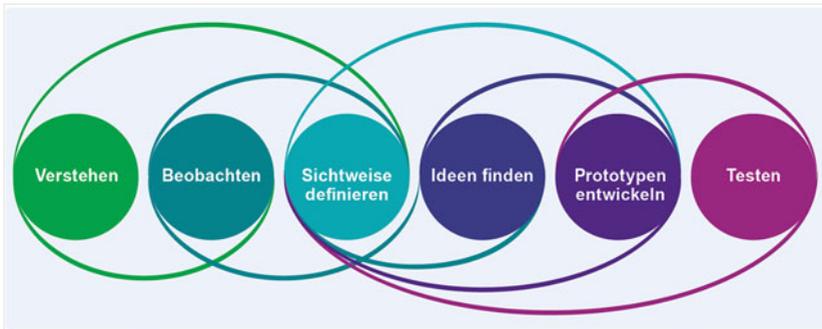


Abbildung 3.1 Der Design Thinking Prozess des HPIs (Quelle: HPI)

Design-Thinking ist mittlerweile zu einer Art Trend geworden, der dazu führt, dass etliche Organisationen unter dem Druck der Digitalisierung Design-Thinking Workshops durchführen lassen, um mit dieser Methode einen Weg in Richtung „Transformation“ zu beschreiten. Die derart hochgesteckten Ziele führten in der jüngsten Vergangenheit dazu, dass Design-Thinking stellenweise „belächelt“ wurde. Eine umfassende Darstellung der Gründe wäre an dieser Stelle zu weitführend.

Die Grundprinzipien des DTs lassen sich jedoch auch auf Design-Methoden zurückführen, die insgesamt eine längere Entwicklungsgeschichte und Fundierung mitbringen. Die Prozesse und Arbeitsweisen des DTs lassen beispielsweise deutliche Überschneidungen zum Human-Centered Design (HCD) erkennen. Giacomini (2014) definiert den menschenzentrierten Gestaltungsansatz wie folgt:

„Human centred design is an approach to systems design and development that aims to make interactive systems more usable by focusing on the use of the system and applying human factors/ ergonomics and usability knowledge and techniques. ISO 9241–210 specifically recommends six characteristics:

- The adoption of multidisciplinary skills and perspectives
- Explicit understanding of users, tasks and environments
- User-centred evaluation driven/refined design
- Consideration of the whole user experience
- Involvement of users throughout design and development
- Iterative process.“

Die Ursprünge des HCDs lassen sich in den Disziplinen Wirtschaftswissenschaften, Informatik und Künstlicher Intelligenz verorten (vgl. ebenda). Entsprechende internationale ISO Normen aus den Jahren 1999 und 2010 (ISO 9241–2010 und ISO 13407:1999) verweisen auf diese Entwicklungsgeschichte. Deutliche Querverbindungen gibt es im Hinblick auf die Entwicklung von Technology Enhanced Learning Environments (TELEs). Wang und Hannafin (2005, S. 12) verweisen auf das besondere Potenzial des DBR-Ansatzes für TELEs, da die Mehrheit der entwickelten Systeme aufgrund der nicht geeigneten theoretischen Fundierung ihre Ziele verfehlten. Diese Kritik teilen auch die Autoren Chatti, Agustiawan, Jarke und Specht (2012, S. 66) und fordern eine stärkere Fokussierung auf lernendenzentrierte Modelle:

„Most current TEL initiatives still take a centralized technology-push approach in which learning content is pushed to a predefined group of learners in closed environments. A fundamental shift toward a more open and learner-pull model for learning is needed.“

Smart Learning Environments sind TELEs, die einer ganzheitlichen Betrachtung unterzogen werden müssen, wenn die Entwicklung und Implementierung systematisch an den Bedürfnissen der Lernenden anknüpfen soll. In diesem Zusammenhang wird im Rahmen der DBR-Theorie ein sehr hoher Stellenwert auf die Berücksichtigung des jeweiligen Kontextes gelegt (Anderson & Shattuck, 2012; The Design-Based Research Collective, 2003; Wang & Hannafin,

2005). In den Wirtschaftswissenschaften wird dieser Umstand im Rahmen der Information Systems Design Diskussionen geführt und spiegelt sich in soziotechnischen Gestaltungsansätzen wie des Information Systems Research Framework von Hevner et al. (2004) wider, die in Abschnitt 3.4 näher erläutert werden.

Das iterative Vorgehen im DBR-Ansatz (The Design-Based Research Collective, 2003) mit einer systematischen Verknüpfung von theoretischen Grundlagen, ersten Entwürfen und Rückkopplung in der Praxis hat sich für das vorliegende Forschungsprojekt als geeignete Methode dargestellt, um den Untersuchungsgegenstand systematisch zu untersuchen und darauf aufbauend handlungsorientierte Methoden und Werkzeuge zu entwickeln.

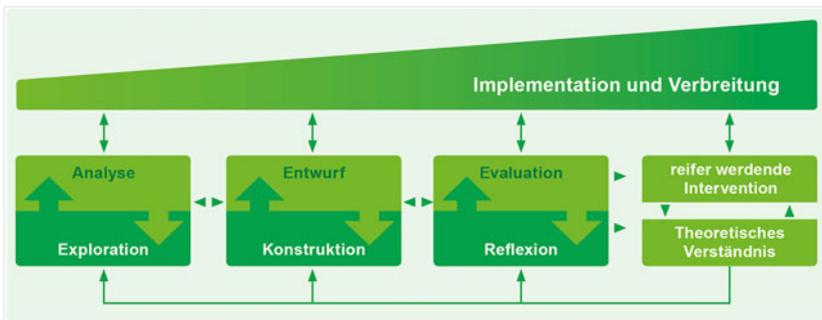


Abbildung 3.2 Iterative Phasen des DBR-Ansatzes (nach McKenney & Reeves, 2013)

Damit findet die Entwicklung und Forschung in kontinuierlichen Zyklen von Gestaltung, Durchführung, Analyse und Re-Design statt. Innovation, Analyse und Revision wechseln also einander ab. Dabei spielt Design und die Gestaltung bzw. Visualisierung von Entwürfen, Ideen, Abläufen, Kontexten oder Modellen eine zentrale Rolle. Es werden hypothetische Modelle entworfen, analysiert und iterativ überprüft, korrigiert und weiterentwickelt. Diese Schritte sind charakteristisch für DBR, insbesondere, dass der Entwurf bereits Teil des Forschungsprozesses ist und dieser nicht vor- bzw. nachgelagert wird (vgl. Abbildung 3.2).

Typisch für DBR ist darüber hinaus, dass nicht das methodische Verfahren oder Paradigma, sondern das forschungsleitende Ziel im Mittelpunkt steht. Von daher kommen in der Regel integrative, triangulative Verfahren durch Mischung aus quantitativen und qualitativen Methoden zum Einsatz (Anderson & Shattuck, 2012; Reinmann, 2005; Wang & Hannafin, 2005), auch wenn DBR grundsätzlich

explorativ angelegt und überwiegend in der Tradition qualitativer und konstruktivistischer Paradigmen steht (vgl. ebenda). Insofern kann auch an dieser Stelle ein für das vorliegende Forschungsprojekt stimmige und gegenstandsangemessene Forschungsmethodik im DBR-Ansatz erkannt werden.

Die Anwendung von Design-Arbeitsweisen im Forschungsprozess im Sinne des DBR bedingt ein systematisches und regelgeleitetes Vorgehen. Insofern werden in Anlehnung an Reinmann (2005) abschließend Prinzipien aufgeführt, die im Rahmen des Forschungsprojektes berücksichtigt wurden (Abbildung 3.3):



Abbildung 3.3 Design-Based Research Prinzipien (nach Reinmann 2005)

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass DBR vorausschauend und reflektierend zugleich verläuft. Vorausschauend, weil Designs vor dem Hintergrund hypothetischer Lernprozesse und auf der Basis theoretischer Modelle implementiert und untersucht werden, reflektierend, weil Annahmen im Forschungsprozess analysiert und (mehrfach) überprüft werden. DBR eignet sich insbesondere durch folgende Überschneidungen zum vorliegenden Forschungsprojekt:

- Starker Bezug zum Thema Design und Architektur
- Gestaltung von Bildungsinnovationen als Ziel
- Handlungs- und anwendungsorientierter Bezugsrahmen
- Entwicklung von Technology Enhanced Learning Environments
- Theoriegeleitetes Vorgehen

- Entwurf hypothetischer Modelle, die in der Praxis validiert werden
- Ganzheitliche, soziotechnische Perspektive, die den Kontext erfasst
- Entwicklung eines Design-Frameworks
- Anwendung integrativer Forschungsverfahren (Triangulation)

Eine differenzierte Auseinandersetzung, ob es sich bei DBR um eine Methode, einen Forschungsansatz oder um ein epistemologisches Paradigma handelt ist in der aktuellen theoretischen Literatur bisher nicht eindeutig erfolgt. Demnach wird der DBR-Begriff in unterschiedlichen Kontexten verwendet.

Im vorliegenden Forschungsprojekt fungiert DBR als eine konkretisierte Erweiterung der wissenschaftstheoretischen Positionierung aus Abschnitt 3.1, indem es das theoretische und methodische Fundament für die Forschungsarbeit legt. Dabei können aus ökonomischen Gründen jedoch nur Teilmengen des DBR Ansatzes abgebildet werden, die den Zyklus in abgeschwächter Form nur einmal durchlaufen. Die Adaption des DBR-Ansatzes erfolgte durch eine gezielte Verschränkung mit den einzelnen Phasen des Untersuchungsdesigns (vgl. Abschnitt 3.5, Abbildung 4.6. Dabei wurde die Analyse und Exploration durch die Literaturanalysen abgebildet, die dann innerhalb der Konstruktionsphase in einen ersten Modellentwurf überführt wurden. Im Rahmen des Fokusgruppen-Workshops wurde der erste Entwurf einer Evaluation durch Praxisexperten unterzogen. Eine weitere Validierung mit Fachexperten aus dem wissenschaftlichen Umfeld rundete die Evaluation ab, so dass im Rahmen einer Auswertung und Reflexion ein Re-Design der Modellierung angefertigt werden konnte.

Dementsprechend kam kein klassisches DBR zum Einsatz, indem Prototypen in echten Praxissituationen wieder und wieder getestet sowie re-designed werden konnten. Es wurden nur Teilelemente im Rahmen der Teilstudie 1, der Experteninterviews sowie der Teilstudie 2 übernommen. Als Brücke zwischen Bildungswissenschaften und Informationstechnologie fungiert DBR als eine wertvolle Methode, um menschenzentrierte Bildungsinnovationen entwickeln zu können. Insofern wird die methodische Grundidee auch nach Abschluss der vorliegenden Forschungsarbeit weitergeführt, indem im Sinne einer ganzheitlichen Systemgestaltung das Konzept zur SLE Entwicklung in Form eines Design Sprints aufgegriffen und die Nutzung des Modells in der Praxis geplant ist, um SLEs gemäß dem Zyklus des DBR folgend, iterativ zu designen, zu prototypen, zu testen, zu modifizieren und letztlich auch informationstechnisch zu entwickeln.

3.4 Modellierung

Aufbauend auf dem theoretischen Fundament des DBR-Ansatzes wird die Modellierung als eine gestaltende Analysemethode für die vorliegende Forschungsarbeit verwendet und bildet damit die Phase des Entwurfes und der Konstruktion ab. Die Modellierung reduziert die Komplexität des Untersuchungsgegenstandes, indem Kernbereiche extrahiert und jene Merkmale gebündelt werden, die im Rahmen des Gestaltungsprozesses von SLEs relevant sind. Innerhalb des DBR Ansatzes spricht man in diesem Zusammenhang von „Abduktion“, um komplexe Sachverhalte neu zu ordnen und Zusammenhänge herauszuarbeiten.

Wie in den vorhergehenden Abschnitten dargelegt, unterstützen Smart Learning Environments Prozesse der Wissensgenerierung, indem sie auf adaptive und ubiquitäre Art und Weise mit Informationen umgehen und diese bedarfsorientiert sowie kontextbezogen den Nutzer*innen bereitstellen. Demzufolge sind SLEs hoch moderne Informationssysteme und damit Teil des sogenannten Informationsmanagements (Blendinger & Herden, 2009). Darüber hinaus werden Informationssysteme, also auch SLEs, als soziotechnische Systeme bezeichnet, wobei die Interdependenzen der sozialen, technischen und organisationalen Subsysteme zum Tragen kommen (Borowiak & Herrmann, 2011). Da für das Informationsmanagement die Bildung von Modellen von essentieller Bedeutung ist, wird im Folgenden auf die Modellierung von Smart Learning Environments eingegangen.

Dabei werden zunächst in Abschnitt 3.4.1 theoretische Grundlagen gelegt und relevante Zusammenhänge skizziert. Das Unterkapitel 3.4.2 erörtert auf dieser Basis unterschiedliche Frameworks bzw. Meta-Konzepte zu Modellierungsverfahren aus unterschiedlichen Fachrichtungen und prüft diese auf ihre Tauglichkeit für die vorliegende Untersuchung. Das Unterkapitel schließt in Abschnitt 3.4.3 mit einer begründeten Darstellung des eigenen Modellentwurfs.

Da eine detaillierte und umfassende Darstellung der Modellierung in soziotechnischen Systemen den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen würde, sollen im Folgenden nur die wichtigsten theoretischen Eckpfeiler skizziert werden, die im Rahmen des eigenen Modellentwurfes von SLEs relevant waren.

3.4.1 Modellierung in Soziotechnischen Systemen

Allgemein bezeichnet man als System eine gegenüber der „Umwelt“ abgegrenzte Gesamtheit von Elementen, zwischen denen Beziehungen bestehen. Durch

diese Beziehungen und die Abgrenzung zur Umwelt – aber auch zu anderen Systemen – kann ein System als Einheit behandelt werden, z. B. eine Maschine, eine Organisation, eine Institution. Eine (Arbeits-)Organisation wird aufgrund ihrer sozialen und technischen Elemente als „soziotechnisches System“ bezeichnet.

Der Begriff „soziotechnisches System“ geht auf den soziotechnischen Gestaltungsansatz des englischen Tavistock Institutes in den 1950er Jahren zurück (Herrmann, 2003). Dieser Ansatz zielte auf die Optimierung sozialer und technischer Systeme. Dabei wurde jedes System als unabhängig begriffen, mit eigenen Regeln und Zwecken, im Produktionsprozess jedoch als voneinander abhängig. Enid Mumford erweiterte den Begriff um informationstechnische Systeme. Demnach meint soziotechnisches Design den Versuch, die sozialen und technischen Anforderungen bei der Gestaltung und Entwicklung eines neuen Arbeitssystems aufeinander abzustimmen und in einem ausgewogenen Verhältnis zu berücksichtigen (Mumford, 2006).

Der deutsche Soziologe Niklas Luhmann hat sich in umfassender Weise dem Begriff des sozialen Systems gewidmet und im Rahmen seiner Systemtheorie, die Funktionsweise sozialer Systeme umfassend analysiert und beschrieben. Nach Luhmann bestehen Soziale Systeme nicht aus Menschen, auch nicht aus Handlungen, sondern aus Kommunikationen (Luhmann, 1984). Luhmanns soziologische Systemtheorie schließt an die allgemeine Theorie selbstreferentieller Systeme an. Danach hat jedes System einen eigenen Reproduktionsmechanismus (autopoietisch) und ist durch eine Selbstbezüglichkeit (selbstreferentiell) gekennzeichnet. In Bezug auf Organisationen bedeutet dies, dass diese zwar mit ihrer Umwelt kommunizieren, aber letztlich geschlossene, selbstreferentielle und autopoietische Systeme darstellen (Herrmann, 2003).

Unter dem Begriff „Modellierung“ (Synonym „Gestaltung“) versteht man im Allgemeinen die Konstruktion eines Ideal- oder Sollmodells aus der zweckbezogenen Sicht eines oder mehrerer Modellierer. Die Gestaltung eines Modells ist eine Abstraktion der Wirklichkeit. Ziel der Modellbildung ist es, Informationen über ein Original zu erschaffen (vgl. Stachowiak, 1973, S. 131 ff.). Die Erstellung von Modellen erfolgt im Rahmen einer intensiven Informationsarbeit, deren Leistung für den Modellersteller vor allem darin liegt, Modelle, also Informationen, zu erschaffen und für andere nutzbar zu machen (Blendinger & Herden, 2009). Die Modellierung umfasst dabei die drei Prozessschritte Konstruieren, Rekonstruieren und Entwerfen von Modellen (vgl. ebenda).

In der Literatur werden der Modellbegriff und Modellierungsverfahren unterschiedlich verstanden. Je nach vorherrschender Fachdisziplin gibt es unterschiedliche Ansätze, die im folgenden Abschnitt beleuchtet und im Kontext des Untersuchungsgegenstandes interpretiert werden sollen. Ziel ist es dabei, eine

fundierte Modellierungstheorie zu identifizieren, die für den eigenen Modellentwurf adaptiert werden kann, um im Gesamtergebnis eine systematische und wissenschaftlich fundierte Modellierung gewährleisten zu können.

3.4.2 Modellierungsverfahren

Gemäß dem für die Forschungsarbeit gewählten interdisziplinären Zugangs konnten im Hinblick auf Modellierungsverfahren unterschiedliche Ansätze aus der Literatur entnommen werden (vgl. Abbildung 3.4).



Abbildung 3.4 Modellierungsverfahren in einem interdisziplinären Vergleich (Quelle: Eigene Darstellung)

Die Abbildung stellt dabei keine umfassende Darstellung vorhandener Ansätze zur Modellbildung dar, sondern dient lediglich einer ersten interdisziplinären Annäherung. Da sich die vorliegende Forschungsarbeit schwerpunktmäßig in der Disziplin der Bildungswissenschaft verortet und ein SLE letztlich auch als innovatives Bildungsmodell der Zukunft interpretiert werden kann, wurden zunächst einmal bildungswissenschaftliche Lernmodelle identifiziert, um so Merkmale und Anforderungen an Modellierungsverfahren bei der Gestaltung von Lernmodellen extrahieren zu können. Die Autoren Celik & Magoulas (2016) haben in einem systematischen Literature Review Modelle und Ansätze untersucht und zusammengetragen, die als Grundlage für die Gestaltung von Lernangeboten

dienten. Da in den vergangenen Jahren insbesondere auch die Entwicklung digitaler Lernformate in ihrer Bedeutung zugenommen hat, sind entsprechend relevante Modellierungsverfahren zu erwarten.

Im Ergebnis identifizieren Celik & Magoulas (2016) insgesamt 14 unterschiedliche Modelle, Vorlagen, Infrastrukturen, Paradigmen, Prinzipien, Frameworks und Ansätze, die zur Gestaltung von Lernangeboten genutzt wurden (vgl. Abbildung 3.5):

ID	Author(s) and dates	Approach name	Type of the approach
A1	Pérez-Sangustín et al. (2012) [5]	4SPPlces	Conceptual framework
A2	Laurillard (2012) [6]	Conversational Framework	Framework
A3	Pozzie et al. (2016) [7]	4Ts	Model
A4	Chatti et al. (2010) [8]	3P	Model
A5	Walmsley (2015) [9]	The e-Design Template	Template
A6	Gagnon and Collay (2005) [10]	Six Elements	Model
A7	Wang et al. (2013) [11]	Constructive alignment	Principle
A8	Kali et al. (2009) [12]	Design Principles Database	Infrastruktur
A9	Mor (2011) [13]	Design Narrative	Paradigm
A10	Conole (2014) [14]	7Cs	Approach
A11	Emin (2008) [15]	ISIS	Approach
A12	Sener (2005) [16]	Quality Matters	Rubric
A13	Smyth (2012) [17]	3E	Framework
A14	Hung (2014) [18]	Learning Ecosystem	Model

Abbildung 3.5 Überblick zu Lernmodellen (Quelle: Celik & Magoulas 2016)

Dabei wird bereits eine sehr heterogene Terminologie deutlich. In Abbildung 3.5 wurden darüber hinaus weitere gängige Lernmodelle ergänzt, die insbesondere im deutschsprachigen Raum zitiert werden.

In einer ersten Bewertung des Literature Review konnte festgestellt werden, dass es sich dabei zwar um sehr bekannte Modelle wie z. B. das Constructive Alignment handelt, die sich allerdings von der Ausrichtung und Zielstellung her nur in Teilen oder gar nicht auf das Konzept von SLEs übertragen lassen.

In einer weiteren Bewertungsschleife wurden die unterschiedlichen „Modelle“ näher untersucht. Dabei konnte festgestellt werden, dass sich das „3P Learning Modell“ (A4) als inhaltlich relevant im Zusammenhang der Gestaltung von SLEs darstellt, da sich dieses explizit an die Gestaltung von TELE richtet. Die Autoren Chatti, Jarke & Specht (2010, S. 1) beschreiben das Modell folgendermaßen:

„The 3P learning model is a vision of learning characterized by the convergence of lifelong, informal, and personalized learning within a social context. The 3P

learning model encompasses three core elements: Personalization, Participation and Knowledge-Pull.“

Das Vorgehen der Modellierung basiert auf der Identifizierung von insgesamt fünf Erfolgsfaktoren, die das Lernen positiv beeinflussen. Dabei wurden die Erfolgsfaktoren anhand einer Literatur herausgearbeitet, die konnektivistische und konstruktivistische Annahmen repräsentieren. Grundlage des 3P Modells sind die folgenden Erfolgsfaktoren (Chatti et al., 2010):

- Learning is personal and self-directed
- Learning is social
- Learning is open
- Learning is emergent
- Learning is driven by Knowledge-Pull

Im Ergebnis präsentieren Chatti, Jarke & Specht (2010) ein Lernmodell, das o.a. Erfolgsfaktoren mit den Herausforderungen des lebenslangen Lernens, des informellen Lernens, des personalisierten und netzbasierten Lernens verschränkt. Dabei ist festzustellen, dass die Erfolgsfaktoren nicht zu 100 % identisch in das visualisierte Modell übernommen wurden und dass der Faktor „Learning is open“ im Modell als „distributed“ dargestellt wurde.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das 3P Learning Model zwar Anknüpfungspunkte bietet, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung in Kapitel 2 abgebildet sind, jedoch in Bezug zum Untersuchungsgegenstand auf Grundlage einer soziotechnischen Perspektive keine Modellierungshilfe darstellt. Eine genauere Betrachtung der anderen Ansätze lieferte ähnliche Ergebnisse, so dass im Folgenden insbesondere auf die Allgemeine Modelltheorie nach Stachowiak (1973) sowie das Information Systems Research Framework nach Hevner (2004) eingegangen wird.

Im Sinne der Allgemeinen Modelltheorie (AMT) nach Stachowiak (1973) ist ein Modell als Repräsentation eines Originals im Sinne eines Abbildes oder Vorbildes für etwas zu verstehen. Der Prozess des Modellierens erfolgt durch rekonstruieren, entwerfen sowie konstruieren. Dabei wird durch den „Modellerschaffer“ die Annahme getroffen, dass eine Transformation eines gegenwärtigen Originals in einen veränderten Zustand in der Zukunft möglich ist. Stachowiak unterscheidet drei Merkmale auf (1973, S. 131 ff.):

- Repräsentationsmerkmal

Modelle sind Repräsentationen von natürlichen oder künstlichen Originalen, die ebenfalls Modelle sein können. Dabei werden Modelle als Attributklassen interpretiert, die attributierte Systeme beschreiben.

- Verkürzungsmerkmal

Im Allgemeinen werden durch Modelle nicht alle Attribute des Originals erfasst. Modelle repräsentieren damit einen Vorbereich unter Vernachlässigung sog. präierter Attribute, die im Hinblick auf den Verwender und den vom Modellierer verfolgten Zweck irrelevant sind. Die Auswahl der benutzten Attribute in einem Modell unterliegt Relevanzbedingungen, die durch den Modellerschaffer definiert und durch den Modellbenutzer interpretiert werden. Daher kann die Verkürzung vom Benutzer nur dann nachvollzogen werden, wenn er das Modell selbst erstellt hat und das Original kennt. Andernfalls kann er die Verkürzung nur vermuten. Aus diesem Grund ist das Verkürzungsmerkmal ein pragmatisches Merkmal im weiteren Sinne.

- Pragmatisches Merkmal (im engeren Sinne)

Zusätzlich zum Verkürzungsmerkmal, welches eine subjektive Auswahl der Attribute durch den Modellerschaffer (Modellbenutzer) unterstellt, wird durch das pragmatische Merkmal beschrieben, dass Modelle eine Ersetzungsfunktion für bestimmte Subjekte, innerhalb bestimmter Zeitintervalle und unter Einschränkung auf bestimmte gedankliche oder tatsächliche Operationen erfüllen.

Diese Merkmale implizieren einen hohen Stellenwert des Subjekts als Modellersteller und verweisen in diesem Zusammenhang auf divergierende erkenntnistheoretische Paradigmen (vgl. Abschnitt 3.1). Dieses unterschiedliche Verständnis von Modellierung äußert sich entweder in einer „Abbildung eines realen Systems“ (Abbildungsorientierung) oder als „Ergebnis einer Konstruktion eines Modellierers“ (Konstruktionsorientierung). Wolf (2001, S. 73) geht auf die Konstruktionsorientierung wie folgt ein:

„Da das konstruktionsorientierte Modellverständnis auf dem konstruktivistischen Paradigma beruht, dem zufolge keine objektive Abbildung der Realität möglich ist, können Forderungen wie Morphismus und Analogie nicht aufrechterhalten werden.“

Vielmehr wird, auf Grund der Subjektivität der Erkenntnisse, das Subjekt als Modell-hersteller in den Mittelpunkt gestellt. Das Resultat ist ein Modellverständnis, in dem das Subjekt eine aktive Rolle als Konstrukteur des Modells spielt, nachdem es eine zweckgerichtete Interpretation der Realität vorgenommen hat.“

Zur Differenzierung von Modellen gibt Stachowiak (1973) eine pragmatische Einteilung in graphische, technische und semantische Modelle vor, die sich wie folgt unterscheiden lassen:

- Graphische Modelle sind im wesentlichen zweidimensionale Modelle. Die Originale stammen meist aus dem Bereich des Wahrnehmens, des Vorstellens und der gedanklichen Operationen. Stachowiak unterscheidet hierbei ikonische und symbolischen Modelle
- Technische Modelle sind vorwiegend dreidimensionale, raumzeitliche und materiell-energetische Repräsentationen von Originalen. Entsprechend der Natur ihrer Attribute lassen sich physiko-, bio-, psycho- und soziotechnische Modelle unterscheiden.
- Semantische Modelle sind Kommunikationssysteme, die ein Subjekt zur informationellen Verarbeitung seiner Wirklichkeit verwendet. Es wird zwischen den internen Modellen der Perzeption und des Denkens sowie den externen semantischen Modellen, die sich aus Zeichen und Zeichenkombinationen aufbauen, unterschieden.

Zusammenfassend ergibt sich auf Basis der AMT nach Stachowiak (1973) eine theoretisch fundierte und umfassende Ausgangsposition, um SLEs wissenschaftlich begründet modellieren zu können, die allerdings auf einer sehr abstrakten Ebene einzustufen ist. Eine Adaption scheint auf Grundlage der Konstruktionsorientierung zwar möglich, gleichzeitig fällt eindeutige Zuordnung zu den von Stachowiak (1973) vorgegebenen Modelltypen jedoch schwer, da SLEs tendenziell zu technischen, wie auch zu semantischen Modellen zuzuordnen wären. Der Vorteil einer allgemeinen Theorie ist in diesem Fall zugleich ein Nachteil, da eine sehr offen und flexibel nutzbare Grundstruktur nicht die Modellierungsunterstützung im Detail bietet, die für eine Modellierung von SLEs wünschenswert wäre.

Dementsprechend soll abschließend das von Hevner et al. (2004) vorgestellte Information Systems Research Framework erläutert werden, das eine Modellierungsunterstützung bietet, die zum Zweck der Gestaltung von SLEs adaptiert werden kann und für die vorliegende Forschungsarbeit die theoretische Grundlage darstellt.

Zunächst einmal ist bei Hevners Framework festzustellen, dass es über die bis dato gängigen Forschungsparadigmen der Wirtschaftsinformatik, der Behavioural Sciences hinausgeht und explizit eine Brücke zu den Design Sciences schlägt (Hevner et al. 2004). Die Autoren verweisen im Zusammenhang einer Modellierung auf die Relevanz der Nützlichkeit. Gleichzeitig impliziert dies eine Kritik an einem ausschließlich hypothesenprüfenden, auf allgemeinen Wahrheiten beruhenden Forschungsansatz. Insofern spiegeln sich die wissenschaftstheoretischen Diskurse auch in Hevners Framework wider, wobei sein Versuch, beide Sichtweisen zu verbinden, in Einklang mit der vorliegenden Forschungsarbeit steht (vgl. Unterkapitel 3.1).

Ziel des Information Systems Research Frameworks ist es, auf einer theoretischen Basis und in einem systematischen Verfahren, Handlungsspielräume der Anwender zu erweitern. Das besondere Potenzial aus Perspektive der Design Sciences offenbart sich in einem problemlösungsorientierten Verfahren. Das Framework unterstützt dabei die Gestaltung innovativer Artefakte, die komplexe Probleme lösen sollen. Im Design spricht man in diesem Zusammenhang auch von „Wicked-Problems“. Dabei sollen gezielt die Grenzen menschlicher und organisationaler Fähigkeiten erweitert werden. Hevner et al. argumentieren, dass eine effektive Problemlösung durch Gestaltung innovativer Artefakte zunächst einmal auf einer umfassenden Problemanalyse beruht.

Die Modellierung von Informationssystemen erfolgt nach Hevner et al. (2004) in einem Spannungsfeld zwischen Theorie und Praxis (vgl. Abbildung 3.6). Dabei steht eine theoretisch fundierte Stringenz (Rigor) einer erfahrbaren Bedeutsamkeit (Relevance) gegenüber. Ziel ist es dabei, beide Bereiche miteinander zu verbinden. Ein derartiges Vorgehen spiegelt sich auch in der vorliegenden Forschungsarbeit wieder, indem zunächst theoretische Grundlagen auf Basis von Literaturanalysen herausgearbeitet wurden (vgl. Kapitel 2), die dann in Form eines ersten Modellentwurfs mit Praxis- (vgl. Fokusgruppen-Workshop, Abschnitt 3.5.1) sowie Fachexperten (Abschnitt 3.5.2) abgeglichen, modifiziert und angereichert wurden. Dementsprechend harmonisiert der designorientierte Ansatz von Hevner et al. (2002) in besonderer Weise mit dem Untersuchungsdesign der vorliegenden Forschungsarbeit, die explizit vor dem Hintergrund eines Design-Based-Research Ansatzes durchgeführt wird und sich in iterativen Schleifen zwischen Analyse, Theoriebildung, Entwurf, Validierung und Re-Design vollzieht (vgl. Abbildung 3.16).

Darüber hinaus bildet das Framework nach Hevner et al. (2004) im Vergleich zu den anderen Modellierungsverfahren eine deutlich erkennbare soziotechnische Perspektive ab und wird somit der Situiertheit einer dynamischen SLE Praxis am

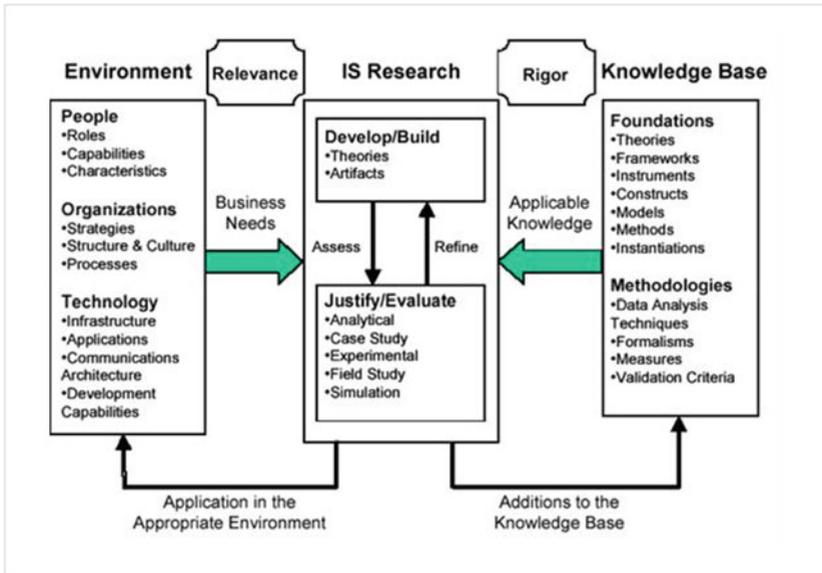


Abbildung 3.6 Information Systems Research Framework (Quelle: Hevner et al. 2004)

ehesten gerecht. Auf der anderen Seite bietet es genügend Spielraum zur eigenen Abstraktionsleistung im Zusammenhang des Untersuchungsgegenstandes und baut auf denselben forschungsparadigmatischen Ansätzen auf.

Der im Folgenden vorgestellte Modellentwurf lässt sich vor dem Hintergrund der dargestellten Modellierungstheorien in den Kontext eines konstruktionsorientierten Modellverständnisses einordnen, der in Anlehnung an das Hevnersche Framework entwickelt wurde. Das Ergebnis ist dabei als ein erstes, hypothetisches Modell zur Gestaltung von SLEs zu interpretieren, welches im Zuge der Datenauswertungen und eines sich daran anschließenden Re-Designs ganz im Sinne des Frameworks nach Hevner et al. in Unterkapitel 3.5.2.3.3 weiter ausdifferenziert und modifiziert wird.

Aufgrund der Subjektbezogenheit der Modellierung wird darauf hingewiesen, dass das Modell als Rahmung des Untersuchungsgegenstandes dient und nicht als alleinige Musterlösung interpretiert werden kann. Im Gegenteil, die Modellierung ist ein erster Schritt in Richtung Komplexitätsreduktion zum Zweck einer

Transferleistung, die letztlich im Anwendungsfall selbst erneut auf die Bedürfnisse der Nutzer*innen anzupassen ist. Dementsprechend ist eine flexible und auf den individuellen Transferbedarf gerichtete Nutzung vorgesehen.

3.4.3 Modellentwurf zur Gestaltung von Smart Learning Environments

Wie in den vorhergehenden Abschnitten hergeleitet, können SLEs in der betrieblichen Weiterbildung als komplexe soziotechnische Informationssysteme betrachtet werden, bei denen die Wechselwirkungen und Abhängigkeiten vieler Faktoren eine Rolle spielen. Entsprechend ist es für eine professionelle Gestaltungsarbeit von Bedeutung, die Komplexität zu reduzieren und modellhafte Strukturen, Muster und Faktoren herauszuarbeiten sowie in einem Modell zu komprimieren. Dabei erfolgt eine Berücksichtigung sozialer, materieller und virtueller Aspekte des Untersuchungsgegenstandes, die in Kapitel 2 detailliert beschrieben und inhaltsanalytisch herausgearbeitet wurden. Auf Basis dieser theoretischen Vorarbeiten wird nachfolgend ein ganzheitlicher Modellentwurf auf Basis eines soziotechnischen Systems präsentiert.

Ziel des Modellentwurfs ist es, einen Transfer der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis zu gewährleisten und ein handlungsorientiertes Werkzeug für Organisationen zur Verfügung zu stellen.

Das Modell besteht aus zwei Handlungsfeldern, sechs Einflussbereichen und insgesamt 46 Faktoren (vgl. Abbildung 3.7). Dabei stehen die Handlungsfelder (Mensch und Raum) in gegenseitiger Wechselwirkung und Interaktion miteinander (vgl. Abschnitt 2.3.1). Beide Handlungsfelder beinhalten jeweils drei Einflussbereiche, die das jeweilige Handlungsfeld auszeichnen und beeinflussen.

Auf Grundlage der „Lernraumforschung“ (vgl. Abschnitt 2.3) wurden zunächst in Anlehnung an den „erlebten Raum“ nach Bollnow (2010) zwei Handlungsfelder identifiziert, die sich gegenseitig beeinflussen und die jeweiligen Gestaltungsebenen darstellen.

Der Modellentwurf beginnt im menschlichen Handlungsfeld mit den Bedürfnissen der Nutzer*innen, reflektiert die Lern- bzw. Unternehmenskultur und berücksichtigt die Lern- und Arbeitsmethoden, die angewendet werden sollen. Im zweiten Handlungsfeld geht es um den Raum. Dort spielen vor allem die digitale und physische Ausstattung, die Architektur und die IT Infrastruktur eine wichtige Rolle.

Bei der Gestaltung intelligenter und hybrider Lernräume bzw. Smart Learning Environments ist entsprechend eine Berücksichtigung dieser soziotechnischen

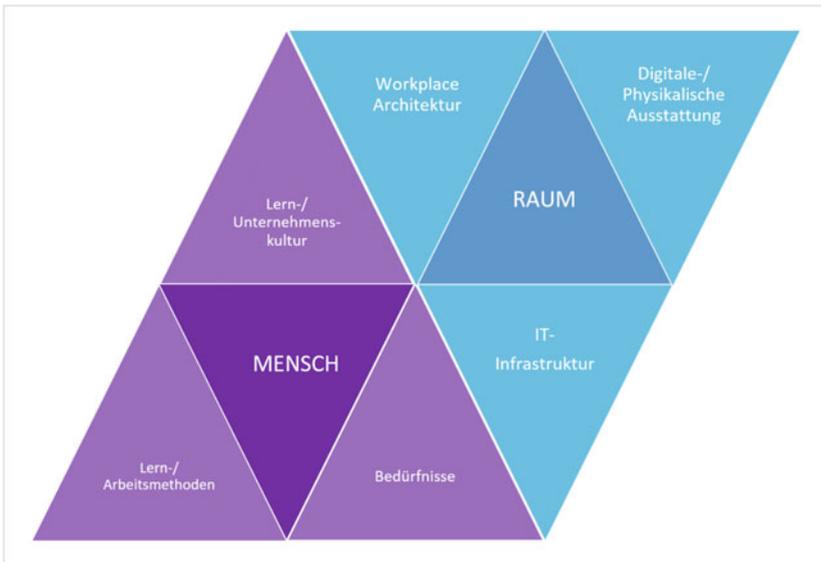


Abbildung 3.7 Soziotechnischer Modellentwurf zur Gestaltung von SLEs (Quelle: eigene Darstellung)

Artefakte sowie aller Variablen zu empfehlen, die im Folgenden auf Basis der in Kapitel 2 dargestellten Grundlagen erläutert werden.

Für eine übersichtliche und verständliche Modelldarstellung wurde die Analogie eines Fahrplanes genutzt, der die Einflussbereiche als „Streckenabschnitte“ und die Faktoren als „Haltestellen“ symbolisiert.

Der Fahrplan zur Gestaltung von SLEs sieht entsprechend wie folgt aus (Abbildung 3.8):

Die sozialen Bestandteile des Systems lassen sich durch eine entsprechende Farbgebung (violett) von den technisch orientierten Systemkomponenten (blau) unterscheiden. Darüber hinaus wurde zu jedem Einflussbereich ein Icon erstellt, so dass dem Nutzer*innen eine Zuordnung zwischen Faktoren und Einflussbereich leichter fällt. Im Folgenden werden die einzelnen „Streckenabschnitte“ im Detail vorgestellt.

Handlungsfeld: Mensch

1. Bedürfnisse:

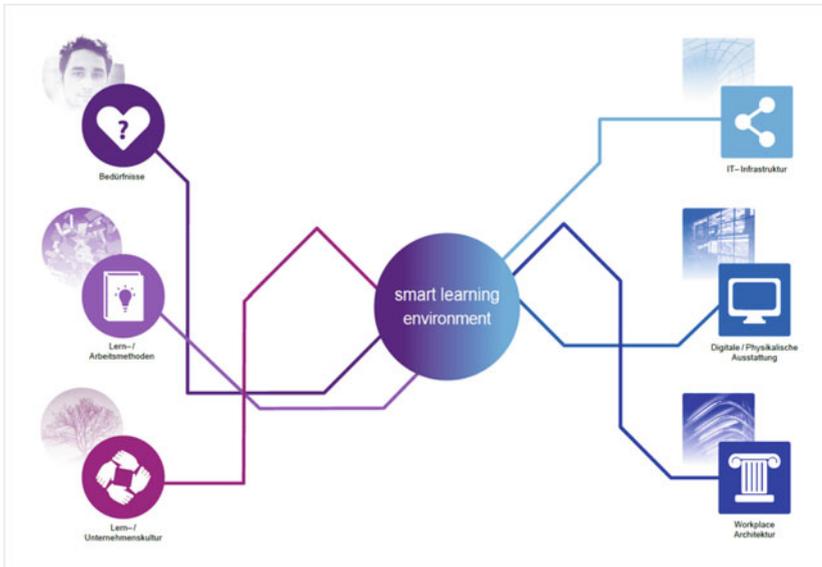


Abbildung 3.8 SLE Modell als Analogie eines „Fahrplans“ (Quelle: eigene Darstellung)

Ausgangspunkt zur Gestaltung von Smart Learning Environments sind die Bedürfnisse der Menschen, die diese nutzen. Nur wenn die Lernbedürfnisse mit den Lernangeboten in hohem Maße übereinstimmen, wird über die Sinnhaftigkeit intrinsische Motivation und Interesse erzeugt. Um herauszufinden, welche Fach- und Methodenkompetenz gewünscht bzw. notwendig wird, sollte im Vorfeld eine (Bedarfs-)Analyse durchgeführt werden, die letztlich in ein (Kompetenz-)Profiling mündet. Das Profiling dient unter Beratung von professionellen Lernbegleitern zur Entwicklung einer „Persönlichen Lernumgebung“ (PLE), die auf Basis der Bedürfnisse ein individuelles Wissensmanagement unterstützt und für formale wie informelle Lernformate genutzt werden kann (vgl. Abbildung 3.9).

2. Lern- und Arbeitsmethoden:

Um möglichst vielen Lerntypen und Lernbedarfen gerecht zu werden, ist es nützlich, innerhalb von Lernprozessen verschiedene Sinne anzusprechen und eine Methodenvielfalt zu erzeugen. Anregungen für problemorientiertes Lernen, situatives Lernen, arbeitsplatzbezogenes Lernen, selbstgesteuertes oder kollaboratives Lernen ist z. B. dem kleinen Handbuch der didaktischen Modelle (nach Flechsig) zu entnehmen. Lernen kann aus konstruktivistischer Perspektive nie direkt

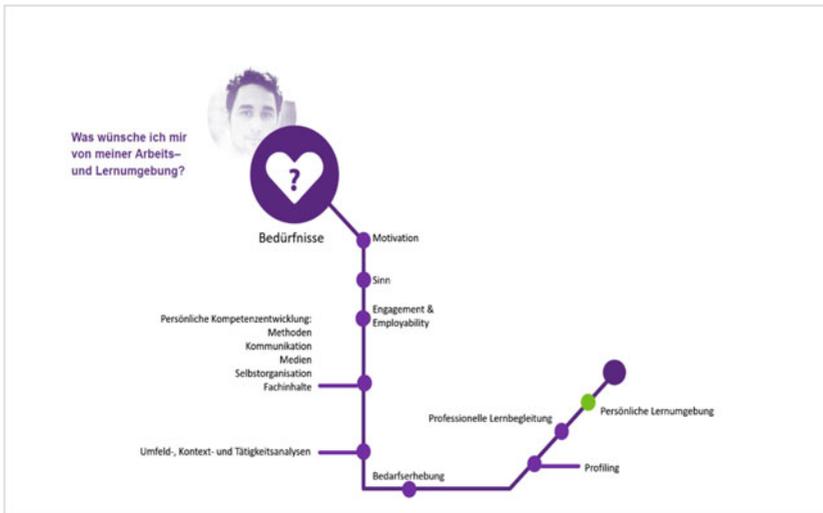


Abbildung 3.9 SLE Modell, Einflussbereich "Bedürfnisse" (Quelle: eigene Darstellung)

gesteuert werden und ist stets eine Eigenleistung des Subjekts. Es können lediglich günstige Rahmenbedingungen zum Lernen geschaffen werden. Hierfür bieten sich neue Medien in besonderer Weise an. Aber auch „analoge“ Methoden wie z. B. Design Thinking eignen sich, um Kreativität und Innovationskraft zu fördern (vgl. Abbildung 3.10).

3. Lern- und Unternehmenskultur:

Lernprozesse werden von einer Lern- und Unternehmenskultur geprägt, die sich über viele Jahre hinweg entwickelt und manifestiert. Es ist ein Unterschied, ob man zu einer Schulung geschickt wird oder jemandem die Möglichkeit dafür geboten wird. Es ist zudem ein Unterschied, ob Experimentieren oder Fehler machen erlaubt sind oder ob streng nach Plan vorgegangen werden muss. Es ist ein Unterschied, ob hierarchische Strukturen die Kommunikation prägen oder ob auch „Top-Manager“ über Netzwerke o.ä. ansprechbar sind. Es ist darüber hinaus ein Unterschied, ob die Ziele vorgegeben werden oder man über seine Ziele selbst entscheiden kann. Ist ein Unternehmen transparent und offen gegenüber den Mitarbeiter*innen oder ist Intransparenz an der Tagesordnung? Werden Mitarbeiter*innen befähigt statt kontrolliert und ist ein interdisziplinäres Zusammenarbeiten über vorhandene Silo-Strukturen über Fachbereiche hinaus möglich (vgl. Abbildung 3.11)?

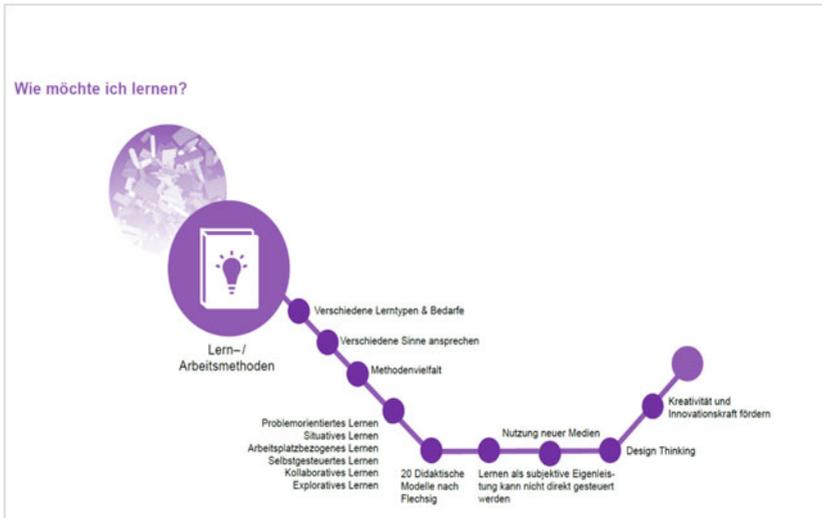


Abbildung 3.10 SLE Modell, Einflussbereich ‘Lern-/ Arbeitsmethoden’ (Quelle: eigene Darstellung)

Handlungsfeld: Raum

4. IT-Infrastruktur:

Die intelligente IT-Infrastruktur ist das Kernelement eines „Smart Learning Environments“ und wird in aktuellen Diskussionen auch als „Digitaler Agent“ oder „Digitaler Assistent“ etc. bezeichnet. Durch Bündelung von Spezialist*innen aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz können intelligente Funktionen und Systeme entwickelt werden. Hierzu müssen relevante Lernressourcen und Wissensquellen identifiziert und miteinander vernetzt werden. Durch Anwendung von Data Analytics und durch Verfahren aus der künstlichen Intelligenz wie Semantik können so neuronale Netze, also abstrakte Softwarearchitekturen geschaffen werden, die Sinnzusammenhänge zwischen unterschiedlichen Wissensbeständen und Datenquellen herstellen können. Letztlich entsteht auf dieser Grundlage ein intelligentes Empfehlungssystem, das in Abhängigkeit der individuellen Bedürfnisse (vgl. PLE) relevante Inhalte findet, aufbereitet und in bestimmte Typen klassifiziert. Die intelligente IT-Infrastruktur fungiert als Schnittstelle zwischen internen und externen Datenbeständen und organisiert bedarfsgerecht alle benötigten Informationen. Einen verfügbaren Prototyp hinsichtlich „intelligenter Empfehlungssysteme“ stellt

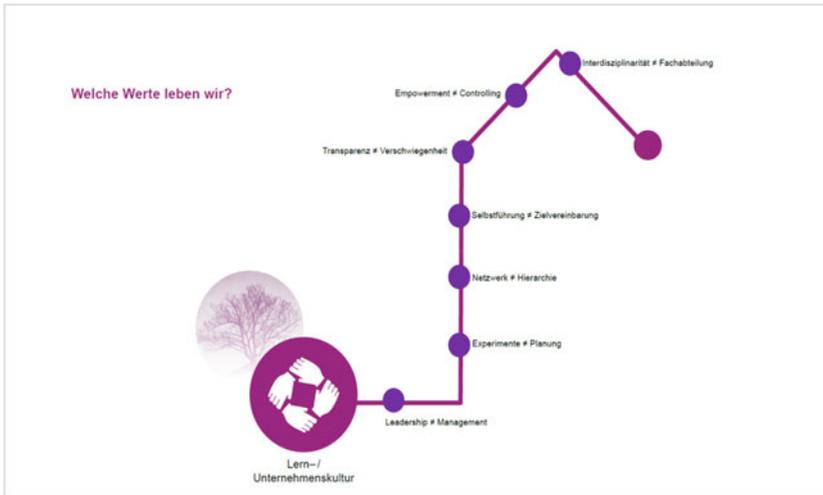


Abbildung 3.11 SLE Modell, Einflussbereich “Lern-/ Unternehmenskultur” (Quelle: eigene Darstellung)

das EEXCESS-Projekt dar, welches den Code als Open Source via GitHub zur Verfügung stellt (vgl. Abbildung 3.12).

5. Digitale und physikalische Ausstattung:

Ein wesentlicher Aspekt bei der Gestaltung intelligenter Lernräume ist die Ausstattung mit Gegenständen, also Möbel, technische Geräte oder auch Pflanzen etc. Einerseits handelt es sich hier um klassisch analoge Dinge wie Tische, Stühle, Hocker, Sofas, FlipChart, Stellwände, Stifte, Papier, Post-its usw. Andererseits handelt es sich um die technische Ausstattung mit PC, Beamer, Audio- und Konferenzsystem oder auch mit „smart devices“. Hiermit sind z. B. SmartPens, Tablets, 3D-Drucker, Smartphones, SmartTV, Powerwall, SmartBoards oder aber auch „intelligente Fenster“ gemeint, die sich automatisch öffnen, wenn frische Luft nötig wird. Besonders kreative Büro-Möbelzusammenstellungen sind in Co-Working-Spaces wie dem FabLab oder Impact HUB Berlin zu finden. Darüber hinaus verfügt ein intelligenter Lernraum über digitale Werkzeuge (Software-Applikationen), die den Lern- und Arbeitsprozess kontinuierlich unterstützen. Dies sind z. B. Anwendungen, die die Lernergebnisse mit einer (internen) „Community-of-Practice“ teilen oder auch vorinstallierte Werkzeuge, mit welchen man während des Lernprozesses Fotos, Grafiken oder Videos erstellen und bearbeiten kann. Eine gute Übersicht an

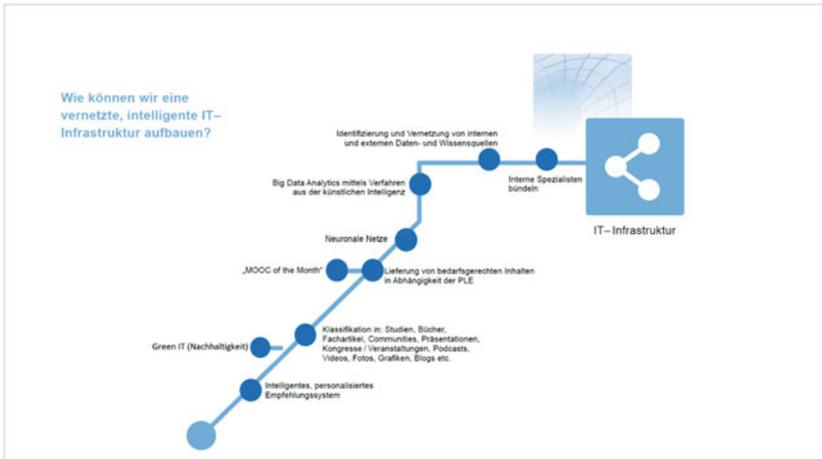


Abbildung 3.12 SLE Modell, Einflussbereich “IT-Infrastruktur” (Quelle: eigene Darstellung)

Tools, die im Kontext von Lernen und Arbeiten relevant sind gibt es jährlich von Jane Heart (vgl. Abbildung 3.13).

6. Workplace Architektur:

Raumkultur wirkt auf Lernkultur. Es ist ein Unterschied, ob man sich in einem Grau gehaltenen Büro oder in einem sinnlich gestalteten Google-Office befindet. Dies sind plakative Extreme – es gilt hier eine ausgewogene Balance zu finden. Wichtigste Ansatzpunkte sind ein angenehmes, modernes Design kombiniert mit multifunktionalem Mobiliar, welches sich einfach und schnell an unterschiedliche Lern- und Arbeitsszenarien anpassen lässt. Darüber hinaus bieten sich hier innovative Konzepte wie die des Upcyclings an, wobei z. B. aus Paletten Tische oder Regale gefertigt werden. Ein zentrales Merkmal des „Internet der Dinge“ ist die Integration der Technik in Alltagsgegenstände zu sogenannten „Smart Objects“. Damit ist die Anreicherung von Alltagsgegenständen wie z. B. einem Fenster mit Sensoren und Aktoren gemeint, um einen automatisierten Zusatznutzen zu generieren (Bsp.: Wenn die Luftqualität nicht lernförderlich ist, gehen die Fenster automatisch auf). Demnach tritt die Technik unauffällig in den Hintergrund. Die Technik wird Bestandteil der Architektur und des Mobiliars, sie ist in Wände, Tische, Stühle etc. integriert. Ein Beispiel sind integrierte Lautsprecher in Wände, Sofas o.ä. oder z. B.

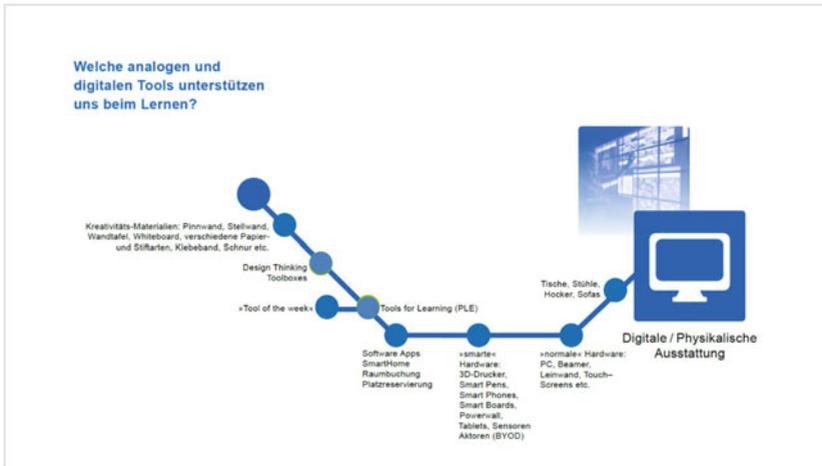


Abbildung 3.13 SLE Modell, Einflussbereich “Ausstattung” (Quelle: eigene Darstellung)

auch multifunktionale Raumteiler, die nur bei Bedarf einen Touchscreen zur Verfügung stellen und ansonsten als Regal oder beschreibbare Wand genutzt werden können (vgl. Abbildung 3.14).

Der vorgestellte Modellentwurf versucht die in Kapitel 2 enthaltene Komplexität zu reduzieren und auf die wichtigsten Merkmale zu komprimieren. Ausgehend von je einer Leitfrage pro Einflussbereich liefert der Modellentwurf erste Empfehlungen zur Gestaltung von Smart Learning Environments, die abschließend in der folgenden Grafik vorgestellt werden (Abbildung 3.15):

3.5 Forschungsmethodik und Untersuchungsdesign

In Auseinandersetzung mit den divergierenden erkenntnistheoretischen Zugängen (vgl. Abschnitt 5.1), die final im Rahmen eines 3-tägigen Methodenworkshops an der FU-Berlin unter Anleitung von Methodenspezialisten ausdiskutiert wurden, wurde für die vorliegende Untersuchung vor dem Hintergrund eines Design-Based Research Ansatzes (vgl. Abschnitt 3.3) ein mehrstufiges, triangulatives und exploratives Forschungsdesign gewählt. Die wesentliche Funktion von explorativer Forschung besteht im Sinne des Entdeckungszusammenhangs im Entwickeln

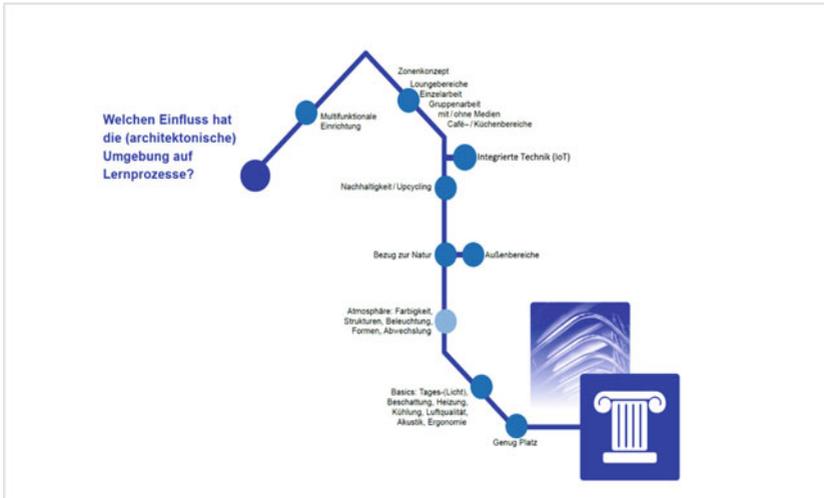


Abbildung 3.14 SLE Modell, Einflussbereich "Architektur" (Quelle: eigene Darstellung)



Abbildung 3.15 Erste Empfehlungen zur Gestaltung von Smart Learning Environments

von neuen und kontextreichen Hypothesen, Theorien und Bezugsrahmen (Gläser & Laudel, 2010). Hierbei zeichnet sich das qualitative Forschungsparadigma

durch die Motivation zu neuartigen Fragestellungen und Ideen aus und meist sind komplexe Phänomene Gegenstand der Untersuchung. Von daher scheint ein explorativer Zugang als geeignet für die durchaus komplexen Fragestellungen der vorliegenden Arbeit. In den vergangenen Jahren wurden Mixed Methods Designs große Beachtung geschenkt. Diese zeichnen sich durch eine Triangulation von qualitativen und quantitativen Methoden aus und streben an, die Nachteile einer Methode durch die Vorteile der anderen auszugleichen.

Das vorliegende mehrstufige, triangulative und explorative Forschungsdesign dient einerseits der Validierung, Erweiterung, Vertiefung und Aktualisierung des aus dem Literature Review abgeleiteten hypothetischen Modells (vgl. Unterkapitel 3.4) sowie andererseits zur Entwicklung eines ganzheitlichen, anwendungsorientierten Konzeptes zur Entwicklung von SLEs. Die folgende Grafik veranschaulicht das Untersuchungsdesign im Überblick mit den intendierten Ausgangsfragen und wissenschaftlichen Verfahren (vgl. Abbildung 3.16):



Abbildung 3.16 Untersuchungsdesign (eigene Darstellung)

Es handelt sich bei der vorliegenden Untersuchung also um aufeinander aufbauende sowie sich ergänzende Studien eines multimethodischen Forschungsdesigns, um wie dies bei Mixed Methods häufig der Fall ist, die Schwächen der Methoden auszugleichen. Zusätzlich lässt sich mit Hilfe des vorliegenden mehrstufigen, triangulativen Untersuchungsdesigns ein umfassenderes Bild erlangen, als dies mit einer einzigen Studie möglich gewesen wäre. Darüber hinaus spiegelt sich der Design-Based Research Ansatz in der iterativen Rückkopplung sowie im Re-Design wider.

Im Vorfeld der empirischen Untersuchung wurden ausführliche Literature Reviews mittels SQ3R-Methode nach Robinson (1978) durchgeführt (vgl. Abbildung 3.17), deren Analysen in Kapitel 2 zusammengefasst wurden.

Kontinuierliche Reflektionen, auszugsweise Präsentationen, Besprechungen sowie kritische Auseinandersetzungen erfolgten im Austausch mit anderen Doktoranden im Rahmen einer Forschungswerkstatt der Volkswagen AutoUni (2015–2016) sowie im Education & Technology Kolloquium der TU Dresden (2015–2017). Der gesamte Forschungsprozess wurde mit mehreren Forschungstagebüchern (digital und analog) begleitet, die Notizen und visuelle Darstellungen beinhalteten. Dazu zählten auch die Mitschriften, die während der Interviews oder der Doktorandenkolloquien erstellt wurden. Im Rahmen der Untersuchung wurden folgende Daten erstellt und dokumentiert:

- Handlungsfeldbeschreibungen inklusive illustrierender Beispiele
- Skizzierung erster Modelle und Einflussfaktoren
- Literaturrezensionen und Reviews zum Forschungsstand
- Reflektion und Dokumentation zu Inhalten von „zufälligen“ Gesprächen (z. B. auf Konferenzen)
- Reflektionen und inhaltliche Zusammenfassungen von Tagungen, BarCamps etc.
- Schematische Darstellungen zur Faktorenanalyse
- Blogbeiträge mit Zwischenergebnissen
- Entwürfe graphischer Modelle
- Allgemeine Ideen, Reflexionen und Konzeptionen

Die empirische Datenerhebung setzte sich im Gegensatz zur kontinuierlichen Erstellung der Forschungstagebücher aus zuvor genau definierten und geplanten Phasen und Bestandteilen zusammen, die im nachstehenden Überblick zusammengefasst und in den folgenden Abschnitten detailliert beschrieben werden:

Empiriephase 1 (Sommer 2016)

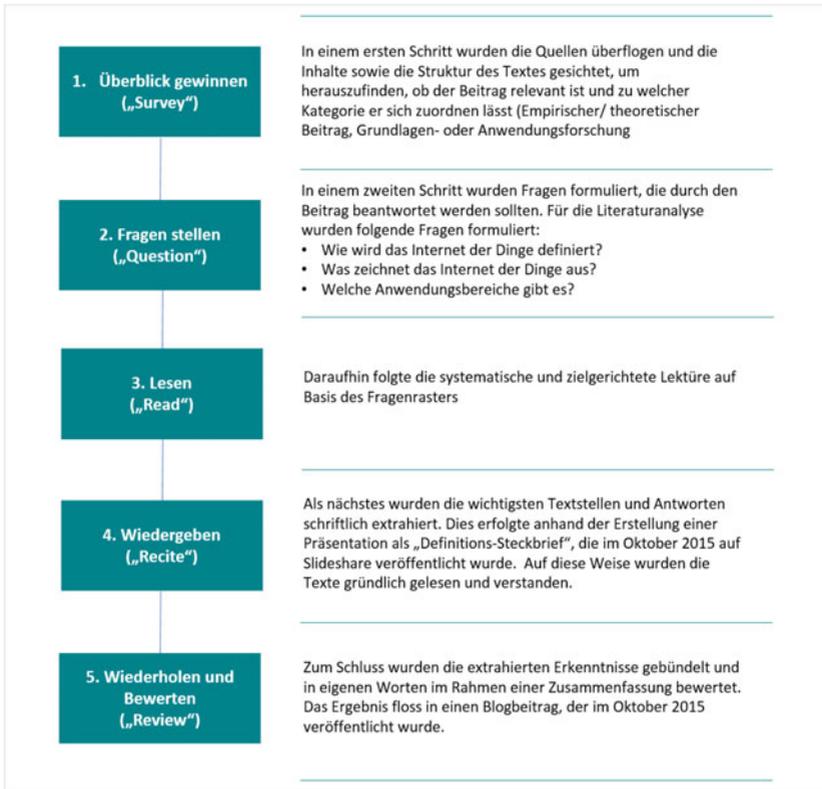


Abbildung 3.17 Systematische Literaturanalyse mit der SQ3R-Methode (eigene Darstellung in Anlehnung an Robinson 1978)

Im Sommer 2016 wurde die erste Teilstudie (vgl. Abschnitt 3.5.1) in Form eines Fokusgruppen-Workshops durchgeführt. Ziel war es, eine generelle Einschätzung zur Nützlichkeit des aus der Theorie abgeleiteten Modellentwurfes für die Praxis zu erhalten sowie erste Anwendungsmöglichkeiten für „IoT in Education“ aus der Perspektive der Dozierenden zu entwickeln. Die Datenerhebung erfolgte mittels Simulation, Bewertungsmatrix, Gruppendiskussion und Erstellung eines umfassenden Fotoprotokolls. Nach ca. einem Jahr wurde ein reflektierendes Feedback-Gespräch durchgeführt und Feedback-Fragebögen ausgefüllt.

Die Teilstudie 1 richtete sich schwerpunktmäßig an die

- **Forschungsfrage F1:** Welche neuen Lehr- und Lernformate entstehen durch das Internet der Dinge? sowie die dazugehörige
- **Unterfrage F1.1:** Wie können Lernprozesse durch das Internet der Dinge unterstützt werden?
- **Unterfrage F1.4:** Wie könnte ein didaktisch fundiertes Modell zur Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen aussehen?

Im Herbst 2016 schloss sich die Hauptstudie (vgl. Abschnitt 3.5.2) in Form von halbstrukturierten, leitfadengestützten Experteninterviews an mit dem Ziel, Anwendungsmöglichkeiten für „IoT in Education“ aus der Perspektive der Wissenschaftler/innen zu erforschen. Die Datenerhebung erfolgte mittels Audioaufzeichnung der Interviews und anschließenden Transkriptionen, die inhaltsanalytisch in Anlehnung an Mayring ausgewertet wurden.

Die Hauptstudie richtete sich schwerpunktmäßig an die

- **Forschungsfrage F1:** Welche neuen Lehr- und Lernformate entstehen durch das Internet der Dinge? sowie die dazugehörige
- **Unterfrage F1.1:** Wie können Lernprozesse durch das Internet der Dinge unterstützt werden? und
- **Forschungsfrage F2:** Wie kann der Lernraum die darin stattfindenden Lernprozesse unterstützen? sowie die dazugehörige
- **Unterfrage F2.2:** Welche Anforderungen an die Gestaltung von Lernräumen gibt es?

Die qualitative Interviewstudie wurde gleichzeitig durch eine zweite Teilstudie (vgl. Abschnitt 3.5.2.1.2) in Form eines quantitativen Begleitfragebogens ergänzt mit dem Ziel, eine generelle Einschätzung zur Nützlichkeit des Modellentwurfes aus der Perspektive der Wissenschaftler/innen zu erhalten sowie ein Ranking der ermittelten Variablen in Bezug zur Wichtigkeit vornehmen zu können. Die Datenerhebung erfolgte mittels Fragebogen. Die Auswertung wurde im Rahmen einer deskriptiven Statistik mit SPSS vorgenommen.

Die Teilstudie 2 richtete sich schwerpunktmäßig an die

- **Unterfrage F1.2:** Welche charakteristischen Einflussbereiche zeichnen intelligente und hybride Lernräume aus?
- **Unterfrage F1.3:** Welche Erfolgsfaktoren müssen bei einer Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen berücksichtigt werden?

- **Unterfrage F1.4:** Wie könnte ein didaktisch fundiertes Modell zur Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen aussehen?

Das Mixed-Methods Untersuchungsdesign zeichnet sich durch eine konvergierende Triangulation der Methoden aus, indem in den Empiriephasen qualitative und quantitative Daten parallel erhoben und ausgewertet wurden. Die quantitativen Elemente dienen dabei als Ergänzung des schwerpunktmäßig explorativ und qualitativ angesetzten Designs.

3.5.1 Teilstudie 1

Wie bereits in Abschnitt 3.3 dargelegt, ist bei einer gestaltungsorientierten Forschungsarbeit ein enger Austausch zwischen Forschung und Praxis notwendig, um frühzeitig möglichen Widersprüchlichkeiten zwischen Theorie und Praxis vorzubeugen und die Perspektive der „Anwender im Feld“ aufzunehmen. Analog zum wissenschaftlichen Forschungsprozess beim DBR-Ansatz, war das Ziel der ersten Teilstudie, Anregungen und Feedback zum ersten Modellentwurf von SLEs durch die Nutzer*innen zu erhalten und diese im Sinne einer iterativen Schleife des Design-Based Research-Ansatzes in den Gestaltungsprozess einfließen zu lassen.

Die Teilstudie wurde in Form eines Fokusgruppen-Workshops durchgeführt und entspricht damit keinem gängigen Forschungsverfahren. Die Schwierigkeit eines Workshops liegt in der Komplexität des Verfahrens begründet. Workshops zeichnen sich zum einen dadurch aus, dass sie in der Regel über einen halben oder auch einen ganzen Tag hinweg dauern. Entsprechend kommen unterschiedliche Formen, Ausprägungen und Methoden zum Einsatz, die nicht ausschließlich einer wissenschaftlichen Datenerhebung im klassischen Sinne dienen, sondern auch weitere Aspekte adressieren, die sich erst im Kontext eines kollaborativen Settings erkunden lassen. In der Tradition des Design-Based Research Ansatzes verankert wird für die erste Teilstudie eine flexible Durchmischung unterschiedlicher Verfahren (Mixed-Methods) eingesetzt, die sich in Anlehnung an gängige Methoden der Sozialforschung an einer qualitativen Beobachtung, einer quantitativen sowie qualitativen Befragung sowie einer qualitativen Gruppendiskussion orientieren.

Der Begriff Fokusgruppen-Workshop bezeichnet in der vorliegenden Teilstudie ein systematisch geplantes, moderiertes Verfahren im Workshop Charakter, bei dem eine

ausgewählte Kleingruppe durch einen Informationsinput zur Diskussion und Bewertung über ein bestimmtes Thema angeregt wird. Insgesamt ermöglicht ein

Fokusgruppen-Workshop eine inhaltlich tiefe Auseinandersetzung zum Untersuchungsgegenstand, der auch methodisch vielfältiger gestaltet werden kann, als dies beispielsweise in einem klassischen Experteninterview möglich gewesen wäre. Im Zentrum des Verfahrens steht der direkte und intensive Austausch und das kollaborative Arbeiten zu einem Thema.

Der Untersuchungsgegenstand „intelligente und hybride Lernräume“ impliziert zunächst zwei unterschiedliche Zielgruppen, die als Teilnehmer*innen des Workshops in Frage kämen. Zum einen die Lernenden und zum anderen die Lehrenden. Beide Zielgruppen haben wahrscheinlich unterschiedliche Anforderungen an einen „intelligenten und hybriden Lernraum“. Daher sollten im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung beide Perspektiven in einem Fokusgruppen-Workshop einfließen. Da die Verantwortung über die Nutzung der Räumlichkeiten (wann wird welcher Raum gebucht?) sowie in Bezug zur Vorbereitung und Ausgestaltung Raumes (wie viele Stühle, Tische, Flip Charts etc. werden benötigt? Welche Stuhlform ist gewünscht?) traditionell in der Verantwortung der Lehrenden (Trainer*innen, Dozenten, Referenten, Koordinatoren) liegt, richtete sich der Fokusgruppen-Workshop der vorliegenden Untersuchung an die Lehrenden. Ein weiterer Grund für diese Zielgruppe war, dass die Gestaltung intelligenter und hybrider Lernräume nur dann erfolgreich umgesetzt werden kann, wenn die Verantwortlichen einen Mehrwert in der Entwicklung erkennen. Der Raum muss letztlich in der Lage sein, nicht nur die Lernenden, sondern auch die Lehrenden zu unterstützen.

Für die vorliegende Untersuchung wurden daher Trainer*innen gesucht, für die das Forschungsthema „intelligente und hybride Lernräume“ grundsätzlich von Interesse sein könnte, um diese im Sinne eines gegenseitigen Befruchtens für eine Mitwirkung an der Teilstudie zu gewinnen. Ein weiteres Kriterium für die Zusammenstellung der Fokusgruppe war, dass bereits ein erster Bezug zum Thema „Internet der Dinge“ vorhanden ist, um einen schnellen fachlichen Einstieg zu gewährleisten und auf ein vorhandenes Vorverständnis aufbauen zu können. Andernfalls hätte man das Technologiekonstrukt zunächst erklären müssen, das den Workshop in die Länge gezogen hätte. Diesbezüglich hat sich das Teilzeit-Arbeitsverhältnis der Forscherin bei Bosch Software Innovations GmbH in Berlin als günstige Ausgangsposition erwiesen, da die Forscherin einen direkten Zugang zum Feld hatte und die geeigneten Personen ansprechen konnte.

3.5.1.1 Umfeld des Workshops

Bosch Software Innovations wurde 2008 gegründet. Neben Mitarbeiter*innen aus der Bosch Konzernforschung, der zentralen IT und der Geschäftsbereiche

besteht sie aus den akquirierten Startup-Unternehmen Innovations Software Technology (Immenstaad/Bodensee, 2008), inubit AG (Berlin, 2011) und ProSyst (Köln und Sofia, 2015). Bosch Software Innovations ist heute mit rund 730 Mitarbeiter*innen nicht nur an den genannten Standorten, sondern auch weltweit tätig und unterstützt interne wie externe Kunden mit Software- und Systemdienstleistungen in den Geschäftsfeldern der vernetzten Mobilität, Industrie, Energie, Smart Home und Smart Cities. Bosch Software Innovations ist ein Softwareanbieter, der sich speziell auf das Internet der Dinge spezialisiert hat.

Seit rund zehn Jahren gestaltet Bosch Software Innovations aktiv das Internet der Dinge und bündelt unterschiedliche Expert*innen, um nachhaltige IoT-Lösungen zu entwickeln. Dazu gehören IoT Consultants, Softwareentwickler, Lösungsarchitekten, Projektmanager, UX Designer, Geschäftsmodell-Innovatoren und Trainer*innen.

Bosch Software Innovations gehört als Tochterunternehmen (100 %) zur Robert Bosch GmbH, deren Geschäftsbereiche partnerschaftlich beim Aufbau von IoT-Technologie und -Kompetenzen unterstützt wird. Die Robert Bosch GmbH ist ein im Jahr 1886 von Robert Bosch gegründetes multinationales deutsches Unternehmen. Es ist tätig als Automobilzulieferer, Hersteller von Gebrauchsgütern (Elektrowerkzeuge, Haushaltsgeräte), Industrie- und Gebäudetechnik (Sicherheitstechnik) und darüber hinaus in der automatisierten Verpackungstechnik. Die Robert Bosch GmbH und ihre rund 450 Tochter- und Regionalgesellschaften in etwa 60 Ländern bilden die Bosch-Gruppe. Der Sitz der Geschäftsführung befindet sich auf der Schillerhöhe in Gerlingen bei Stuttgart. Das Unternehmen hat in Deutschland an 80 Standorten 132.000 Mitarbeiter*innen, weltweit in 50 Ländern an knapp 260 Standorten 375.000 Mitarbeiter*innen (Stand: 2015).

3.5.1.2 Auswahl der Praxisexperten und Sampling

Für den Fokusgruppen-Workshop wurde Kontakt zu Trainer*innen der „IoT-Academy“ aufgenommen, die für Bosch Software Innovations in Berlin tätig sind. Die IoT-Academy bietet ein großes Angebot an Trainings, Workshops und Zertifizierungen an, die zielgerichtet auf die Planung, Implementierung und den Rollout von IoT-Lösungen vorbereiten. Insofern verfügen die Trainer*innen bereits über ein umfassendes Verständnis zum Thema Internet der Dinge, was für den Untersuchungsgegenstand intelligenter und hybrider Lernräume von großem Vorteil ist, da der Zusammenhang zwischen IoT und Lernräumen schneller hergestellt werden kann, als wenn man den Begriff zunächst erklären müsste. Darüber hinaus wurde Interesse am Thema durch die Trainer*innen und den Abteilungsleiter bekundet.

3.5.1.3 Kontext der Durchführung

Der Berliner Standort von Bosch Software Innovations zog Ende 2017 in neue Büroräumlichkeiten um. Geplant wurden u. a. spezielle Räumlichkeiten wie ein Design-Thinking- Raum oder eine IoT-Werkstatt, die insbesondere das kreative Arbeiten mit Prototypen unterstützen sollen. Auch die IoT-Academy erhielt neue Schulungsräume, die durch die Budgetvorgaben allerdings keine großen Spielräume eröffneten.

Das Anliegen der IoT-Trainings-Academy war es, die bisher sehr einseitig via PowerPoint durchgeführten IoT-Trainings innovativer und didaktisch vielfältiger zu gestalten, auch wenn dies bei klassischen Software-Schulungen eine Herausforderung darstellt. Vor dem Hintergrund des zukünftigen Umzugs in neue Räumlichkeiten und dem Wunsch nach Methodenvielfalt in den eigenen Trainings, war das Thema „intelligente und hybride Lernräume“ ein optimaler Ausgangspunkt, um sich mit diesem Thema im Rahmen eines Workshops tiefer auseinanderzusetzen. Im Vorfeld des Workshops wurden von den Trainer*innen bereits erste Ideen in einem Brainstorming gesammelt, wie die neuen Räumlichkeiten für die IoT-Trainings besser genutzt werden könnten. Insofern war es das Anliegen des IoT-Academy Leiters, diese Punkte im geplanten Workshop aufzugreifen und mit den ersten Ergebnissen aus dem vorliegenden Forschungsprojekt zu erweitern. Da das Thema „intelligente und hybride Lernräume“ im Zusammenhang zur Ausgestaltung des geplanten Design-Thinking Raumes auch für die UX-Abteilung von Bosch Software Innovations interessant war, wurden aus dieser Abteilung weitere zwei Personen in die Workshop-Konzeption eingebunden.

3.5.1.4 Konzeption und Planung

Zunächst einmal wurde vom Abteilungsleiter der IoT-Academy die Unterstützung und die Genehmigung zur Durchführung eines Fokusgruppen-Workshops im Rahmen der vorliegenden Untersuchung eingeholt. Um aber auch die Trainer*innen für einen ganztägigen Workshop gewinnen zu können, wurde im weiteren Verlauf der Planung ein Gespräch mit der gesamten IoT-Academy geführt, um die Ziele der Abteilung mit den Untersuchungszielen des Forschungsvorhabens abzugleichen und in eine bestmögliche Balance zu bringen. Da das Thema „intelligenter und hybrider Lernräume“ bereits auf großes Interesse gestoßen war, konnte man sich im Vorfeld auf die wichtigsten Eckpunkte im Workshop einigen. Ziel der IoT-Academy war es, sich mit der Gestaltung von (intelligenten) Lernräumen zu beschäftigen, um das „Internet der Dinge“ nicht nur als Gegenstand der Schulungen zu vermitteln, sondern auch erfahrbar werden zu lassen, indem IoT-Funktionalitäten mit Lernformaten gekoppelt werden. Insofern deckten sich die Ziele des Unternehmens mit den Fragestellungen der vorliegenden Untersuchung.

Nach dem ersten Gespräch standen die Folgenden Eckpunkte des Fokusgruppen-Workshops fest, die dann die gemeinsame Basis für die weitere Ausgestaltung des Workshops bildeten:

- **Ziele:** Simulation eines Modellentwurfes zur Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen (SLEs) mittels Vortrag und hybrider Vernissage. Bewertung des hypothetischen Modells „intelligenter Lernräume“ aus Praxissicht sowie Entwicklung konkreter Use-Cases für die IoT-Academy, wie das Internet der Dinge in den Schulungen eingesetzt werden könnte.
- **Termin:** 19.07.2016, 9–15 Uhr, Bosch Software Innovations GmbH in Berlin.
- **Teilnehmer*innen:** Es sollen insgesamt sieben Personen am Workshop teilnehmen. Dazu zählen der Abteilungsleiter der IoT-Academy sowie vier seiner Mitarbeiter*innen und zwei Personen aus der UX-Abteilung.

Um das Konzept weiter auszuarbeiten wurde daran anschließend das Gespräch mit der UX-Abteilung gesucht. Ziel war es einerseits, die UX Abteilung einzubinden, da diese für die Gestaltung der neuen Büroräumlichkeiten (Design-Thinking Raum) verantwortlich war sowie andererseits im Rahmen der Ideengenerierung mit der Methode Design-Thinking (vgl. Abschnitt 3.3) gearbeitet werden sollte. Die UX-Abteilung verfügte insofern über wertvolle Kenntnisse, die für den Workshop erschlossen werden sollten. Entsprechend hat sich die Zielgruppe im weiteren Planungsverlauf erweitert und setzte sich letztlich aus einem interdisziplinären Teilnehmer*innenkreis aus Designern und IoT-Trainer*innenzusammen, wobei die UX-Abteilung bereits innerhalb der Workshop-Konzeption involviert wurde und stellenweise eine aktive Rolle während der Durchführung des Workshops einnahm.

Das Konzept umfasste insgesamt drei thematische Hauptblöcke, wobei die UX-Abteilung die Verantwortung über den zweiten Block der Ideengenerierung in Anlehnung an die Design-Thinking Methode übernahm. Für die Ausgestaltung der anderen beiden Blöcke war die Forscherin zuständig, wobei sie die Rolle der Moderatorin einnahm. Die Konzeption des Workshops wurde mit dem Abteilungsleiter der IoT-Academy im Vorfeld abgestimmt und beinhaltete final folgende Agenda (Abbildung 3.18):

Im ersten Block „Inspiration“ wurde das Thema „intelligente Lernräume“ bzw. „Smart Learning Environments“ in einem 30-minütigen Vortrag der Forscherin zunächst kurz erläutert, damit sich die Workshop-Teilnehmer*innen im folgenden Abschnitt nähere Informationen in einer Vernissage (Simulation) selbständig aneignen und mittels Bewertungsbogen Feedback über die Wichtigkeit der einzelnen Teilbereiche abgeben konnten. Die interaktive Vernissage sah dabei vor, dass



Abbildung 3.18 Agenda Fokusgruppen-Workshop (eigene Darstellung)

über einen auf der Stellwand angebrachten Barcode multimodale Zusatzinformationen über ein Smartphone abgespielt werden sollten. In diesem Zusammenhang wurde zunächst mit dem Abteilungsleiter der IoT-Academy und anschließend mit den Teilnehmer*innen des Workshops abgestimmt, dass zum Workshop ein Smartphone, ein Barcode-Scanner und Kopfhörer zur Verfügung stehen. Eine Stellwand beinhaltete die Darstellung eines 360 Grad Fotos, für welche im Vorfeld ein Tablet organisiert wurde. Eine Einladung an alle Teilnehmer*innen mit entsprechendem Hinweis auf das benötigte Equipment wurde inklusive der Agenda ca. 1 Woche vor Beginn des Workshops per E-Mail versendet.

Im zweiten Block „Ideen entwickeln“ wurde aufbauend auf den Ergebnissen aus der Vernissage mittels Design-Thinking neue Ideen (Use-Cases) generiert, die das Internet der Dinge im Lehr- und Lernprozess anwenden und IoT direkt im Lernraum erfahrbar machen. Im dritten Block „priorisieren“ wurden die Ergebnisse strukturiert und bewertet.

Im Vorfeld wurde zudem auf organisatorische Aspekte hingewiesen, wie beispielsweise, dass der Workshop photographisch begleitet wird und eine Unterschrift

zu Beginn des Workshops zu leisten ist. Da einer der Trainer*innen im Süddeutschen Raum angesiedelt war, wurde beschlossen, eine Skype-Session zumindest während der Präsentationen live zu schalten. Das methodische Vorgehen der einzelnen Bestandteile des Workshops sowie die jeweiligen Ziele sind in der nachstehenden Tabelle detailliert aufgeführt.

Uhrzeit	Inhalte	Methoden	Ziele
9:00–9:05	Begrüßung	Der Abteilungsleiter sowie die Forscherin begrüßten die Teilnehmer*innen und gaben einen Überblick zum Ablauf sowie zu den Zielen mittels Flipchart	Begrüßung, Erläuterung der Ziele und Einstimmung auf das Thema
9:05–9:15	Warm-Up	Im Design Thinking sind kurze Bewegungsübungen gängig, die Körper und Geist aktivieren und in kurzen Spielen als Einstimmung genutzt werden	Erzeugen einer positiven und aktiven Arbeitsatmosphäre
9:15–9:45	Präsentation zu IoT in Education – Was sind intelligente Lernräume?	Vortrag mit PowerPoint zu folgenden Inhalten: 1. Hintergrund des Workshops (Dissertation) 2. Digitale Transformation 3. Herausforderungen an das Lernen der Zukunft 4. Was sind intelligente und hybride Lernräume (Smart Learning Environments) 5. Ablauf der Vernissage	Die Präsentation diente dazu einen grundlegenden Überblick zum Thema zu geben. Dabei wurde die Präsentation absichtlich kurzgehalten, um vertiefende Inhalte in der Vernissage selbstgesteuert erarbeiten zu lassen

Uhrzeit	Inhalte	Methoden	Ziele
9:45–10:45	Interaktive Vernissage	<p>Die Vernissage bestand aus 6 Stellwänden, wobei zu jedem der 6 Gestaltungsbereiche eine Stellwand mit folgenden Bestandteilen erstellt wurde:</p> <p>Eine Visualisierung des Modell-Teilbereiches in Form eines „Fahrplans“, um einen Überblick zu erhalten (vgl. Abschnitt 3.4.3)</p> <p>Eine Infobox, mit näheren Informationen in Textform (in Anlehnung an Abschnitt 2.4)</p> <p>Ein interaktives Arbeitsblatt, das multimediale Zusatzinformationen mittels Barcode bereitstellte. Hierdurch entstand eine Mischform aus realer und digitaler Lernumgebung (hybrides Lernen)</p> <p>Eine Bewertungsmatrix, um die Wichtigkeit des Bereiches einzuschätzen zu lassen (vgl. folgenden Abschnitt).</p>	<p>Ziel der Vernissage war es, das hypothetische Modell mit den sechs Teilbereichen zu simulieren, wobei sich die Teilnehmer*innen selbstgesteuert nähere Informationen über intelligente und hybride Lernräume selbst erarbeiten sollten. Dabei wurden gezielt hybride Methoden mittels Barcode integriert, um den Teilnehmer*innen einen ersten Eindruck zu geben, wie das Internet der Dinge für Lernformate genutzt werden kann.</p>
10:45–11:00	Gruppendiskussion	<p>Im Rahmen einer moderierten Diskussion wurden anschließend die Ergebnisse zu jeder Stellwand inklusive der jeweiligen Bewertungsmatrix besprochen. Um den Übergang zum nächsten Themenblock der Ideengenerierung einzuleiten, wurden die bereits vorhandenen Ideen der IoT-Academy auf einem Flipchart visualisiert. Der Themenblock der Inspiration wurde so vervollständigt und abgeschlossen.</p>	<p>Ziel war es herauszufinden, ob das Modell von den Praktikern als geeignet eingestuft wird, um intelligente und hybride Lernräume gestalten zu können und ob die identifizierten Bereiche als relevant eingestuft werden.</p>
11:00–11:15	Pause		

Uhrzeit	Inhalte	Methoden	Ziele
11:15–11:20	Was ist Design-Thinking?	Auf einem Flipchart wurden die Ziele und Arbeitsweisen des Design-Thinking-Ansatzes visualisiert und erläutert	Ziel war das Vermitteln der wesentlichen Merkmale und Arbeitsweisen im Design-Thinking Prozess, um eine gute Ausgangsposition für die folgende Session zu erzeugen
11:20–12:20	Empathize & Define	Zunächst wurden in Einzelarbeit positive und negative Erinnerungen bzw. Erfahrungen aus vergangenen Lehr- und Lernsituationen zusammengetragen. Darauf aufbauend wurden die Ergebnisse im Team vorgestellt und in Cluster (Organisation, Erwartungen, Personen, Lernatmosphäre, Infrastruktur, Räume, Lernmaterial & Lernmethoden) strukturiert.	Ziel dieser Design-Thinking-Einheit war es, dass sich die Teilnehmer*innen intensiv mit den Problemen und Wünschen in Bezug auf Lernen und Lernraumgestaltung auseinandersetzen. Dabei wurden zunächst Probleme aus eigenen Erfahrungen aus der Perspektive des Lernenden wie auch Lehrenden zusammengetragen.
12:20–13:00	Mittagspause		
13:00–13:05	Warm-Up	Methodisch gleiches Vorgehen wie zu Beginn des Workshops lediglich mit einem anderen „Warm-Up“-Spiel.	Aktivierung von Körper und Geist nach der Mittagspause sowie Förderung einer guten Teamatmosphäre
13:05–13:20	Fokussierung & Bewertung	Jeder Teilnehmer*innen bekam 3 Klebepunkte, um die für ihn relevantesten „Problemcluster“ zu identifizieren. Dabei wurden die „Lernatmosphäre“ und „Lernmethoden“ in die nächste Design-Thinking Phase „Ideate“ zur Generierung von Lösungen und Ideen überführt.	Fokussierung auf die wichtigsten Probleme, um systematisch nur die relevanten Punkte weiter zu bearbeiten.

Uhrzeit	Inhalte	Methoden	Ziele
13:20–14:05	Ideate	Um für die relevantesten Probleme Lösungen und Ideen zu entwickeln, wurde die Methode 635 angewendet und modifiziert. Die Gruppe wurde in zwei Teams aufgeteilt. Dabei erhielten die Teilnehmer*innen ein jeweils gleich großes Blatt Papier. Dieses wurde in drei Spalten aufgeteilt. Jeder Teilnehmer*innen wurde aufgefordert, in der ersten Zeile zu o.a. Problemen drei Ideen (je Spalte eine) zu formulieren. Jedes Blatt wurde nach angemessener Zeit von allen gleichzeitig, im Uhrzeigersinn weitergereicht. Der Nächste musste dann versuchen, die bereits genannten Ideen aufzugreifen, zu ergänzen und weiterzuentwickeln.	Aufbauend auf die vorhergehende Einheit war nun das Ziel, neue Ideen und Lösungsvorschläge in Bezug zu den vorhandenen Problemen zu entwickeln, wie der Raum einerseits kreative Lernmethoden unterstützen oder auch IoT im Lernraum erfahrbar machen lässt.
14:05–14:35	Präsentation der Ergebnisse	Nach 45 Minuten Ideation-Phase wurden die beiden Gruppen aufgefordert, Ihre besten Ideen kurz vorzustellen und in die Gestaltungsbereiche aus der Vernissage zu sortieren. Dabei wurden insgesamt 17 Ideen präsentiert und in die Vernissage als finales Ergebnis aufgenommen.	Ziel dieser Einheit war der Austausch über die in den Gruppen erarbeiteten Ideen sowie ein gezielter Rückbezug auf das einleitend simulierte Modell, um dieses systematisch mit „IoT-Use-Cases“ zu befüllen.
14:35–15:00	Feedback & Ausblick	Am Ende des Workshops wurde darüber gesprochen, was mit den Ergebnissen aus dem Workshop gemacht werden soll. Zusätzlich wurde ein mündliches sowie schriftliches Feedback mittels Flipchart eingeholt, auf welchem die Teilnehmer*innen den Ablauf und das methodische Vorgehen insgesamt bewerten sollten	Ziel der letzten Einheit war es, den Transfer in die Praxis zu fördern, indem die nächsten Schritte abgestimmt und formuliert wurden. Das Feedback diente dazu herauszufinden, ob der Workshop im Hinblick auf die Gesamtkonzeption stimmig war und Verbesserungspotenziale zu identifizieren

3.5.1.5 Instrumente und Verfahren der empirischen Datenerhebung

Wie im vorhergehenden Abschnitt erläutert, kamen bei dem Fokusgruppen-Workshop unterschiedliche Methoden und Verfahren zum Einsatz. Alle für den Workshop erstellten Inhalte sind im Original dem digitalen Anhang zu entnehmen und beinhalten im Einzelnen die folgenden Dokumente:

- Die unterzeichneten Einverständniserklärungen zur Aufnahme von Fotos
- Eine PowerPoint-Präsentation mit 28 Folien zum Thema „IoT in Education – Was sind intelligente Lernräume?“
- Alle Inhalte der Vernissage (inkl. 6 Templates der Bewertungsmatrizen)
- Die Fotodokumentation mit 47 Fotos vom Workshop (u. a. die 6 ausgefüllten Bewertungsmatrizen aus der Vernissage-Einheit, Zwischenergebnisse aus den Design-Thinking-Sessions sowie das Feedback-Flipchart)
- Ein 9-seitiges Fotoprotokoll zum Ablauf und den Ergebnissen des Workshops
- 4 ausgefüllte Feedback-Fragebögen

Da die Forscherin als Moderatorin des Workshops die jeweiligen Workshop-Einheiten (vgl. Unterkapitel 3.5.1.4) anleiten und steuern musste, erfolgte die sequenzielle, überwiegend nachgelagerte empirische Datenerhebung mittels Fotodokumentation, Feldnotizen, Gedächtnisprotokoll sowie Fragebögen.

Die folgende Grafik veranschaulicht die unterschiedlichen Forschungsmethoden und Verfahren, die während der Datenerhebung kombiniert wurden und den triangulativen Charakter des Untersuchungsdesigns widerspiegelt (Abbildung 3.19):

Während des Workshops wurden Feldnotizen und Fotos angefertigt, die eine nachgelagerte Erstellung eines Gedächtnisprotokolls in Form einer 9-seitigen Fotodokumentation ermöglichte. Das forschungsleitende Ziel orientierte sich an den in Abschnitt 3.5 bereits erläuterten Forschungsfragen F1 (Welche neuen Lehr- und Lernformate entstehen durch das Internet der Dinge?) und F1.1 (Wie können Lernprozesse durch das Internet der Dinge unterstützt werden?).

Das Protokoll fasste die einzelnen Agenda-Punkte mit dem Vorgehen und den Ergebnissen des Workshops zusammen und wurde nach der Erstellung des Entwurfes mit einem/ einer Trainer*in aus der IoT-Academy besprochen, um die subjektive Interpretation und Zusammenfassung der Ergebnisse zumindest über ein „4-Augen-Prinzip“ zu reflektieren. Im Anschluss daran erfolgten geringfügige Korrekturen, die sich auf sprachlich nicht ganz eindeutige Aspekte bezogen. Das

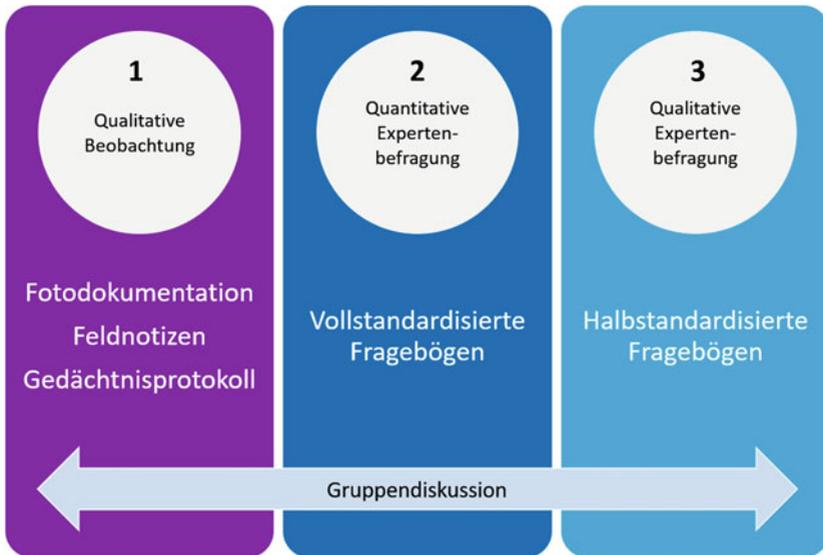


Abbildung 3.19 Forschungsmethoden der Teilstudie 1 (eigene Darstellung)

Fotoprotokoll wurde nach der Überarbeitung und in einer erneuten Abstimmungsrunde mit dem Abteilungsleiter an die am Workshop beteiligten Personen versendet. Entsprechende Rückkopplungsprozesse des ersten Datenerhebungsverfahrens sind in o.a. Grafik als „Gruppendiskussion“ gekennzeichnet.

Als ein zweites Erhebungsinstrument innerhalb der Teilstudie 1 wurde eine „Bewertungsmatrix“ entwickelt, die ein quantitatives Erhebungsinstrument in Form eines vollstandardisierten Fragebogens darstellte und in der folgenden Abbildung 3.20 exemplarisch für den 1. Einflussbereich des Modells (vgl. Abschnitt 3.4.3) abgebildet ist.

Dieses Erhebungsinstrument wurde während des Workshops in der Untereinheit „interaktive Vernissage“ eingesetzt. Die Bewertungsmatrix wurde mit dem Ziel entwickelt, eine differenzierte und vergleichbare Einschätzung für jeden der insgesamt sechs Teilbereiche des Modells zu erhalten, die einfach und zeitsparend von den Praxisexperten innerhalb des Workshops abgegeben werden kann. Dabei orientierten sich die abgefragten Items an der in Abschnitt 3.5 bereits erläuterten Forschungsfrage 1.4 (Wie könnte ein didaktisch fundiertes Modell zur Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen aussehen?) sowie an den Zielen der IoT-Academy. Das forschungsleitende Ziel bestand darin herauszufinden, ob

BEWERTUNGSMATRIX Teilbereich 1: Bedürfnisse						
FRAGE	1	2	3	4	5	6
Wie wichtig ist deiner Meinung nach die Berücksichtigung dieses Teilbereiches im Rahmen des „Smart Learning“-Gesamtkonzepts?						
Wie wichtig ist dieser Teilbereich für die Gestaltung der Waterfront-Lernräume?						

Legende:
1 = sehr wichtig
6 = unwichtig

6

BOSCH

Abbildung 3.20 Bewertungsbogen Teilstudie 1 (eigene Darstellung)

alle aus der interdisziplinären Theorie abgeleiteten Teilbereiche von den Praxisexperten als relevant für die Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen eingeschätzt wurden. Dabei sollten die Teilnehmer*innen beim ersten Item bewerten, wie wichtig der dargestellte Teilbereich im Rahmen des Gesamtkonzeptes ist. Das zweite Item bezog sich auf die Wichtigkeit im Hinblick auf die neuen Büro- und Schulungsräume. Diese Frage sollte den Transfer in die Praxis dahingehend unterstützen, dass hoch priorisierte Teilbereiche in möglichen, sich an den Workshop anschließenden Ausarbeitungen stärker berücksichtigt werden und eventuelle Prototypen für die neuen Räumlichkeiten geplant und entwickelt werden. Bei der Formulierung der Items wurde die Wortwahl bewusst an die Fokusgruppe angepasst.

Für die Objektivierung und Quantifizierung der Experteneinschätzungen wurde eine gängige, intervallskalierte, numerische Schulnotenskala von 1–6 verwendet. Anstatt der üblichen Verwendung von 1 = sehr gut und 6 = ungenügend, wurde die Skala modifiziert wobei 1 als sehr wichtig und 6 als unwichtig hinterlegt wurde. Auf dem Fragebogen wurden aufgrund der besseren Lesbarkeit nur die Skalendpunkte mit verbalen Marken versehen.

Die Bewertungsmatrix wurde bewusst während der interaktiven Vernissage eingesetzt, da die Teilnehmer*innen an dieser Stelle des Workshops die dafür

notwendigen Zusatzinformationen nutzen konnten, die anschließend mit Klebepunkten auf der Matrix bewertet werden sollten. Dazu erarbeiteten sich die Teilnehmer*innen zunächst im Rahmen eines selbstgesteuerten Lernprozesses die einzelnen Inhalte der jeweiligen Teilbereiche, wobei eine Stellwand nach der anderen abgearbeitet wurde. Die selbstgesteuerte Auseinandersetzung mit den Inhalten wurde mit systematischen Lernpfaden angeleitet, die auf den Stellwänden visualisiert und mit interaktiven Arbeitsblättern und Barcodes angereichert wurden. Als letzter Schritt bei der Abarbeitung des jeweiligen Lernpfades sollte schließlich eine Einschätzung von den Teilnehmer*innen auf der Bewertungsmatrix erfolgen, die sich auf die Wichtigkeit der auf der Stellwand vorgestellten Inhalte in Bezug zur Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen (Smart Learning Environments) bezog.

Diese Erhebungssituation wurde absichtlich auf diese Weise konstruiert, um die in Ratingskalen gängigen Urteilsfehler (z. B. Halo-Effekte) zu reduzieren. Ziel der Erhebungssituation war es, die für die Bewertung notwendigen Informationen in inhaltlich systematisierten, thematischen Blöcken zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus konnte während des Workshops eine Fragebogeninstruktion vor Beginn der Erhebungssituation durch die Forscherin erteilt werden. Als ergänzende Maßnahme zur Reduzierung von Urteilsfehlern wurde direkt im Anschluss an die Erhebungssituation (Vernissage) eine 15-minütige Gruppendiskussion geführt, die zur Erklärung und Reflektion der Bewertungsergebnisse im Sinne eines Fragebogen-Feedbacks diente. Empirische Pretests haben in diesem Zusammenhang aufgrund der geringen Vorbereitungszeit des Workshops von ca. 1 Woche nicht stattgefunden.

Als drittes Erhebungsinstrument wurde darüber hinaus ein qualitatives Erhebungsinstrument in Form eines halbstandardisierten Fragebogens entwickelt, der in der folgenden Abbildung 3.21 dargestellt ist.

Dieses Erhebungsinstrument wurde erst ein knappes Jahr nach der Durchführung des Fokusgruppen-Workshops eingesetzt. Ziel war es herauszufinden, warum die im Workshop getroffenen Vereinbarungen nicht eingehalten und keine der Ideen weiterverfolgt wurden, obwohl 17 Ideen für „IoT in Education“ priorisiert wurden. Darüber hinaus wurde die Vernissage mit den 6 Stellwänden und den durch den Workshop generierten Ideen plakativ im Bürogebäude von Bosch Software Innovations ausgestellt, so dass die Trainer*innen der IoT-Academy täglich daran vorbeiliefen, sofern sie ihr Büro betraten.

Das Instrument richtete sich demnach nicht direkt an eine konkrete Forschungsfrage der vorliegenden Untersuchung, sondern verfolgte das Ziel, organisationale Hintergründe zu erforschen, die den konkreten Praxisnutzen bzw.

Fragebogen zum Thema „Smart Learning Environments“:					
	(1) trifft zu	(2) trifft eher zu	(3) teils- teils	(4) trifft eher nicht zu	(5) trifft nicht zu
1. Das Thema „Smart Learning“ ist für mich persönlich interessant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Begründung:					
2. Das Thema „Smart Learning“ ist wichtig für unser Unternehmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Begründung:					
3. Der Workshop aus 2016 hat mir rückblickend betrachtet etwas gebracht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Begründung:					
4. Was sind die Ursachen dafür, dass die Smart Learning Ansätze & Ideen, die im Workshop erarbeitet wurden, nicht weiterverfolgt wurden?					
Begründung:					

Dissertation Sirkka Freigang Fragebogen zu Smart Learning Environments, Erhebung Mai 2017

Abbildung 3.21 Fragebogen Teilstudie 1 (eigene Darstellung)

eine Umsetzung in der Praxis fördern bzw. Hemmnisse zu identifizieren, die auf organisationaler Ebene den nachhaltigen Transfer hemmen.

Nichtsdestotrotz orientiert sich das dritte Instrument an der übergeordneten Zielstellung der Untersuchung, welche im Rahmen eines anwendungsorientierten Gestaltungsprozesses die Entwicklung eines wissenschaftlich fundierten Konzeptes zur Gestaltung intelligenter und hybrider Lernräume anstrebt. Dieses Konzept soll Organisationen schrittweise bei der Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen unterstützen (vgl. Abschnitt 1.4). Entsprechend diene das dritte Instrument dazu herauszufinden, was über das Modell hinaus an Unterstützung benötigt wird, damit die durch das Modell entwickelten Ideen auch systematisch weiterverfolgt werden.

Das überwiegend qualitative Fragebogeninstrument wurde mit einer quantitativen Einheit angereichert, die in Anlehnung an das zweite Erhebungsinstrument zur Objektivierung und Quantifizierung der Expertenaussagen eine gängige, verbale Ratingskala verwendete. Ziel der Durchmischung war es herauszufinden, ob es eventuell einen Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Relevanz des Themas und den Ursachen für die Hemmnisse in Bezug zum organisationalen Praxistransfer gibt. Falls das Thema als nicht wichtig eingestuft worden wäre, wäre dies eine plausible Erklärung für den fehlenden Transfer gewesen. Falls

dieser direkte Zusammenhang über das quantitative Element ausgeschlossen werden kann, dienen die offenen Antwortmöglichkeiten im nächsten Schritt dazu, differenziertere Ursachen zu erheben.

Im Gegensatz zum zweiten Fragebogeninstrument wurde die qualitative Fragebogenstudie in digitaler Form per E-Mail durchgeführt. Dadurch sollte gewährleistet werden, dass die Praxisexperten während ihres Arbeitsalltags ausreichend Zeit und Ruhe für das Ausfüllen der offenen Fragen finden und sich innerhalb einer Frist von einer Woche den Erhebungszeitpunkt selbst aussuchen können. Das E-Mail-Anschreiben inkl. Fragebogen richtete sich an alle Personen der IoT-Academy, die auch am Fokusgruppen-Workshop (Juli 2016) teilgenommen hatten und wurde im Mai 2017 versendet.

Im Vorfeld dieser dritten Datenerhebung wurde eine ca. 30-minütige Gruppendiskussion durchgeführt, an der drei von insgesamt vier Personen der IoT-Academy teilnahmen. Die Gruppendiskussion diente einerseits dazu, die Teilnehmenden des Fokusgruppen-Workshops nach knapp einem Jahr nochmals mit dem Thema und den Workshop-Ergebnissen zu konfrontieren, Ursachen für den fehlenden Praxistransfer im gemeinsamen Gespräch zu ergründen sowie auf die folgende, schriftliche Befragung einzustimmen, damit möglichst alle Personen der IoT-Academy an der Befragung teilnehmen. Die Datenerhebung der Gruppendiskussion erfolgte mittels Gesprächsnotizen.

3.5.1.6 Datenauswertung und Ergebnisse

Zur Datenauswertung wurde wie im vorangegangenen Abschnitt erläutert auf insgesamt drei Erhebungsinstrumente zurückgegriffen. Dazu gehörten das Fotoprotokoll, die Bewertungsmatrix sowie die nach einem Jahr nachgelagerten Fragebögen, die mit einer 30-minütigen Gruppendiskussion angeleitet wurden. Da es sich bei der Datenauswertung der Teilstudie 1 im Verhältnis zur Hauptstudie um sehr kleine Datenmengen handelte, wurde an dieser Stelle auf eine umfassende und detaillierte Darstellung des Auswertungsprozesses verzichtet, um ausschließlich prägnante Punkte herauszuarbeiten, die eine kompakte und fokussierte Darstellung der Ergebnisse ermöglichte. Eine sehr tiefgehende Erläuterung der Datenanalyse und Ergebnisse, wie sie sich im Rahmen der Hauptstudie auf über 10 Unterkapitel erstreckte, würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen. Insofern wurden parallel zu den Fragebögen ausschließlich Notizen und Protokolle (keine Transkriptionen) angefertigt, die im Rahmen der Auswertung und Ergebnisaufbereitung in Bezug zu den o.a. Forschungsfragen interpretativ ausgewertet und zusammengefasst wurden. Entsprechend erfolgte auch keine Kodierung (z. B. des Fotoprotokolls oder der offen formulierten Antworten aus dem Fragebogen) in MAXQDA. Darüber hinaus wurden die Datenanalyse sowie

die Darstellung der Ergebnisse im vorliegenden Abschnitt zusammengefasst, um den Blick auf die wesentlichsten Erkenntnisse zu lenken.

Fotoprotokoll und Bewertungsmatrix

Zunächst einmal kann festgestellt werden, dass der Fokusgruppen-Workshop von den Teilnehmenden insgesamt als sehr gut bewertet wurde. Diese Interpretation beruht auf einer Feedback-Erhebung, die am Ende des Workshops durchgeführt wurde, bei welchem die drei Themenblöcke einzeln auf einer Notenskala von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend) bewertet werden sollten. Bei dem errechneten Mittelwert von 1,4 kann entsprechend geschlussfolgert werden, dass die Teilnehmenden zufrieden waren und deren Erwartungen im Hinblick auf die gesetzten Ziele (vgl. Abschnitt 3.5.1.4) erfüllt wurden.

Die Simulation und Bewertung des ersten Modellentwurfes zur Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen (SLEs) hat ergeben, dass alle Teilbereiche des interdisziplinären Modellentwurfs von den Praxisexperten als relevant im Hinblick auf das Gesamtkonzept bewertet wurden. Dies lässt sich aus den berechneten Mittelwerten schlussfolgern, die in Tabelle 3.2 dargestellt sind.

Bei der Analyse zu den Antworten aus den offen gestellten Fragen konnte festgestellt werden, dass überwiegend ähnliche Ursachen für den fehlenden Praxistransfer aufgeführt wurden. Zusätzlich zu den in der Gruppendiskussion genannten Gründe, konnten über die offenen Fragen folgende Ursachen identifiziert werden (Tabelle 3.3).

So stellte ein/e Trainer*in fest:

„Die Umsetzung erfordert einfach viel mehr Zeit als gedacht, viele der Ideen werden weiterhin verfolgt. Viele Ideen erfordern zudem viel Investition (Zeit!!!, Budget, Abhängigkeiten). Ideen die sich agil bzw. in kleinen Schritten entwickeln lassen, haben ein wesentlich höheres Potenzial realisiert zu werden. Das größte Problem besteht in der Integration verschiedener Plattformen, Technologien und Daten.“

Eine weitere Äußerung formulierte insbesondere die fehlende Unterstützung durch die Entscheidungsträger wie folgt:

„Für mich als Trainer sind neue Werkzeuge & Methoden & Möglichkeiten zur Wissensvermittlung grundsätzlich interessant. Allerdings sehe ich als nicht realistisch an, solche investitionslastigen Ansätze wie „smart learning“ in meinen Trainings einzusetzen: Zum einen gebe ich viele Trainings bei Kunden vor Ort, wo das Equipment nicht vorhanden ist und ich es nicht ständig mitnehmen kann. Zum anderen besteht in unseren eigenen Trainingsräumen nicht einmal für absolut grundlegende & gängige Hardware Budget, bspw. wird unisono als ungeeignet befundene Hardware (z. B.

Tabelle 3.2 Auswertung zu den Mittelwerten aus dem Bewertungsbogen der Teilstudie 1

Frage	N	1 „Bedürfnisse“	2 Lern- und Arbeitsmethoden“	3 Lern- und Unternehmenskultur	4 Intelligente IT-Infrastruktur	5 Digitale & analoge Ausstattung	6 Workplace Architektur
Wie wichtig ist der Teilbereich für das Konzept von Smart Learning Environments?	6	1,86	1,17	1,17	1,83	2,00	2,17
Wie wichtig ist der Teilbereich für die Gestaltung der Waterfront-Lernräume?	6	1,14	1,17	1,5	2,17	1,5	1,33

Tabelle 3.3 Auswertung zu den Mittelwerten aus dem Fragebogen der Teilstudie 1

Frage	N	Minimum	Maximum	Mittelwert
Das Thema „Smart Learning“ ist für mich persönlich interessant	4	1,00	3,00	1,75
Das Thema „Smart Learning“ ist wichtig für unser Unternehmen	4	1,00	2,00	1,5
Der Workshop hat mir rückblickend betrachtet etwas gebracht	4	1,00	4,00	2,5

massiv flimmernder & bei Sonnenschein kaum lesbar lichtschwacher Beamer) nicht ersetzt und eine Verdunklung über Jahre nicht freigegeben.“

Die Befunde der Teilstudie 1 weisen im Gesamtergebnis darauf hin, dass das vorhandene Modell mit der intendierten interdisziplinären Gestaltungsarbeit zwar dazu dient, Ideen für konkrete SLE-Interaktionen zu formulieren, es aber nicht ausreicht, um über die Ideengenerierung hinaus eine Entwicklung in der Praxis anzustoßen. Dazu bedarf es einer strategischen Unterstützung durch die jeweiligen Führungskräfte sowie personellen und finanziellen Ressourcen. Darüber hinaus muss auch für den Gestaltungsprozess im Workshop viel mehr Zeit investiert werden, um fundierte und begründete Ideen generieren zu können, die diskutiert, getestet und detaillierter durchdacht, beschrieben und durchdrungen werden können.

3.5.2 Interviewstudie

In der empirischen Sozialforschung werden Daten über Befragungen, Beobachtungen, Experimente oder über non-reaktive Verfahren erhoben, wobei der ersten Methode die größte Bedeutung zukommt. Das Interview als eine Variante der Befragung ist in der empirischen Sozialforschung eine der wichtigsten Erhebungsmethoden. In Anlehnung an Gläser & Laudel (2010) werden das standardisierte, das halbstandardisierte und das nichtstandardisierte Interview unterschieden (vgl. Abbildung 3.22).

Letztere zeichnen sich dadurch aus, dass ausschließlich offene Fragen mit wenig Vorstrukturierung gestellt werden, auf die der Befragte frei und mit eigenen Worten antworten kann. Hierbei sind situative Anpassungen nicht nur möglich, sondern methodisch erwünscht. Als Unterscheidungsfaktor gilt also, inwiefern

	Fragewortlaut und -reihenfolge	Antwortmöglichkeiten
Standardisiertes Interview	vorgegeben	vorgegeben
Halbstandardisiertes Interview	vorgegeben	nicht vorgegeben
Nichtstandardisiertes Interview	nicht vorgegeben	(nur Thema/Themen vorgeben)

Abbildung 3.22 Klassifikation verschiedener Interviewformen (nach Gläser & Laudel 2010, S. 41)

Fragewortlaut und -reihenfolge und deren jeweiligen Antwortmöglichkeiten vorgegeben sind.

Darüber hinaus lassen sich Interviews ebenfalls anhand der Bezeichnungen offen, nichtstandardisiert und qualitativ differenzieren. Laut Mayring (2002) bezieht sich der Terminus offenes Interview auf die Freiheitsgrade des Interviewpartners, also den Umstand, dass der Proband ohne vorgefertigte Kategorien antworten und somit frei formulieren kann, was er für bedeutend erachtet. Der Begriff „nichtstandardisiert“ legt den Fokus hingegen auf die Freiheitsgrade des Befragenden und somit den Umstand, dass der Interviewer je nach Interviewsituation Fragen und Themen frei formulieren kann ohne sich an einen vorher festgelegten Fragenkatalog halten zu müssen. Der Einsatz von qualitativ-interpretativen Techniken kommt wiederum durch den Begriff des „qualitativen Interviews“ zum Ausdruck, welcher sich auf die Auswertungsmethode bezieht (vgl. ebenda). Eine Übersicht der Begriffsbestimmung nach Mayring ist in folgender Abbildung 3.23 dargestellt.

Offenes (vs. geschlossenes) Interview	bezieht sich auf die Freiheitsgrade des Befragten	Er kann frei antworten, ohne Antwortvorgaben, kann das formulieren, was ihm in Bezug auf das Thema bedeutsam ist
Unstrukturiertes (vs. strukturiertes) bzw. unstandardisiertes (vs. standardisiertes) Interview	bezieht sich auf die Freiheitsgrade des Interviewers	Er hat keinen starren Fragenkatalog, er kann Fragen und Themen je nach Interviewsituation frei formulieren
Qualitatives (vs. quantitatives) Interview	bezieht sich auf die Auswertung des Interviewmaterials	Die Auswertung geschieht mit qualitativ-interpretativen Techniken

Abbildung 3.23 Begriffsbestimmung qualitativ orientierter Interviewformen (nach Mayring 2002, S. 66)

Im Sinne der Klarheit und Lesbarkeit werden im weiteren Verlauf der vorliegenden Forschungsarbeit die Begriffe qualitatives, halbstrukturiertes Experteninterview verwendet. Parallel zu den unterschiedlichen Begrifflichkeiten werden in der Literatur zur qualitativen Sozialforschung eine Vielzahl spezieller Interviewtechniken aufgeführt. So listen Bortz & Döring (2016) allein 19 verschiedene Varianten qualitativer Einzelbefragungen auf. Anhand von Breite und Tiefe der wissenschaftsmethodisch diskutierten Interviewformen sind das narrative Interview (Schütze, 1983), das verstärkt im Bereich der Biografieforschung angewendet wird, das aus der Psychoanalyse stammende Tiefeninterview (Lamnek, 1995) sowie das problemzentrierte Interview (Witzel, 1982) hervorzuheben. Die letztgenannte Interviewtechnik ist auf eine vom Forscher bereits analysierte Problemstellung fokussiert, strebt aber dennoch ein offenes Gespräch an. Das Vorwissen des Interviewers spiegelt sich in einem heuristischen Bezugsrahmen wider und manifestiert sich in einem Interviewleitfaden (Mayring, 2002). Aufgrund des in Abschnitt 3.5 hergeleiteten Untersuchungsdesigns, das trotz explorativem Charakter auf einer theoriegeleiteten empirischen Untersuchung basiert, wird für die vorliegende Studie ein problemzentriertes Interviewverfahren angewendet.

Experteninterviews stellen eine Sonderform des problemzentrierten Interviews dar, da die Probanden einer besonderen Zielgruppe angehören und somit in ihrer Rolle als Unternehmens- oder Branchenrepräsentant, also als Expert*innen, befragt werden. Laut Bogner & Menz (2002) werden Experteninterviews besonders im Rahmen von multimethodischen Forschungsdesigns angewendet, um das Untersuchungsfeld thematisch zu strukturieren. Sie scheinen somit für die Beantwortung der in Unterkapitel 2.4.2 hergeleiteten Forschungslücken sowie -fragen geeignet und kommen daher in der vorliegenden Studie als Erhebungsinstrument zum Einsatz.

In den vorhergehenden Kapiteln wurde dargestellt, dass basierend auf Literaturanalysen der Gegenstand intelligenter und hybrider Lernräume geschärft und durch Erkenntnisse angrenzender Fachdisziplinen angereichert wurde, so dass ein erstes Modell zur Gestaltung von Smart Learning Environments abgeleitet werden konnte. Dieses Modell wurde im Rahmen der Teilstudie 1 einer ersten Validierung aus Praxisperspektive unterzogen und wird im vorliegenden Kapitel im Rahmen einer qualitativen Interviewstudie erneut validiert und erweitert, um im Sinne des Design-Based Research Ansatzes ein Re-Design des Smart Learning Environments Modells vornehmen zu können. Dabei richtet sich die Hauptstudie wie in Abschnitt 3.5 erläutert insbesondere an folgende Forschungsfragen:

- **Forschungsfrage F1:** Welche neuen Lehr- und Lernformate entstehen durch das Internet der Dinge?

sowie die dazugehörige

- **Unterfrage F1.1:** Wie können Lernprozesse durch das Internet der Dinge unterstützt werden?

und

- **Forschungsfrage F2:** Wie kann der Lernraum die darin stattfindenden Lernprozesse unterstützen?

sowie die dazugehörige

- **Unterfrage F2.2:** Welche Anforderungen an die Gestaltung von Lernräumen gibt es?

Ziel der Hauptstudie war es, in intensiven Gesprächen mit ausgewiesenen Fachexperten, die überwiegend aus einem wissenschaftlichen Umfeld kamen, den Untersuchungsgegenstand theoriegeleitet zu vertiefen. In Ergänzung zur ersten Teilstudie sollten auch in den Interviews Anregungen und Feedback zum ersten Modellentwurf durch die Fachexperten gegeben werden. Die qualitative Befragung wurde entsprechend mit einem quantitativen Begleitfragebogen (vgl. Teilstudie 2 in Abschnitt 3.5.2.1.2) kombiniert, um die Expertenmeinungen zu systematisieren, eine Vergleichbarkeit und quantifizierbare Auswertung zu ermöglichen. Die qualitative und quantitative Datenerhebung erfolgte überwiegend parallel während der Interviewsituation (vgl. Abschnitt 3.5.2.1.4).

Nachdem die qualitativen, halbstrukturierten und problemzentrierten Experteninterviews durchgeführt und transkribiert wurden, kam in einem folgenden Schritt eine qualitative Inhaltsanalyse zur Anwendung, um die Daten auszuwerten. Die methodischen Grundlagen der Datenauswertung werden in Abschnitt 3.5.2.2 näher erläutert.

3.5.2.1 Datenerhebung

Qualitative Interviews folgen einem strukturierten Prozess, der aus unterschiedlichen Arbeitsschritten besteht. Bortz & Döring (2016) verweisen hier auf insgesamt acht Teilschritte, die in der folgenden Abbildung 3.24 dargestellt sind.

Die Erhebung beginnt mit der inhaltlichen Vorbereitung und der Planung des Interviewkonzepts. Beim Festlegen des Befragungsthemas ist zu definieren, was genau erforscht werden soll, wie weiträumig oder eng die damit einhergehenden Fragen sind und ob eine offene oder standardisierte Methodik verfolgt wird. Für

die vorliegende Studie wurden diese Aspekte bereits in Abschnitt 3.5 betrachtet. Zur Strukturierung von Experteninterviews sind im Vorfeld ein Leitfaden zu erstellen und Fragen auszuformulieren, die im folgenden Abschnitt näher erläutert werden. Außerdem müssen die Kriterien definiert werden, anhand derer die Expert*innen ausgewählt werden (vgl. Abschnitt 3.5.2.1.3).



Abbildung 3.24 Ablauf eines qualitativen Interviews (eigene Darstellung nach Bortz & Döring 2016)

Nachdem die organisatorischen Vorbereitungen abgeschlossen sind, beginnen qualitative Interviews mit einer gegenseitigen Vorstellung und einer Einführung zu Hintergründen und Zielen des jeweiligen Forschungsprojekts. Eine Darstellung der Durchführungssituation erfolgt in Abschnitt 3.5.2.1.4 Die Qualität der erhobenen Daten ist neben dem Wissen der Befragten wesentlich abhängig vom Interviewverlauf und somit von den Fähigkeiten des Interviewers. Um das Gespräch anregend passiv lenken zu können, sollte der Interviewer über eine hohe methodische als auch über inhaltliche Kompetenz verfügen und bestimmte Regeln der Interviewführung beachten. Nach Ende des eigentlichen Interviews sollten umgehend erste Notizen zu Inhalten, zur Gesprächssituation und zu nonverbalen Reaktionen des Gesprächspartners dokumentiert werden.

3.5.2.1.1 Konstruktion des Leitfadens

Da die Experteninterviews im Rahmen der vorliegenden Untersuchung theoriegeleitet und in Form eines problembasierten Interviews durchgeführt wurden, wird im Folgenden die Konstruktion des Leitfadens beschrieben. Dabei sind Interviewleitfäden weniger als Frage-Antwort-Schablone zu verstehen, sondern dienen als Gedächtnisstütze und allgemeinen Orientierungsrahmen für die Forscherin. Darüber hinaus kann der Leitfaden eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Interviews sicherstellen.

Der Leitfaden (vgl. Abbildung 3.25), der der vorliegenden Studie zugrunde lag und dem Anhang entnommen werden kann, bestand in Anlehnung an einen typischen Ablauf eines Interviews (vgl. Abbildung 3.24) aus insgesamt acht Phasen, die schrittweise aufeinander aufbauten. Die Leitfragen orientierten sich dabei an den Forschungsfragen, wie sie in Abschnitt 1.4 und 2.4.2 hergeleitet und erörtert wurden. Die Forscherin benutzte überwiegend direkte und offene Fragen, wohingegen latente Fragestellungen aufgrund der bereits sehr komplexen Thematik nicht benutzt wurden. Die Reihenfolge der Leitfragen wurde dabei gelegentlich angepasst bzw. Fragen aus dem technologisch orientierten Teil ausgelassen, falls der Befragte/ die Befragte eher dem Umfeld der Architektur oder Lernraumforschung zuzuordnen war.



Abbildung 3.25 Komprimierter Interviewleitfaden (eigene Darstellung)

Basierend auf den im vorherigen Abschnitt abgeleiteten Regeln zur Interviewdurchführung bestand der Gesprächsbeginn nach einer Vorstellung der eigenen

Person und des Forschungsthemas aus 11 offenen Fragen, um generelle Informationen zu Anwendungsmöglichkeiten des Internet der Dinge im Kontext von Lehr- und Lernprozessen in physischen Lernräumen ermitteln zu können. Um die Fragen dem Vorverständnis der Expert*innen entsprechend modifizieren bzw. die Reihenfolge anpassen zu können, wurde als einleitende Frage nach dem fachlichen Hintergrund des Interviewpartners gefragt. Dies diente lediglich einer Absicherung, da im Vorfeld eine sorgfältige Auswahl der Expert*innen stattgefunden hatte (vgl. Abschnitt 3.5.2.1.3). Anschließend wurde zunächst eine eröffnende Frage zu allgemeinen Veränderungen von Lehr- und Lernmethoden im betrieblichen Umfeld gestellt. Ziel war es zu ergründen, ob die Expert*innen der Meinung sind, dass sich diesbezüglich Veränderungen beobachten lassen. Erst im weiteren Verlauf wurde nach der Rolle der Technologie gefragt, wobei der Fokus insbesondere auf das Internet der Dinge und die künstliche Intelligenz gelegt wurden.

Im zweiten Teil des Gesprächs ging es dann um die Rolle der physischen Lernräume. Ziel war es herauszufinden, inwiefern sich o.a. Technologien in Lernräumen manifestieren und das Lernen unterstützen können. Diese Frage war sehr zukunftsbezogen und auf visionäre Lernszenarien ausgerichtet, so dass zur Beantwortung gewisse kreative Fähigkeiten seitens der Expert*innen benötigt wurden.

Im letzten Teil des Interviews wurde in Anlehnung an die Strukturlegetechnik nach Scheele & Groeben (1988) das visuell aufbereitete hypothetische Modell zur Gestaltung von Smart Learning Environments vor den Expert*innen ausbreitet. Das Darstellungsmittel (Mayring 2002, S. 85 f.) bestand aus insgesamt acht auf Kartonpapier ausgedruckten Abbildungen auf DIN A4-Format, die das Modell mit den jeweiligen Handlungsfeldern, Einflussbereichen und dazugehörigen Faktoren visualisierte. Ziel war es, den Expert*innen einerseits einen ersten Eindruck über den aktuellen Stand der interdisziplinären Forschungsarbeit zu geben, der innerhalb des Modells verdichtet wurde. Andererseits sollten die aus der Theorie abgeleiteten Handlungsfelder, Einflussbereich und Faktoren auf Stimmigkeit, Verständlichkeit, Struktur und Systematisierung geprüft werden. Um die Expertenmeinungen systematisch erfassen zu können, wurde parallel zum Modell ein Begleitfragebogen ausgeteilt, der auf zwei Seiten alle Handlungsfelder, Einflussbereiche und Items komprimiert darstellte. Auf dem vollstandardisierten Fragebogen sollten die Expert*innen einschätzen, wie wichtig ihrer Meinung nach die einzelnen Faktoren sind (vgl. folgenden Abschnitt 3.5.2.1.2). Das quantitative Erhebungsinstrument wurde mit dem Ziel entwickelt, eine differenzierte und vergleichbare Einschätzung für jeden der insgesamt sechs Teilbereiche des Modells zu erhalten, das zudem einfach und zeitsparend von den Fachexperten innerhalb

des Interviews ausgefüllt werden konnte. Nähere Erläuterungen zur Durchführung sind in Abschnitt 3.5.2.1.4 aufgeführt.

Das Interview endete mit einer finalen Frage hinsichtlich allgemeiner Bedenken und Risiken beim Einsatz derart intelligenter Lernumgebungen. Ziel war es, abschließend kritische Faktoren zu ergründen, die im Zuge eines Gesamtkonzeptes berücksichtigt werden sollten.

Bei der Konstruktion des Leitfadens kamen die von Helfferich (2004) postulierten Regeln zur Leitfadententwicklung zum Einsatz. Insbesondere wurde das Prinzip der Offenheit als wesentliches Merkmal qualitativer sozialwissenschaftlicher Forschung verfolgt. Die Anzahl der Fragen wurde begrenzt und am natürlichen Argumentationsfluss des Interviewten ausgerichtet. Weiterhin sollte das reine Ablesen von Fragen vermieden werden und spontanen Äußerungen seitens des Interviewten stets Vorrang gegeben werden. Besonderes Augenmerk wurde auf die Übersichtlichkeit und Benutzbarkeit des Leitfadens gelegt.

Der Expert*innenleitfaden wurde im Rahmen von 2 Experteninterviews im Vorfeld getestet. Dabei wurden insbesondere Schwächen in Bezug zu einer systematischen Bewertungsmethode des SLE-Modells deutlich, die sich in einer fehlenden Genauigkeit, Objektivierung und Vergleichbarkeit der Expert*innenaussagen manifestierten. Um diese Schwächen zu reduzieren wurde ein ergänzendes, quantitatives Erhebungsinstrument (o.a. Begleitfragebogen) für die Hauptstudie entwickelt, welches im folgenden Abschnitt (3.5.2.1.2) dargestellt wird. Darüber hinaus wurden Unschärfen in der Leitfragenformulierung sowie Reihenfolge erkannt und überarbeitet.

3.5.2.1.2 Konstruktion des Begleitfragebogens (Teilstudie 2)

Als ein zweites Erhebungsinstrument innerhalb der Hauptstudie kam neben dem Expertenleitfaden ein „Begleitfragebogen“ zum Einsatz, der im Rahmen einer 2. Teilstudie eingesetzt und ausgewertet wurde (vgl. Abschnitt 3.5.2.2.4). Der Begleitfragebogen resultierte aus den ermittelten Schwächen des Expertenleitfadens, die im Rahmen eines Pretests ermittelt und in vorherigem Abschnitt erläutert wurden. Um die Expertenmeinungen systematischer erfassen und vergleichen zu können, wurde parallel zur Bewertungsphase des SLE-Modells innerhalb des Interviews ein Begleitfragebogen konstruiert, der auf drei DIN A4-Seiten alle Handlungsfelder, Einflussbereiche und Items komprimiert darstellte. Auf dem vollstandardisierten Fragebogen sollten die Expert*innen einschätzen, wie wichtig ihrer Meinung nach die einzelnen Faktoren sind.

Das quantitative Erhebungsinstrument wurde mit dem Ziel entwickelt, eine differenzierte und vergleichbare Einschätzung für jeden der insgesamt sechs Teilbereiche des Modells zu erhalten, das zudem einfach und zeitsparend von den

Fachexperten innerhalb des Interviews ausgefüllt werden konnte. Nähere Erläuterungen zur Durchführung sind in Abschnitt 3.5.2.1.4 aufgeführt. Die schriftliche Befragung wurde in Form eines vollstandardisierten Fragebogens umgesetzt und ist in der folgenden Abbildung 3.26 exemplarisch für das 2. Handlungsfeld „Raum“ des hypothetischen Modells (vgl. Abschnitt 3.4.3) ersichtlich. Das vollständige Erhebungsinstrument kann dem Anhang entnommen werden.

Teil II - EINSCHÄTZUNG PRO TEILBEREICH AUF DER RAUM-EBENE

Bitte bewerten Sie die Wichtigkeit des jeweiligen Items von 1 – 5
 (1) Sehr wichtig – (2) wichtig – (3) teils-teils – (4) eher unwichtig – (5) unwichtig

4. IT-INFRASTRUKTUR ITEMS	(1) – (5)	5. AUSSTATTUNG ITEMS	(1) – (5)	6. ARCHITEKTUR ITEMS	(1) – (5)
IT-Spezialisten bündeln		Tische, Stühle, Hocker, Sofas etc.		Raumgröße	
Identifizierung von internen / externen Wissensquellen		„Normale“ Hardware (z.B. Beamer, Audiosystem, Bildschirme etc.)		Basics (Tageslicht, Beschattung, Heizung, Luftqualität, Akustik)	
Big Data Analytics		„Smarte“ Hardware (z.B. PC, Smart Board, Smart Screen, Tablets etc.)		Atmosphäre (Frühigkeit, Strukturen, Formen, Beleuchtung)	
Neuronale Netze		Raumbuchungs-Software (Apps), SmartHome		Bezug zur Natur & Außenbereiche	
Lieferung von nutzerorientierten Inhalten		Tools for Learning (z.B. Twitter, YouTube, Prezi, Camtasia, Screenr etc.)		Nachhaltigkeit (z.B. Upcycling)	
Klassifikation der Suchergebnisse		Design Thinking Toolboxes		Integrierte Technik (IoT)	
Green IT		Kreativitätsmaterialien (z.B. beschreibbare Wand, Pinwand, Stifte)		Zonenkonzept (Einzelarbeit, Gruppenarbeit, Lounge-Bereiche)	
Intelligentes, personalisiertes Empfehlungssystem				Multifunktionale Einrichtung	

Dissertation Sirka Freigang Bewertungsbogen: Konzept zur Gestaltung intelligenter und hybrider Lernräume Seite 3

Abbildung 3.26 Auszug aus dem Begleitfragebogen (eigene Darstellung)

Auf der ersten (von insgesamt drei Seiten) wurde in Teil I der Befragung eine generelle Einschätzung von den Expert*innen abgefragt, die sich darauf bezog, wie geeignet das vorliegende Modell ist, um intelligente und hybride Lernräume didaktisch fundiert zu gestalten. Diese Frage wurde mit einer intervallskalierten, unipolaren, verbalen Ratingskala unterlegt, wobei von 1 = trifft zu bis 5 = trifft nicht zu, bewertet werden konnte. Aufgrund der Wichtigkeit dieser zentralen Frage wurde anschließend ein offenes Feld für eine Begründung oder generelle Hinweise eingefügt. Da jedoch ca. 50 % der Begleitfragebögen während der Interviewsituation ausgefüllt wurden, wurde eine Begründung in vielen Fällen mündlich dargelegt und im Rahmen der Inhaltsanalyse (vgl. Abschnitt 3.5.2.2) ausgewertet.

Teil II der Befragung wurde auf der zweiten und dritten DINA4-Seite des Begleitfragebogens umgesetzt (vgl. Abbildung 3.26) und bezog sich auf die Darstellung und Bewertung der zwei Handlungsfelder mit sechs Einflussbereichen und 47 Items.

Das quantitative Erhebungsinstrument war als Ergänzung zum qualitativen Interview gedacht und sollte aufgrund der Komplexität zunächst im Interview erläutert und anschließend ausgefüllt werden. Dabei orientierte sich das Erhebungsinstrument an den in Abschnitt 3.5 erläuterten (Unter-)Forschungsfragen:

- **Unterfrage F1.2:** Welche Einflussbereiche zeichnen intelligente und hybride Lernräume aus?
- **Unterfrage F1.3:** Welche Erfolgsfaktoren müssen bei einer Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen berücksichtigt werden?
- **Unterfrage F1.4:** Wie könnte ein didaktisch fundiertes Modell zur Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen aussehen?

Das forschungsleitende Ziel bestand darin herauszufinden, ob das Modell auf Basis der aus der interdisziplinären Theorie abgeleiteten sechs Einflussbereiche mit den jeweils identifizierten Einflussfaktoren von den Fachexperten als systematisch konstruiert und relevant für die Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen eingeschätzt wurden. Zur Item-Konstruktion wurde zu dem zu messenden Konstrukt (intelligente und hybride Lernräume bzw. Smart Learning Environments) ein Pool von insgesamt 47 transdisziplinären Items identifiziert, die auf Basis von Theorien, Praxiserfahrungen und empirischen Befunden (vgl. Kapitel 2) zusammengestellt wurden. Bortz & Döring (2016) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass für eine Bewertung von Items eine typische 5-stufige Ratingskala von starker Zustimmung bis starker Ablehnung als valide gilt.

Für die Objektivierung und Quantifizierung der Experteneinschätzungen wurde in Anlehnung an Bortz & Döring eine gängige, intervallskalierte, unipolare numerische Skala von 1–5 verwendet. Diese Skala wurde gewählt, da in Bezug auf Reliabilität, Validität und den Differenzierungsgrad, mit fünf bis sieben Kategorien die fundiertesten Ergebnisse erzielt werden können (Menold, Bogner & GESIS-Leibniz Institute For The Social Sciences, 2014). Die Befragten sollten dabei jene Stufe der Ratingskala eintragen, die ihrem subjektiven Empfinden der Merkmalsausprägung bei dem infrage kommenden Item entspricht.

Demzufolge wurden alle 47 Items im Hinblick auf dessen Wichtigkeit im Rahmen des Gesamtkonzeptes von den Expert*innen bewertet. Dabei sollten die

Expert*innen die Bewertung selbst eintragen, wobei 1 = sehr wichtig, 2 = wichtig, 3 = teils-teils, 4 = eher unwichtig und 5 = unwichtig bedeutete. Bei der Konstruktion des Begleitfragebogens wurde absichtlich eine Mittelkategorie angeboten, damit die Expert*innen trotz einer neutralen Einstellung nicht auf eine andere Kategorie auswichen und die Daten somit systematisch verzerrten.

Der Begleitfragebogen wurde bewusst während der Interview-Durchführung eingesetzt, da den Expert*innen die dafür notwendigen Zusatzinformationen durch eine vorangegangene Erläuterung des Modells durch die Forscherin vermittelt werden konnten. Insofern wurde die Erhebungssituation systematisch geplant, um die in Ratingskalen gängigen Urteilsfehler zu reduzieren. Ein weiterer Vorteil bestand darin, dass die Expert*innen jederzeit Rückfragen stellen konnten. Dies war insbesondere bei nicht ganz eindeutigen Items von Vorteil (vgl. Abschnitt 3.5.2.1.4).

Im Hinblick auf eine gut lesbare und großzügig gestaltete Formatierung (Döring & Bortz, 2016) wurde das Layout des schriftlichen Fragebogens dahingehend ausgerichtet, dass anstatt der möglichen zwei Seiten, ein übersichtlicher Fragebogen auf insgesamt 3 Seiten entwickelt wurde.

Ein empirischer Pretest des Begleitfragebogens konnte aufgrund der bereits terminierten Experteninterviews leider nicht durchgeführt werden.

3.5.2.1.3 Auswahl der Fachexperten und Sampling

Für die vorliegende Interviewstudie wurde die in Frage kommende Stichprobe im Vorfeld genau eruiert und anhand bestimmter Merkmale festgelegt. Die Samplingstrategie richtete sich entsprechend dem Forschungsdesign und der Forschungsfragen an einen interdisziplinär ausgerichteten Expertenkreis, der sich idealerweise aus den Fachdisziplinen Bildungstechnologien, Informatik und Architektur zusammensetzte. Die Probanden wurden dabei im Sinne einer maximalen Kontrastierung ausgewählt, um dem transdisziplinären, gestaltungsorientierten Forschungsdesign gerecht zu werden.

Um sicherzustellen, dass eine theoretische Sättigung erreicht wird, wurden analog der im Vorfeld erarbeiteten Einflussbereiche Expert*innen gesucht, die in der Lage sind, jene Felder abzudecken. Insgesamt wurde bei der Auswahl der Expert*innen auf eine hohe akademische Expertise geachtet, da die Hauptstudie im Vergleich zur ersten Teilstudie eine theoriegeleitete Fundierung und Erweiterung anstrebte.

Wie Tabelle 3.4 verdeutlicht, konnten hochrangige Expert*innen aus unterschiedlichen Bereichen für das Experteninterview gewonnen werden. Von insgesamt 12 für die Befragung passenden und angefragten Expert*innen haben sich 9

Personen zu einem Interview bereiterklärt. Da mit einer niedrigeren Quote gerechnet wurde, wurden insgesamt mehr Interviews durchgeführt, als dies ursprünglich geplant war.

Bei der Zusammenstellung der in Frage kommenden Stichprobe wurde insbesondere auf die Publikationen im jeweiligen Fachgebiet sowie auf praktische Erfahrungen in der Realisierung von innovativen Bildungsprojekten geachtet. Um die Expert*innen für ein Interview zu gewinnen, wurden diese über E-Mail kontaktiert, über das Forschungsprojekt unterrichtet und um die Teilnahme an der Interviewstudie gebeten. Das vollständige Anschreiben kann dem Anhang entnommen werden. Die eigentliche Terminvereinbarung erfolgte in einem zweiten Schritt über dieselben Kanäle.

Für die empirische Interviewstudie standen somit insgesamt 11 Expert*innen zur Verfügung, die im Rahmen von neun problemzentrierten Interviews ihre subjektiven Einschätzungen, Deutungsmuster und Handlungsorientierungen zum Untersuchungsgegenstand offenlegten. Darüber hinaus wurden zwei weitere „Test-Interviews“ mit Expert*innen geführt, die aus dem Bereich der Bildungspolitik sowie der Bildungstechnologie stammten, die in o.a. Tabelle nicht enthalten sind.

Aufgrund der thematischen Sättigung wurden insgesamt sieben Interviews in die Datenauswertung überführt (vgl. 3.5.2.2).

3.5.2.1.4 Durchführung und Transkription

Die Experteninterviews wurden überwiegend persönlich am Arbeitsplatz der Expert*innen bzw. in drei Fällen Online via Skype durchgeführt, da die Terminierung keine andere Möglichkeit bot. Die Gespräche wurden in deutscher Sprache geführt, waren fachlich sehr tiefgehend und dauerten zwischen 51 und 129 Minuten. Die Gesprächsinhalte orientierten sich am zuvor entwickelten Leitfaden und den Interviewunterlagen (vgl. Abschnitt 3.5.2.1.1). Um einen wissenschaftlich fundierten und reibungslosen Ablauf der Interviews zu gewährleisten, wurde zu jedem Interviewtermin folgendes Begleitmaterial vor Ort verwendet.

Dokumente und Equipment:

- Allgemeine Hinweise (Dokument)
- Vorstellung der eigenen Person (Dokument)
- Vorstellung des Forschungsthemas (Dokument)
- Expert*innenleitfragen (Dokument)
- Forschungstagebuch (Notizbuch)

Tabelle 3.4 Anonymisierte Übersicht der Teilnehmer*innen der Interviewstudie

Lfd.-Nr.	Titel/ Funktion	Datum	Dauer in Min.	Ort der Durchführung	Fach-/ Forschungsgebiete	Begründung für die Auswahl
IP1	Prof.	03.11.16	96	DFKI Competence Center for Learning Technology, Berlin	Web-basierte Lernumgebungen, semantische Wissensplattformen, immersive multi-modale Lernumgebungen	<ul style="list-style-type: none"> • IP1 ist Spezialist für intelligente Verfahren der Informationsaufbereitung • IP1 hat zahlreiche fachspezifische Publikationen herausgegeben sowie internationalen Forschungsprojekte begleitet
IP2	Prof.	28.10.16	90	Universität Potsdam, Institut für Informatik & Computational Science, Potsdam	Interoperabilität in heterogenen Umgebungen, mobile und pervasive Anwendungen, Infrastrukturen für E-Learning, E-Science und E-Administration	<ul style="list-style-type: none"> • IP2 ist Spezialist im Bereich Personal-/ Smart Learning Environments sowie Executive Member der IASLE (International Association of smart learning environments) • IP2 hat zahlreiche fachspezifische Publikationen verfasst sowie Forschungsprojekte begleitet
IP3	Prof.	01.12.16	105	Online via Skype	Enterprise 2.0, Corporate Learning und Organisationsentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • IP3 hat zahlreiche fachspezifische Publikationen verfasst • Als langjähriger Berater und Honorarprofessor verfügt IP3 über weitreichende Erfahrungen aus der verhaltenswissenschaftlichen Organisationsforschung

(Fortsetzung)

Tabelle 3.4 (Fortsetzung)

Lfd.-Nr.	Titel/ Funktion	Datum	Dauer in Min.	Ort der Durchführung	Fach-/ Forschungsgebiete	Begründung für die Auswahl
IP4	IoT Lab@HSG	23.11.16	74	Bosch IoT Lab@HSG, St. Gallen	Internet der Dinge, Elektrotechnik, Produktentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> IP4 hat in Vertretung von Prof. Fleisch (ETH Zürich, Uni St. Gallen) an der Studie teilgenommen, der zahlreiche fachspezifische Publikationen verfasst hat und als einer der wenigen IoT-Spezialisten auch Auswirkungen des Internet der Dinge auf den Bildungsbereich formuliert
IP5	Dr.	04.11.2016	78	Online via Skype	Bildungstechnologie, e-Learning, Social Media/Web 2.0 & Social Learning, MOOCs, Knowledge Management, Enterprise 2.0.	<ul style="list-style-type: none"> IP5 ist Herausgeber eines Bildungs-Blogs und hat zahlreiche fachspezifische Publikationen verfasst sowie anwendungsorientierte Projekte begleitet IP5 hat umfassende Erfahrungen in der Implementierung innovativer Bildungsprojekte in Organisationen

(Fortsetzung)

Tabelle 3.4 (Fortsetzung)

Lfd.-Nr.	Titel/ Funktion	Datum	Dauer in Min.	Ort der Durchführung	Fach-/ Forschungsgebiete	Begründung für die Auswahl
IP6	Prof.	10.11.16	96	Laboratory of Knowledge Architecture, Fakultät für Architektur TU Dresden	Knowledge Spaces (Architektur für Wissensräume), Architektur, Lernräume, Gestaltung, Raumsoziologie, Raum- und Stadtentwicklung, Lab-Entwicklung, Wissenstransfer in Cyber-Physischen Systemen	<ul style="list-style-type: none"> • IP6 ist Spezialist für Wissensarchitektur • IP6 hat zahlreiche fachspezifische Publikationen verfasst sowie Forschungsprojekte begleitet
IP7 IP7.1	Prof. Prof.	13.12.16	99	HdM Hochschule der Medien, Stuttgart	Medienwissenschaft, Medienpädagogik, Lernwelten, Lernraumforschung, physische, digitale und hybride Lernräume der Zukunft, Raumkonzepte, organisatorische Gestaltungskonzepte, Informationsdesign	<ul style="list-style-type: none"> • IP7 und IP7.1 sind Spezialisten im Bereich hybrider Lernräume und haben zahlreiche fachspezifische Publikationen verfasst sowie Forschungsprojekte begleitet

(Fortsetzung)

Tabelle 3.4 (Fortsetzung)

Lfd.-Nr.	Titel/ Funktion	Datum	Dauer in Min.	Ort der Durchführung	Fach-/ Forschungsgebiete	Begründung für die Auswahl
IP8 IP8.1	Prof. Dr.	22.11.16	129	CiL Center for Innovative Learning Technologies RWTH, Aachen	Informatik, Learning Analytics, Bildungstechnologien, Personal Learning Environments, Recommender Systems	<ul style="list-style-type: none"> • IP8 ist Spezialist für innovative, IT-gestützte Lernumgebungen • IP8 und IP8.1 sind an einer Vielzahl an Projekten beteiligt, die die Entwicklung von intelligenten Lernumgebungen beinhalten. Beide sind Autoren fachspezifischer Publikationen
IP9	Dr.	13.12.16	79	Bosch Software Innovations, Waiblingen	Softwareentwicklung, Internet der Dinge, Wirtschaftsinformatik	<ul style="list-style-type: none"> • IP9 hat langjährige und praktische Erfahrung in der Entwicklung von IoT-Systemen

- Aufnahmegerät (Phillips VOICE TRACER digital Recorder) inkl. Ersatzbatterien
- Darstellungsmittel: SLE-Modell auf Kartonpapier (acht DIN A4-Seiten)
- 3-seitiger Begleitfragebogen

Der Redeanteil der Interviewten war deutlich höher als der der Forscherin und die Antworten der Befragten enthielten spezifische und für die Forschungsfragen relevante Informationen. Die Gespräche wurden mit Zustimmung der Befragten digital aufgezeichnet, wobei absolute Anonymität zugesichert wurde.

Wie bereits in Abschnitt 3.5.2.1.2 dargelegt, wurde im letzten Teil des Interviews eine Bewertung der Fachexperten abgefragt, die sich mittels Begleitfragebogen an die bisherige Ausarbeitung des hypothetischen SLE-Modells richtete. In Anlehnung an die Strukturlegetechnik nach Scheele & Groeben (1988) wurde das visuell aufbereitete hypothetische Modell zur Gestaltung von Smart Learning Environments in einer ca. 6-minütigen Kurzvorstellung der Forscherin vor den Expert*innen ausgebreitet. Das Darstellungsmittel (Mayring 2002, S. 85 f.) bestand aus insgesamt acht auf Kartonpapier ausgedruckten Abbildungen, die das Modell mit den jeweiligen Handlungsfeldern, Einflussbereichen und dazugehörigen Faktoren visualisierte (vgl. Unterkapitel 3.4.3). Ziel war es einerseits, den Expert*innen einen ersten Eindruck über den aktuellen Stand der interdisziplinären Forschungsarbeit zu geben, der innerhalb des Modells verdichtet wurde. Andererseits sollten die aus der Theorie abgeleiteten Handlungsfelder, Einflussbereich und Faktoren auf Stimmigkeit, Verständlichkeit, Struktur und Systematisierung geprüft werden.

Dabei sollten die Expert*innen den Fragebogen während der Interviewsituation ausfüllen, um bei eventuellen Unklarheiten auf die Forscherin zugehen zu können. Etwa die Hälfte aller Fragebögen wurden jedoch nachträglich ausgefüllt und per E-Mail zurückgeschickt, da im Termin selbst keine Zeit mehr zur Verfügung stand. Eine 100 %-ige Rücklaufquote ermöglichte dennoch eine wissenschaftliche Auswertung, die in Abschnitt 3.5.2.2.4 erläutert wird.

In Bezug zur Transkription wurden sowohl Namen von Personen und Unternehmen als auch sonstige Inhalte, die Rückschlüsse auf deren Identität zugelassen hätten, anonymisiert. Um die Auswertung zu ermöglichen, wurden die Transkripte absatzweise durchnummeriert, wobei jeder Rednerwechsel einem neuen Absatz entsprach.

In der Literatur werden verschiedene Ansätze diskutiert, wie Interviews zu verschriftlichen sind (Döring & Bortz, 2016). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die vereinfachten Transkriptionsregeln nach Dresing & Pehl (2011) angewendet und die Aussagen der Interviewpartner nicht sinngemäß, sondern

wortwörtlich transkribiert. Durch dieses stringente Vorgehen wurde sichergestellt, dass der Sinn des Gesagten erhalten blieb und während der Transkription noch keine Interpretation des Materials erfolgte. Die Transkriptionsregeln sind dem Anhang zu entnehmen.

Im Rahmen der Hauptstudie wurden insgesamt 897 Gesprächsminuten erhoben, von denen 661 Audiominuten in die Transkription eingingen und von einem professionellen Transkriptions-Serviceleister erstellt wurden. Von insgesamt neun durchgeführten Interviews wurden aufgrund der theoretischen Sättigung sieben Transkriptionen in die systematische Datenanalyse überführt.

3.5.2.2 Datenauswertung

Qualitative Daten in Textform lassen sich auf unterschiedliche Weise auswerten. Ziel ist dabei, die Daten methodisch kontrolliert und in systematischer Weise auszuwerten. Es gibt unterschiedliche Arten der Auswertung wie z. B. die narrative Analyse, phänomenologische Analyse, Konversationsanalyse, objektive Hermeneutik oder typologische Analyse (Döring & Bortz, 2016). Für die vorliegende Forschungsarbeit konnten zwei Methoden identifiziert werden, die in Bezug zum Forschungsdesign und den Forschungsfragen als gegenstandsangemessen scheinen. Dies ist zum einen die Grounded Theory und zum anderen die qualitative Inhaltsanalyse.

3.5.2.2.1 Datenauswertung der Interviews

In den vergangenen Jahren wurde die Methode der Grounded Theory (GT) nach Glaser & Strauss (1967) sowie Strauss & Corbin (1990) vielfach angewendet und ist zu einer gängigen Auswertungsmethode in der qualitativen Sozialforschung geworden. Die Grounded Theory eignet sich durch wiederholtes offenes und axiales Kodieren insbesondere zur Auswertung von Material, zu dessen Inhalten und Themen kein oder nur wenig Vorwissen besteht. So orientiert sich der Forscher zwar an einem zuvor aufgestellten Kodierparadigma, die Kodes selber werden allerdings erst im Prozess des Kodierens entwickelt. Ein charakteristisches Merkmal der GT ist eine gegenstandsverankerte Theoriebildung, wobei die Forschenden offen und nicht theoriegeleitet ins Feld gehen. Der GT-Ansatz ist im Bereich der qualitativen Datenanalyse mit Abstand die gängigste und verbreitetste Methode, die auch in der psychologischen Forschung etabliert ist (Döring & Bortz, 2016).

Innerhalb eines Design-Based Research Ansatzes bietet sich die Datenanalyse auf Grundlage der Grounded Theory Methodik aufgrund des offenen und explorativen Charakters geradezu an. Auf der anderen Seite wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sehr theoriebezogen vorgegangen, so dass eine

komplett unvoreingenommene Haltung im Forschungsprozess nicht eingenommen wurde, da intensive Vorarbeiten und die Modellierung erster Erkenntnisse auf vorhandenen Vorannahmen beruhten. Von daher passt die GT zwar zum allgemeinen gestaltungsorientierten Forschungsansatz, nicht jedoch in Bezug auf die sehr theoriebezogene und im Vorfeld festgelegte interdisziplinäre Ausrichtung der Forschungsarbeit.

Eine alternative Auswertungsmethode ist die qualitative Inhaltsanalyse. Im Gegensatz zur Grounded Theory geht die qualitative Inhaltsanalyse mit explizitem Vorwissen, also theoriegeleitet, in die Analyse. Sie verfolgt das Ziel, Texte systematisch zu analysieren, indem sie das Material schrittweise mit theoriegeleitet am Material entwickelten Kategoriensystemen bearbeitet (Mayring 2002). Die qualitative Inhaltsanalyse ist besonders im deutschsprachigen Raum weit verbreitet und im Bereich der qualitativen Datenauswertung eine nicht zu vernachlässigende Alternative zur Grounded Theory. Insbesondere die Autoren Mayring, Gläser & Laudel sowie Kuckartz prägten in der Vergangenheit das methodische Vorgehen der qualitativen Inhaltsanalyse.

Während Mayring (2010) schwerpunktmäßig beispielsweise eher einen Überblick über verschiedene Interpretationstechniken der qualitativen Inhaltsanalyse in seinem Lehrbuch gibt, beschäftigen sich Gläser und Laudel (2010) in ihrer Publikation stärker mit der Erhebungsmethode der leitfadengestützten Experteninterviews einerseits sowie mit einer der Methode der Extraktion arbeitenden qualitativen Inhaltsanalyse andererseits, die eine modifizierte Form der strukturierenden Inhaltsanalyse darstellt. Kuckartz (2012) verfolgt hingegen das Ziel, eine anwendungsorientierte, computergestützte Einführung in die qualitative Inhaltsanalyse am Beispiel von Daten aus leitfadenorientierten Interviews zu geben. In der Literatur werden entsprechend unterschiedliche Merkmale, Formen und Abläufe der qualitativen Inhaltsanalyse aufgeführt.

Einen vergleichenden Überblick gibt Schreier (2014), wobei die Autorin insgesamt 11 Varianten der qualitativen Inhaltsanalyse gegenüberstellt (vgl. Tabelle 3.5).

Alle oben aufgeführten Verfahren orientieren sich (bis auf die Inhaltsanalyse durch Extraktion nach Gläser & Laudel) an der inhaltlich-strukturierenden Inhaltsanalyse, die von Mayring (2010) und Kuckartz (2012) explizit dargestellt wurden.

Insofern argumentiert Schreier, dass lediglich die strukturierende Inhaltsanalyse und Inhaltsanalyse durch Extraktion „echte“ Varianten qualitativer Inhaltsanalyse darstellen (in der Tabelle „fett“ abgebildet). Für alle übrigen Varianten, die in der Literatur genannt werden, gilt jedoch, dass sie nicht notwendig als eigenständige Verfahren gelten können, sondern an einer bestimmten Stelle

Tabelle 3.5 Varianten qualitativer Inhaltsanalyse (nach Schreier 2014, S. 3)

Varianten	Literaturquelle(n)
Inhaltlich-strukturierende Inhaltsanalyse	Mayring, Kuckartz
Formal-strukturierende Inhaltsanalyse	Mayring
Evaluative Inhaltsanalyse	Kuckartz
Skalierende Inhaltsanalyse	Mayring
Typenbildende Inhaltsanalyse	Mayring, Kuckartz
Zusammenfassende Inhaltsanalyse	Mayring
Explicative Inhaltsanalyse	Mayring
Summative Inhaltsanalyse	Hsieh
Konventionelle Inhaltsanalyse	Hsieh
Gerichtete Inhaltsanalyse	Hsieh
Inhaltsanalyse durch Extraktion	Gläser & Laudel

von der generischen Variante qualitativ-strukturierender Inhaltsanalyse abweichen bzw. diese in einer bestimmten Weise spezifizieren. Mit der inhaltlichen, der evaluativen und der formalen strukturierenden Inhaltsanalyse findet jeweils eine Festlegung auf eine bestimmte Art von Kategorien statt; die zusammenfassende Inhaltsanalyse fokussiert eine bestimmte Art der Kategorienbildung und bei der typenbildenden Inhaltsanalyse wird die qualitative Inhaltsanalyse mit einem bestimmten Auswertungsverfahren kombiniert (Schreier, 2014).

Für die vorliegende Datenauswertung wurde eine inhaltlich-strukturierende Inhaltsanalyse in Kombination mit einer evaluativ-strukturierenden Inhaltsanalyse verwendet, wobei sich letztere ausschließlich auf die Datenauswertung in Bezug zur Interviewleitfrage Nummer 10 bezog, in welcher das hypothetische Modell zur Gestaltung von SLEs bewertet werden sollte. Für alle anderen Leitfragen wurde die inhaltlich-strukturierenden Inhaltsanalyse angewandt.

Ziel der inhaltlich-strukturierenden Inhaltsanalyse war es, am Material ausgewählte inhaltliche Aspekte zu identifizieren, zu konzeptualisieren und das Material im Hinblick auf solche Aspekte systematisch zu beschreiben. Vor diesem Hintergrund wird qualitative Inhaltsanalyse im Folgenden als ein Verfahren zur Beschreibung ausgewählter Textbedeutungen verstanden. Diese Beschreibung erfolgt, indem relevante Bedeutungen als Kategorien eines inhaltsanalytischen Kategoriensystems expliziert und anschließend Textstellen den Kategorien dieses Kategoriensystems zugeordnet werden. In dieser Definition spiegelt sich

als zentrales Definitionsmerkmal die Kategorienorientierung des Verfahrens. Ein zentrales Merkmal des Verfahrens ist die Bildung eines Kategoriensystems.

In Abgrenzung zu Mayring (2010), der eine ausschließlich theoriegeleitete Kategorienbildung postuliert, wird in der vorliegenden Datenauswertung auf ein induktiv-deduktiv gemischtes Verfahren der Kategorienbildung zurückgegriffen. Darüber hinaus erfolgte in Anlehnung an Steigleder (2008) eine kontinuierliche Anpassung der Kategorien am Material, so dass keine Probekodierung und Überarbeitung des Kategoriensystems notwendig war. Die Bildung von Oberkategorien erfolgte überwiegend theoriegeleitet anhand der Interviewleitfragen, wohingegen die Unterkategorien in der Regel induktiv am Material entwickelt wurden.

In Anlehnung an Kuckartz (2012) erfolgte der Ablauf der Datenauswertung der vorliegenden Untersuchung mithilfe der inhaltlich-strukturierenden Inhaltsanalyse in systematischen Schritten, die in Abbildung 3.27 dargestellt sind. Ziel der evaluativ-strukturierenden Inhaltsanalyse war es, skalierte Einschätzungen der Expert*innen in Bezug auf das hypothetische Modell und die jeweiligen Items zu erhalten. Da parallel zur mündlichen Befragung eine schriftliche Befragung in Form eines quantitativen Fragebogens zum Einsatz kam, dient die in dieser Sequenz erfolgte qualitative Datenauswertung lediglich einer Ergänzung.

Darüber hinaus wurde in einigen Interviews der Fragebogen erst im Anschluss an das Interview ohne Beisein der Forscherin ausgefüllt, so dass nicht für jedes Interview eine mündliche Erläuterung der Experteneinschätzung erhoben werden konnte.

Die evaluative Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2012) ist eine verbreitete Variante qualitativ-inhaltsanalytischen Arbeitens, die bei Mayring (2010) unter der Bezeichnung "skalierende Inhaltsanalyse" beschrieben wird. Während es bei der inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse um die thematische Strukturierung und Beschreibung des Materials geht, werden bei der evaluativen Inhaltsanalyse Kategorien generiert, die eine Einschätzung oder Bewertung des Materials auf ausgewählten Dimensionen seitens der Forscherin erlauben.

Sowohl Mayring als auch Kuckartz weisen darauf hin, dass die Vorgehensweise bei der evaluativen qualitativen Inhaltsanalyse weitgehend dem Ablauf der inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse entspricht. Dementsprechend wurden die Oberkategorien bzw. Einschätzungsdimensionen aus dem hypothetischen Modell sowie induktiv aus der Bearbeitung des Materials entwickelt.

Auch die evaluativ-strukturierende Inhaltsanalyse erfolgte in systematischen Schritten, die in Anlehnung an Kuckartz (2012) in der folgenden Abbildung 3.28 dargestellt sind.

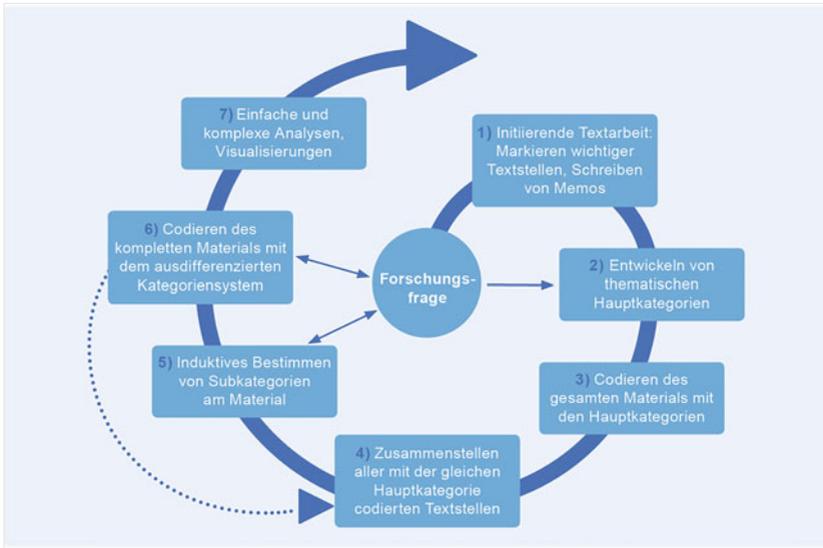


Abbildung 3.27 Ablaufschema einer inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse (nach Kuckartz 2012)

Insgesamt ergeben sich folgende zentrale Merkmale, die bei der Datenauswertung der vorliegenden Interviewstudie stringent verfolgt wurden:

- Kategorienorientierung
- Interpretatives Vorgehen
- Einbeziehung latenter Bedeutungen
- Entwicklung eines Teils der Kategorien am Material (induktiv-deduktiv gemischtes Vorgehen)
- Systematisches, regelgeleitetes Vorgehen
- Orientierung an Reliabilität und Validität gleichermaßen

3.5.2.2.2 Kategoriensystem und Kodierregeln

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden aufgrund der theoretischen Sättigung sieben von insgesamt neun Interviewtranskripten systematisch durchgearbeitet und wie im vorhergehenden Abschnitt dargelegt kodiert. Da das Kategoriensystem durch ein deduktiv-induktiv gemischtes Vorgehen entwickelt wurde, das auf den theoretischen Erkenntnissen des Literature Reviews in Abhängigkeit mit den

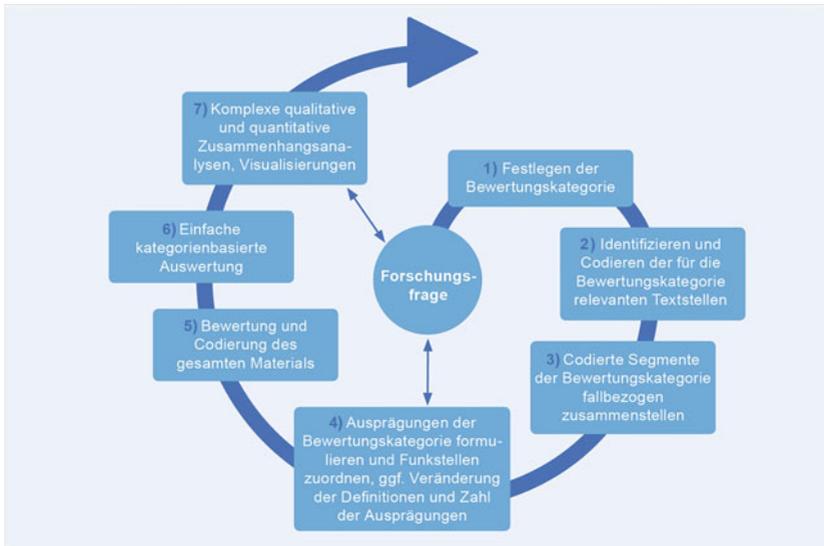


Abbildung 3.28 Ablauf einer evaluativen qualitativen Inhaltsanalyse in 7 Phasen (nach Kuckartz 2012)

analysierten Textstellen aufbaute, ließ es sich im Falle der vorliegenden Studie in drei Hauptkategorien gliedern:

1. Neue Lehr- und Lernformate
2. Lernraumgestaltung
3. Modellierung

Die Ableitung der Hauptkategorien erfolgte dabei ausschließlich theoriegeleitet und orientierte sich an den im Interview abgearbeiteten Leitfragen. Im Vergleich dazu basierten die im Folgenden aufgeführten Subcodes (Unterkategorien) pro Hauptkategorie überwiegend aus dem Textmaterial selbst. Im vorliegenden Abschnitt soll ein Überblick der Kodierregeln gegeben werden, die in der vorliegenden Studie zur Anwendung kamen.

Um die Kodierung nachvollziehbar und wissenschaftlich fundiert zu gestalten, wurde ein Kodierleitfaden aufgestellt, der das Kategoriensystem schriftlich fixierte, indem die Kategorien mit Subcodes definiert sowie mit Ankerbeispielen untersetzt wurden. Dieser diente dazu, ein einheitliches Verständnis der

Kodierung sicherzustellen, das Kategoriensystem zu validieren und Interkoderreliabilität zu gewährleisten. Entsprechend wurde eine fachliche Einschätzung weiterer Gutachter*innen zum Codesystem per E-Mail sowie in persönlichen Gesprächen eingeholt und für eine Überarbeitung des Codesystems genutzt. Durch das induktiv-deduktiv gemischte Vorgehen hat sich die Erstellung des Kategoriensystems in iterativen Schleifen vollzogen, wobei jede weitere Transkription zu einer Modifikation der Codes führte. Dementsprechend wurden Codes entfernt, die nicht bzw. zu wenig genutzt wurden oder sich als nicht anwendbar herausstellten.

Im Ergebnis wurden der ersten Hauptkategorie „Neue Lehr- und Lernformate“ die folgenden Subcodes zugeordnet:

1. Neue Lehr- und Lernformate

- 1.1 Gründe für Veränderungen
- 1.2 Weiterbildung verändert sich
 - 1.2.1 Bedarf an arbeitsintegriertem Lernen
- 1.3 Technologien verändern sich
- 1.4 Herausforderungen
 - 1.4.1 Mehrwerte erzeugen
 - 1.4.2 Mensch-Maschine-Interaktion
 - 1.4.3 Datenschutz
- 1.5 Empfehlungen
- 1.6 Bedenken
- 1.7 KI in der Weiterbildung
 - 1.7.1 Digitaler Lern-Assistent
 - 1.7.2 Terminologie
 - 1.7.3 Recommender System
 - 1.7.4 Stand der Forschung
- 1.8 Anwendungsmöglichkeiten von IoT auf Lehr- und Lernprozesse
 - 1.8.1 Abhängig vom Lebens-, Arbeits- oder lernweltlichen Zusammenhang
 - 1.8.2 Abhängig von Lerninhalten und Lerngegenständen

Wann immer diese Unterkategorien im Zusammenhang neuer Lehr- und Lernformate explizit oder implizit genannt oder umschrieben wurden, waren sie mit dem jeweiligen Subcode zu kodieren. Zusätzlich wurden Codes pro Unterkategorie definiert, wenn eine spezifische Einschätzung einer Kategorie von mehreren Interviewpartnern inhaltlich ähnlich beschrieben oder konkret benannt wurden (z. B. Kodierung 1.7.1 für „Digitaler Lern-Assistent“ als Subcode der Unterkategorie 1.7

„KI in der Weiterbildung“). Wenn relevante Textstellen nicht eindeutig zu einer einzigen Kategorie zuzuordnen waren, so wurde in Ausnahmefällen auch eine doppelte Kodierung pro Satz vorgenommen. Folgende Passage wurde bspw. den Codes „Weiterbildung verändert sich“ sowie „Gründe für Veränderung“ zugeordnet:

„Wenn ich mir ankucke, wie Arbeitsplätze sich verändern, und was das dann wieder für betriebliche Weiterbildung für Konsequenzen hat, dann ist das erste Wort, was mir einfällt Digitalisierung.“

(IP1-31).

Tabelle 3.6 gibt nachfolgend einen Überblick zu den im Kodierleitfaden festgelegten Definitionen und Ankerbeispielen der ersten Hauptkategorie „neue Lehr- und Lernformate“.

Der zweiten Hauptkategorie „Lernraumgestaltung“ wurden die folgenden Subcodes zugeordnet:

2. Lernraumgestaltung

2.1 Gestaltungsprinzipien

2.2 Zusammenhang zwischen Lernraum und Motivation der Nutzer*innen

2.2.1 ja, es gibt einen deutlichen Zusammenhang

2.3 Anforderungen an intelligente Lernräume

2.3.1 Visuelle, haptische, olfaktorische Sinne ansprechen

2.3.2 fließende Raumgrenzen

2.3.3 Raum ist veränderbar (Personalisierung)

2.3.4 Beispiele

2.3.5 Funktionalitäten

2.3.6 Interaktion mit Menschen

2.3.7 Ästhetik

Die systematische Datenauswertung erfolgte auch bei der zweiten Hauptkategorie analog dem Vorgehen der ersten Hauptkategorie. Wann immer die o.a. Unterkategorien im Zusammenhang der Lernraumgestaltung explizit oder implizit genannt oder umschrieben wurden, waren sie mit dem jeweiligen Subcode zu kodieren. Zusätzlich wurden Codes pro Unterkategorie definiert, wenn eine spezifische Einschätzung einer Kategorie von mehreren Interviewpartnern inhaltlich ähnlich beschrieben oder konkret benannt wurden (z. B. Kodierung 2.3.2 für „fließende Raumgrenzen“ als

Tabelle 3.6 Ankerbeispiele zur Kodierung der ersten Hauptkategorie „neue Lehr- und Lernformate“

Kodierungen	Definition	Ankerbeispiele
1.1 Gründe für Veränderungen	Interviewpartner äußert Gründe für Veränderungen im Bildungsbereich bzw. in der betrieblichen Weiterbildung	“Wenn ich mir anucke, wie Arbeitsplätze sich verändern, und was das dann wieder für betriebliche Weiterbildung für Konsequenzen hat, dann ist das erste Wort, was mir einfällt Digitalisierung.” (IP1-31)
1.2 Weiterbildung verändert sich	Interviewpartner beschreibt konkrete Veränderungen in der Weiterbildung	“Also das Lernen auf Vorrat ist einfach an der Stelle überhaupt nicht praktikabel.” (IP5-67)
1.2.1 Bedarf an arbeitsplatzbezogenem Lernen	Interviewpartner äußert einen Bedarf an arbeitsplatzbezogenen Lernformen	“dann ist der Bedarf, am Arbeitsplatz lernen zu müssen aus meiner Perspektive heute wesentlich größer, als er das in den letzten Jahrzehnten war.” (IP1-32)
1.3 Technologien verändern sich	Interviewpartner beschreibt Veränderungen im technologischen Bereich	“Das, was (...) sich dort nach MEINEM Dafürhalten am zentralsten verändert, ist die Nutzung von Daten in Echtzeit. Das ist der Kern. Alles andere ist nur Effekte.” (IP5-16)
1.4 Herausforderungen	Interviewpartner beschreibt Herausforderungen im Zusammenhang neuer Lehr- und Lernformate	“Und das Lernen zu einer beglückenden, erfüllenden, kreativitätsanregenden, positive Emotionen fördernden Erfahrung zu machen, ist glaube ich die wichtigste Basis für das Lernen, weil [...]” (IP7-23)
1.4.1 Mehrwerte erzeugen	Interviewpartner äußert, dass neue Lehr- und Lernformate einen Mehrwert erzeugen müssen	“[...] was brauchen die Kunden, was ist der Mehrwert dieser ganzen elektronischen Systeme und vor allem von IoT.” (IP2-6)
1.4.2 Mensch-Maschine-Interaktion	Interviewpartner äußert, dass die Mensch-Maschine-Interaktion eine Herausforderung darstellt	“Also ich denke, so diese Entwicklung, die wir bei Usability haben, also weg von der reinen Nutzbarkeit der Anwendung hin zum Experience Design. Also dass die Bedienung von technischen Geräten als etwas Erfüllendes, Angenehmes empfunden wird [...]” (IP7-23)
1.4.3 Datenschutz	Interviewpartner äußert, dass der Datenschutz eine Herausforderung darstellt	“Also noch mal vielleicht auf den Punkt, vielleicht muss man Datenschutzaspekte bei der Entwicklung von solchen Technologien mitdenken.” (IP1-89)

(Fortsetzung)

Tabelle 3.6 (Fortsetzung)

Kodierungen	Definition	Ankerbeispiele
1.5 Empfehlungen	Interviewpartner äußert konkrete Empfehlungen	“und ich glaube schon, dass wir im Moment an so einem Punkt sind, wo auch die Menschen wieder stärker sozusagen das analoge Leben in den Blick nehmen, [...] ... Die Vinylplatte kriegt wieder plötzlich Steigerungsraten wie kein anderes Hörmedium, dann die Chemiefotografie ist wieder im Kommen, die Musikkassette wird wieder aufgelegt.” (IP-26)
1.6 Bedenken	Textpassagen, in denen die Interviewpartner kritische Aspekte formuliert und Bedenken geäußert haben	“Die Frage, die ich dann immer sofort habe, ist: Wer steht hinter den Systemen? Aber jetzt sind wir schon in so einer kritischen Bewertung dann, weil all diese Lösungen, die man sich dort ausdenken kann, fallen natürlich nicht vom Himmel.” (IP4-45)
1.7 KI in der Weiterbildung	Interviewpartner äußert sich zur Künstlichen Intelligenz in der Weiterbildung	“Oh. Intelligenter heißt für mich proaktiv und kontextorientiert.” (IP1-44)
1.7.1 Digitaler Lern-Assistent	Interviewpartner geht im Zusammenhang der KI auf digitale Assistenten ein	“Wir können zeigen, beispielsweise bei (...) geringqualifizierten Mitarbeitern auf dem Shop Floor [...], dass nach sechs Monaten Nutzung der Assistenz- und Wissensdienstsysteme [...], dass sie [...] in der Lage sind, bei einem Großteil der Tätigkeiten auf die Technologie zu verzichten und dass sie im Anschluss [...] in der Lage sind, höherwertige Arbeiten durchzuführen als vorher.” (IP5-76)
1.7.2 Terminologie	Interviewpartner grenzt Begrifflichkeiten im Zusammenhang mit KI ab	“Für mich trifft dann für Ambient Intelligence eher das, was in der Wissenschaft international unter Pervasive Computing gefasst wird. Wohingegen ich vielleicht Ubiquitous und Pervasive dahingehend abgrenzen würde, dass Ubiquitous ja erst mal nur allgegenwärtig bedeutet.” (IP1-50)

(Fortsetzung)

Tabelle 3.6 (Fortsetzung)

Kodierungen	Definition	Ankerbeispiele
1.7.3 Recommender System	Interviewpartner geht im Zusammenhang der KI auf Recommender Systems ein	“da gibt es so viele, Hunderte von didaktischen Möglichkeiten, innerhalb eines Prozesses, den man da gestaltet und man kann natürlich dieses didaktische Expert*innenwissen versuchen im Raum zu implementieren, dass das auch Empfehlungen geben kann. Ich glaube nicht, dass man die Lehrperson dann ersetzen kann, aber eben als Technologie mit an die Hand geben.” (IP6-123)
1.7.4 Stand der Forschung	Interviewpartner äußert sich zum aktuellen Stand der KI Forschung	“Also, ich sehe die Potenziale auch, sonst würde ich mich mit dem Thema nicht beschäftigen, aber es ist halt doch noch sehr schwergängig und in der Forschung sieht das alles schon prima aus, aber in die Praxis ist es im Moment noch schwer zu kriegen.” (IP1-106)
1.8 Anwendungsmöglichkeiten von IoT auf Lehr- und Lernprozesse	Interviewpartner beschreibt, wie das Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse angewendet werden könnte	“Ich versuche mir jetzt gerade ein Internet der Lerngegenstände vorzustellen, also Lerngegenstände geht von der Tafel bis zum Spielzeug [...]. Wenn solche Gerätschaften untereinander unter didaktischen Gesichtspunkten vernetzt wären [...]” (IP3-16)
1.8.1 Abhängig vom lebens-, arbeits- oder lernweltlichen Zusammenhang	Interviewpartner beschreibt eine Abhängigkeit von lebens-, arbeits- oder lernweltlichen Zusammenhängen	“Also ich kann mir das erstmal als einen Standardsatz von Lernweltelementen durchaus vorstellen und dann müsste man nur noch gucken, also welche prägenden Zusatzelemente oder Abweichungen, Varianten passieren dann jeweils vor Ort?” (IP3-26)
1.8.2 Abhängig von Lerninhalten und Lerngegenständen	Interviewpartner beschreibt eine Abhängigkeit von Lerninhalten und Lerngegenständen	“Wenn ich jetzt aber eine Sprache vermitteln möchte, Chinesisch lernen, da fehlt mir [...] der Bezug zu diesem physikalischen Ding. Deshalb sage ich, ist das abhängig vielleicht von dem, was ich schulen möchte, ob mir da IoT hilft, oder nicht.” (IP2-52)

Subcode der Unterkategorie 2.3 „Anforderungen an intelligente Lernräume“). Wenn relevante Textstellen nicht eindeutig zu einer einzigen Kategorie zuzuordnen waren, so wurde in Ausnahmefällen auch eine doppelte Kodierung pro Satz vorgenommen. Folgende Passage wurde bspw. den Codes „fließende Raumgrenzen“ sowie „Ästhetik“ zugeordnet:

„Da, da ist Immersion viel wichtiger, glaube ich, weil der Raum so groß ist. Immersion heißt ja auch, dass ich den Raum als solchen wahrnehme. Sonst kann ich ja gar nicht ihn ihm gefangen sein. Aber vielleicht nur unterbewusst wahrnehme. Und dieser Effekt des hineingezogen Werdens, gefesselt Werdens ist da wahrscheinlich viel wichtiger, um diesen dahinterstehenden großen virtuellen Möglichkeitenraum, so nenne ich es mal, tatsächlich nutzen zu können. Das hat wieder glaube ich ganz viel mit dem Design zu tun. Design im Sinne von einer freundlichen Optik. „Is dat hübsch!“, aber auch Design im Sinne von Interaktionsdesign.“

(IP1-209)

Tabelle 3.7 gibt nachfolgend einen Überblick zu den im Kodierleitfaden festgelegten Definitionen und Ankerbeispielen der zweiten Hauptkategorie „Lernraumgestaltung“.

Der dritten Hauptkategorie „Modellierung“ wurden entsprechend der inhaltlichen Struktur des vorgestellten Modells die folgenden Subcodes zugeordnet:

3. Modellierung

- 3.1 Allgemeine Anmerkungen zum Modell
- 3.2 Abhängigkeiten und Beziehungen
- 3.3 Alternative Darstellungsmöglichkeiten
- 3.4 Anmerkungen zum Einflussbereich “Lern-/Unternehmenskultur”
- 3.5 Anmerkungen zum Einflussbereich “Bedürfnisse”
- 3.6 Anmerkungen zum Einflussbereich “Lern-/ Arbeitsmethoden”
- 3.7 Anmerkungen zum Einflussbereich “IT-Infrastruktur”

Tabelle 3.7 Ankerbeispiele zur Kodierung der zweiten Hauptkategorie „Lernraumgestaltung“

Kodierungen	Definition	Ankerbeispiele
2.1 Gestaltungsprinzipien	Textpassagen, in denen Anforderungen im Hinblick auf die Gestaltung von Lernräumen formuliert werden	“Wenn ich einen Lernraum einrichte heute, [...] dann nehmen wir vielleicht Tische mit Rollen, weil wir damit eben verschiedene Konstellation umsetzen können, mal Lerninseln, mal eine U-Form ...[...].” (IP6-112)
2.2 Zusammenhang zwischen Lernraum und Motivation der Nutzer*innen	Interviewpartner äußert sich zum Zusammenhang zwischen Lernraum und der Motivation der Lernenden	“Ja, ich glaube, dass da ganz viel Zusammenhang ist. Also eben weil wir Menschen sind. Wir ticken nicht nur kognitiv, sondern wir ticken auch emotional und, und, und, und.” (IP1-204)
2.2.1 ja, es gibt einen deutlichen Zusammenhang	Interviewpartner formuliert einen positiven Zusammenhang zwischen Lernraum und Motivation der Lernenden	“ Ja, ich glaube, dass da ganz viel Zusammenhang ist.” (IP1-204)
2.3 Anforderungen an intelligente Lernräume	Interviewpartner beschreibt Anforderungen an intelligente Lernräume	“Und der Raum [...] gibt uns auch sehr deutliche Hinweise, wie er benutzt werden will und wir können [...] diesen Aufforderungs-Affordanz-Charakter des Raumes natürlich auch aktiv einsetzen, um komplexere Verhalten und komplexere Erfahrungen zu machen, als nur durch die Tür zu gehen oder uns nur auf den Stuhl zu setzen, also sprich Lernerfahrungen zu machen.” (IP3-10)
2.3.1 visuelle, haptische, olfaktorische Sinne ansprechen	Interviewpartner beschreibt Anforderungen, die sich auf die Aktivierung unterschiedlicher Sinne beziehen	“Also das ist das Programm, was wir da bedienen. Also dass man Abstrakteres auch fühlbar, anfassbar macht ja.” (IP6-92)

(Fortsetzung)

Tabelle 3.7 (Fortsetzung)

Kodierungen	Definition	Ankerbeispiele
2.3.2 fließende Raumgrenzen	Interviewpartner beschreibt die Anforderung, dass der Lernraum nicht an einen festen Ort gebunden ist, sondern fließende Übergänge hat	“Also ich glaube das wird dann überall auf der Straße stattfinden. Das sind dann neue Arten von Lernräumen.” (IP6-104)
2.3.3 Raum ist veränderbar (Personalisierung)	Interviewpartner formuliert im Zusammenhang der Anforderungen den Wunsch nach Personalisierung der Räume	“Also, der Raum muss dazu einladen, dass man ihn sich aneignet. [...] Und ich glaube, dass so ein Lernraum auch irgendwie so ein bisschen was an Personalisierung bieten muss.” (IP1-215)
2.3.4 Beispiele	Interviewpartner formuliert konkrete Beispiele (Use-Cases)	“Wir sind [...] in einem Projekt, wo wir dieselben Dienste [...] im Bereich Spitzensport nutzen, also lernen von Bewegungen, ja? Weil auch dort, alles im Spitzensport ist Hochtechnologie, ja? Selbst die Reckstange in der Trainingshalle ist natürlich IoT-mäßig in der Zwischenzeit schon längst vernetzt.” (IP5-63)
2.3.5 Funktionalitäten	Interviewpartner beschreibt Funktionalitäten von intelligenten Lernräumen	“[...] und die in anderer Form aufbereiten vielleicht als Protokoll, dass ich am frühen Morgen beim Einschalten eines Gerätes von einer sanften Männer- oder Frauenstimme kurz erzählt bekomme.” (IP4-45)
2.3.6 Interaktion mit Menschen	Interviewpartner äußert sich zu Interaktionen der Menschen im Lernraum	“Und der dritte Aspekt, den wir dann wahrscheinlich da noch haben sollten, das wären für mich dann die Menschen. Also, dass nicht nur ein Mensch mit irgendwelchen Gegenständen irgendwelche Handlungen ausführt sondern, dass dieser Lernraum auch irgendwie Zugang zu anderen Menschen bietet [...].” (IP1-189)

(Fortsetzung)

Tabelle 3.7 (Fortsetzung)

Kodierungen	Definition	Ankerbeispiele
2.3.7 Ästhetik	Interviewpartner äußert sich zur Ästhetik der Lernräume	“Also man erkennt ja auch an den schön gestalteten Lernräumen, dass die aus den 70ern, 80ern, 90ern kommen. Auch das müsste natürlich genauso flexibel anpassbar sein wie (...) das Raumkonzept selbst.” (IP4-88)

3.8 Anmerkungen zum Einflussbereich “Ausstattung”

3.9 Anmerkungen zum Einflussbereich „Architektur“

Wann immer diese Unterkategorien im Zusammenhang der Modellierung explizit oder implizit bewertet und konnotiert wurden, waren sie mit dem jeweiligen Subcode zu kodieren. Eine Definition von zusätzlichen Subcodes pro Unterkategorie wurde hier aus sachlogischen Gründen nicht vorgenommen. Ebenso erfolgten keine doppelten Kodierungen, da relevante Textstellen eindeutig zu einer einzigen Kategorie zuzuordnen waren.

Zur Vervollständigung des Kategoriensystems gibt Tabelle 3.8 abschließend einen Überblick zu den im Kodierleitfaden festgelegten Definitionen und Ankerbeispielen der dritten Hauptkategorie „Modellierung“.

Neben den dargelegten inhaltlichen Kodierregeln wurde auch methodisch festgelegt, wie zu kodieren war. So waren Äußerungen des Interviewers nicht zu kodieren. Dessen Einwürfe und Nachfragen konnten jedoch mit kodiert werden, wenn diese innerhalb einer Sinneinheit des Befragten stattfanden. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass ein Code über mehrere Absätze hinweg vergeben werden konnte. Im Zweifel sollte eher umfangreich als zu wenig einer Aussage bzw. einer Textpassage kodiert werden, damit der Sinnzusammenhang der Kodierung erhalten blieb und nachvollzogen werden konnte. Hierzu zählt auch die Regel, dass einer Textpassage mehrere Codes zugeordnet werden durften.

3.5.2.2.3 Extraktion der Fundstellen

Die Kodierung der Interviewtranskripte wurde computergestützt mit Hilfe der Software MAXQDA Version 12.3.2 vorgenommen. Dabei lieferte die Analyse zur

Tabelle 3.8 Ankerbeispiele zur Kodierung der dritten Hauptkategorie „Modellierung“

Kodierungen	Definition	Ankerbeispiele
3.1 Allgemeine Anmerkungen zum Modell	Textpassagen, in denen allgemeine Anmerkungen, Hinweise und Verbesserungen in Bezug zum vorgestellten Modell geäußert werden	“Das sieht schön aus. Also ich meine jetzt, sehr theoretisch [...] fundiert. Das sieht man, dass das Top ist, aber die Frage, was kann man jetzt damit tun. Was sind die nächsten Schritte und solche Sachen.” (IP6-157)
3.2 Abhängigkeiten und Beziehungen	Interviewpartner geht auf Abhängigkeiten und Beziehungen zwischen Einflussbereichen und Faktoren ein	“Was mich jetzt interessieren würde ist nicht nur, welche Abhängigkeiten gibt es, sondern wie genau sehen diese Abhängigkeiten aus?” (IP1-309)
3.3 Alternative Darstellungsmöglichkeiten	Interviewpartner formuliert alternative Darstellungsmöglichkeiten	“Dann kommen Sie irgendwann auf eine Netzwerkstruktur raus.” (IP5-263)
3.4 Anmerkungen zum EB “Lern-/Unternehmenskultur”	Interviewpartner formuliert allgemeine Anmerkungen sowie Verbesserungsvorschläge zum Einflussbereich Lern-/Unternehmenskultur	“Da musste ich mich gerade zurücklehnen. Das hat einfach weh getan, weil das gerade die Punkte sind, über die ich hier an der Uni auch so schmerzhaft nachdenke.” (IP1-305)
3.5 Anmerkungen zum EB “Bedürfnisse”	Interviewpartner formuliert allgemeine Anmerkungen sowie Verbesserungsvorschläge zum Einflussbereich “Bedürfnisse”	“Ja, das ist okay, nur also was ich meine, ist, Sie arbeiten hier auf unterschiedlichen Ebenen mit Begrifflichkeiten. Also das was Sie beschreiben, ist das, was wir als Nutzermodellierung bezeichnen.” (IP5-202)
3.6 Anmerkungen zum EB “Lern-/Arbeitsmethoden”	Interviewpartner formuliert allgemeine Anmerkungen sowie Verbesserungsvorschläge zum Einflussbereich “Lern-/Arbeitsmethoden”	“Genau, also ich will nur sagen, also deswegen, das ist für mich so ein Block, die zwei Sachen gehören für mich zusammen, nämlich diese Personalebene mit den Lern- und Arbeitsmethodenebenen.” (IP5-287)
3.7 Anmerkungen zum EB “IT-Infrastruktur”	Interviewpartner formuliert allgemeine Anmerkungen sowie Verbesserungsvorschläge zum Einflussbereich “IT-Infrastruktur”	“Ich würde die neuronalen wie vorhin in dem Fragenkatalog auch schon, würde ich ersetzen durch maschinelles Lernen.” (IP1-348)
3.8 Anmerkungen zum EB “Ausstattung”	Interviewpartner formuliert allgemeine Anmerkungen sowie Verbesserungsvorschläge zum Einflussbereich “Ausstattung”	“Na ja, dass ich zum Beispiel die Datenbrillen da liegen habe, um auch mal schnell [...] aus der jeweiligen Konstellation heraus zu wechseln vom physischen Raum in eine Simulation.” (IP4-153–158)

(Fortsetzung)

Tabelle 3.8 (Fortsetzung)

Kodierungen	Definition	Ankerbeispiele
3.9 Anmerkungen zum EB „Architektur“	Interviewpartner formuliert allgemeine Anmerkungen sowie Verbesserungsvorschläge zum Einflussbereich „Architektur“	„Zwei Punkte würde ich ergänzen. Nämlich Stromversorgung und Tragfähigkeit.“ (IP1-382)

Kodierungshäufigkeit pro Hauptkategorie und Interviewpartner eine stabile Verteilung und trägt damit zur positiven Gütebeurteilung innerhalb von MAXQDA bei.

Tabelle 3.9 Anzahl der Kodierungen je Hauptkategorie und Interview

Hauptkategorien	IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	Σ
1) Neue Lehr- und Lernformate	29	42	43	23	18	27	55	237
2) Lernraumgestaltung	18	23	9	9	11	15	32	117
3) Modellierung	9	16	20	1	4	3	23	76
SUMME	56	81	72	33	33	45	110	430

Tabelle 3.9 ist zu entnehmen, dass insgesamt 430 Kodierungen am Material erfolgten. Die zweite Hauptkategorie „Lernraumgestaltung“ weist dabei im Verhältnis zur ersten Hauptkategorie „neue Lehr- und Lernformate“ eine um ca. 50 % geringere Kodierungshäufigkeit auf.

Darüber hinaus liefert Tabelle 3.10 einen Überblick der Anzahl an Kodierungen aus dem Bereich der neuen Lehr- und Lernformate. Insgesamt wurden 237 Kodierungen in der ersten Hauptkategorie vergeben. Beispielhaft zeigt Abbildung 3.29 drei der insgesamt 13 Kodierungen, die mit der Subkategorie „Bedarf an arbeitsintegriertem Lernen“ versehen wurden.

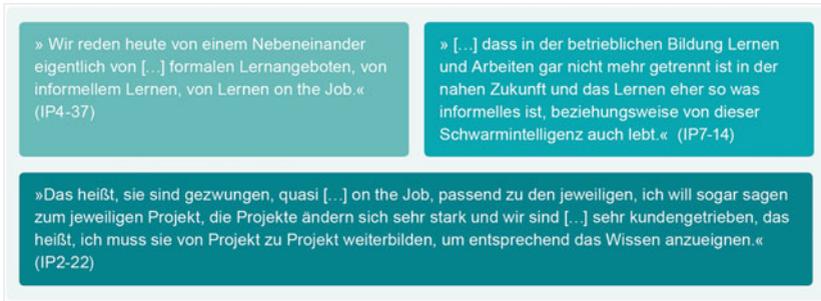


Abbildung 3.29 Beispiele für die Kodierung „Bedarf an arbeitsintegriertem Lernen“

Neben der Subkategorie 1.2.1 „Bedarf an arbeitsintegriertem Lernen“ wurde ein weiterer Code 1.2 „Weiterbildung verändert sich“ für IP7-14 und IP2-22 (vgl. Abbildung 3.29) für die angrenzende Sinneinheit vergeben, da beide Textpassagen eine Veränderung formulieren, wohingegen IP4-37 von einem aktuellen Zustand spricht. Die sachlogische Nähe der Kodierung wird dadurch abgebildet, dass „Bedarf an arbeitsplatzintegriertem Lernen“ eine Unterkategorie von „Weiterbildung verändert sich“ darstellt, auch wenn es strenggenommen eine zweite Unterkategorie mit 1.2.2 geben müsste. An dieser Stelle wurde der inhaltlichen Struktur eine höhere Priorität im Vergleich zur formalen Gliederungsstruktur eingeräumt (Tabelle 3.10).

Einen Überblick der Anzahl an Kodierungen aus dem Bereich der Lernraumgestaltung liefert Tabelle 3.11. Insgesamt wurden 117 Kodierungen in der zweiten Hauptkategorie vergeben. Beispielhaft zeigt Abbildung 3.30 drei der insgesamt neun Kodierungen, die mit der Subkategorie „ja, es gibt einen deutlichen Zusammenhang“ versehen wurden.

Die Benennung der Subkategorie „ja, es gibt einen deutlichen Zusammenhang“ erfolgte in Anlehnung an ein in-Vivo-Kodieren. Das bedeutet, dass ein im Text vorkommender (besonders aussagekräftiger) Begriff oder Textteil direkt als Kategorie definiert, ins Kategoriensystem übernommen und die Textstelle gleichzeitig diesem Code zugeordnet wird. Aufgrund der sehr deutlichen Zustimmung aller Interviewpartner, wurde eine „in-Vivo-ähnliche Kodierung“ vorgenommen.

Neben der Subkategorie 2.2.1 „ja, es gibt einen deutlichen Zusammenhang“ wurde ein weiterer Code 2.2 „Zusammenhang zwischen Lernraum und Motivation der Nutzer*innen“ für IP2-66, IP4-82 und IP1-204 (vgl. (Abbildung 3.30) für

Tabelle 3.10 Anzahl der Kodierungen zu “neuen Lehr- und Lernformaten” pro Interview

Hauptkategorie [1] neue Lehr- und Lernformate	IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	Σ
1. Gründe für Veränderungen	1	0	2	0	0	1	3	7
2. Weiterbildung verändert sich	5	6	6	3	1	5	3	29
2.1 Bedarf an arbeitsintegriertem Lernen	1	4	3	1	0	2	2	13
3. Technologien verändern sich	2	0	1	1	0	1	2	7
4. Herausforderungen	2	0	0	2	0	0	9	13
4.1 Mehrwerte erzeugen	3	0	1	0	3	3	0	10
4.2 Mensch-Maschine-Interaktion	2	2	0	0	1	2	0	7
4.3 Datenschutz	1	4	0	2	0	0	4	11
5. Empfehlungen	4	2	0	0	0	2	3	11
6. Bedenken	2	0	0	5	1	0	5	13
7. KI in der Weiterbildung	2	6	8	2	0	4	2	24
7.1 Digitaler Lern-Assistent	0	2	3	2	0	2	0	9
7.2 Terminologie	0	0	0	1	0	1	7	9
7.3 Recommender System	1	3	1	1	0	1	2	9
7.4 Stand der Forschung	0	3	10	2	0	1	5	21
8. Anwendungsmöglichkeiten von IoT auf Lehr- und Lernprozesse	2	4	4	0	1	1	6	18
8.1 Abhängig vom Lebens-, Arbeits- oder lernweltlichen Zusammenhang	0	1	2	0	10	0	0	13
8.2 Abhängig von Lerninhalten und Lerngegenständen	1	5	2	1	1	1	2	13
SUMME	29	42	43	23	18	27	55	237

die angrenzende Sinneinheit vergeben, da sich alle Textpassagen auf den Zusammenhang zwischen Lernraum und der Motivation auf die Lernenden beziehen. Die sachlogische Nähe der Kodierung wird analog zum Vorgehen der ersten Hauptkategorie dadurch abgebildet, dass „ja, es gibt einen deutlichen Zusammenhang“ eine Unterkategorie von „Zusammenhang zwischen Lernraum und Motivation der Nutzer*innen“ darstellt, auch wenn es strenggenommen eine zweite Unterkategorie mit 2.2.2 geben müsste. An dieser Stelle wurde der inhaltlichen Struktur eine höhere Priorität im Vergleich zur formalen Gliederungsstruktur eingeräumt (Abbildung 3.30).

Tabelle 3.11 Anzahl der Kodierungen zur “Lernraumgestaltung” pro Interview

Hauptkategorie [2] Lernraumgestaltung	IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	Σ
1. Gestaltungsprinzipien	1	4	0	0	0	0	0	5
2. Zusammenhang zwischen Lernraum und Motivation der Nutzer*innen	1	1	0	1	1	1	3	8
2.1 ja, es gibt einen deutlichen Zusammenhang	0	1	1	2	1	2	2	9
3. Anforderungen an intelligente Lernräume	0	1	1	0	1	5	3	11
3.1 Visuelle, haptische, olfaktorische Sinne ansprechen	2	1	0	0	0	2	0	5
3.2 fließende Raumgrenzen	2	3	2	0	0	0	1	8
3.3 Raum ist veränderbar (Personalisierung)	4	3	0	2	0	0	10	19
3.4 Beispiele	4	4	3	0	0	1	3	15
3.5 Funktionalitäten	3	0	0	3	5	3	5	19
3.6 Interaktion mit Menschen	0	5	2	0	1	1	1	10
3.7 Ästhetik	1	0	0	1	2	0	4	8
SUMME	18	23	9	9	11	15	32	117

Einen Überblick der Anzahl an Kodierungen zur Modellierung liefert Tabelle 3.12. Insgesamt wurden 76 Kodierungen in der dritten Hauptkategorie vergeben. Die Übersicht zeigt deutliche Unterschiede in der Anzahl der Anmerkungen pro Interview. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass IP2 kaum Verbesserungsvorschläge einbrachte, da das Modell überwiegend positiv bewertet wurde. Bei IP4 war aus Zeitgründen keine detaillierte Besprechung möglich, so dass hier überwiegend die quantitative Auswertung zur Verfügung stand (vgl. Abschnitt 3.5.2.2.4). Auffallend ist darüber hinaus, dass die meisten Anregungen und Verbesserungsvorschläge von Expert*innen geäußert wurden, die dem Bereich der Informatik zuzuordnen sind. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass Informatiker*innen in der Modellierung von Informationssystemen ausgebildet sind.

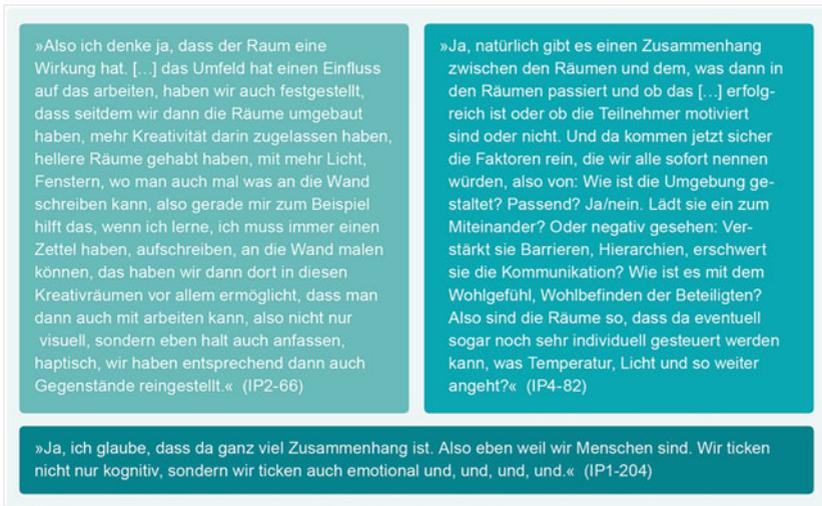


Abbildung 3.30 Beispiele für die Kodierung „ja, es gibt einen deutlichen Zusammenhang“

3.5.2.2.4 Ergebnisaufbereitung

Vor dem Kodieren der Interviewtranskripte erfolgte zunächst ein „Visual Mapping“ (vgl. Abbildung 3.31), indem die Audiodateien sorgfältig abgehört und die wichtigsten Kernaussagen pro Interview und Leitfrage zusammengefasst wurden.

Nach dem Kodieren der Interviewtranskripte wurden die einzelnen Kodierungen je Hauptkategorie (vgl. Abschnitt 3.5.2.2.2) systematisch durchgearbeitet und hierauf basierend Ergebniszusammenfassungen je Interview und Subcode erstellt. In tabellarischer Form wurde mit Hilfe der MAXQDA Funktion „Summary-Grid“ am Beispiel der dritten Hauptkategorie „Modellierung“ herausgearbeitet, welchen Einflussbereichen zugestimmt wurde und welche Bereiche und Faktoren aus Sicht der Interviewpartner wie verändert werden sollten. Des Weiteren wurde über die erste Hauptkategorie der „neuen Lehr- und Lernformate“ ausgewertet, mit welchen Veränderungen die betriebliche Weiterbildung konfrontiert ist, wie diese im Zusammenhang neuer Technologien wie z. B. der Künstlichen Intelligenz zu bewerten sind und wie man letztlich das Technologiekonstrukt auf Lehr- und Lernprozesse anwenden könnte. Die Auswertung der zweiten Hauptkategorie fasste schließlich die Ergebnisse hinsichtlich einer lernförderlichen Raumgestaltung zusammen.

Tabelle 3.12 Anzahl der Kodierungen zur “Modellierung” pro Interview

Hauptkategorie [3] Modellierung	IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	Σ
1. Allgemeine Anmerkungen zum Modell	6	8	3	0	2	3	0	22
2. Abhängigkeiten und Beziehungen	1	7	9	0	1	0	4	22
3. Alternative Darstellungsmöglichkeiten	2	0	2	0	1	0	9	14
4. Anmerkungen zum EB “Lern-/Unternehmenskultur”	0	0	1	0	0	0	1	2
1.4 Anmerkungen zum EB “Bedürfnisse”	0	1	2	0	0	0	1	4
1.5 Anmerkungen zum EB “Lern-/Arbeitsmethoden”	0	0	1	0	0	0	0	1
1.6 Anmerkungen zum EB “IT-Infrastruktur”	0	0	2	0	0	0	5	7
1.7 Anmerkungen zum EB “Ausstattung”	0	0	0	1	0	0	1	2
1.8 Anmerkungen zum EB Architektur	0	0	0	0	0	0	2	2
SUMME	9	16	20	1	4	3	23	76

Um die Systematisierung des Erkenntnisprozesses zu erhöhen, wurden zudem alle Codes in einer Tabelle aufgelistet und die Ergebnisse pro Kategorie zusammengefasst. Die folgende Grafik verdeutlicht das Verfahren am Beispiel der dritten Hauptkategorie „Modellierung“ mittels Screenshot aus MAXQDA (vgl. Abbildung 3.32), da die Darstellung der vollständigen Tabelle aufgrund der Größe nicht möglich war.

Besonders relevante Kodierungen wurden mit einer zusätzlichen Gewichtung kenntlich gemacht, wobei eine Zuordnung des Wertes 100 als „sehr wichtig“ und eine Gewichtung von 50 als „wichtig“ zu interpretieren waren. Zur systematischen Auswertung aller besonders relevanten, also gewichteten Codes, wurden diese in einer Tabelle zusammenggeführt. Es wurden insgesamt 107 Kodierungen mit „sehr wichtig“ und 49 mit „wichtig“ gekennzeichnet. Falls Textpassagen Hinweise auf relevante Fallbeispiele, Projekte oder sonstige Internetquellen lieferten, wurden diese nachträglich recherchiert und als Zusatzinformation in Form von insgesamt

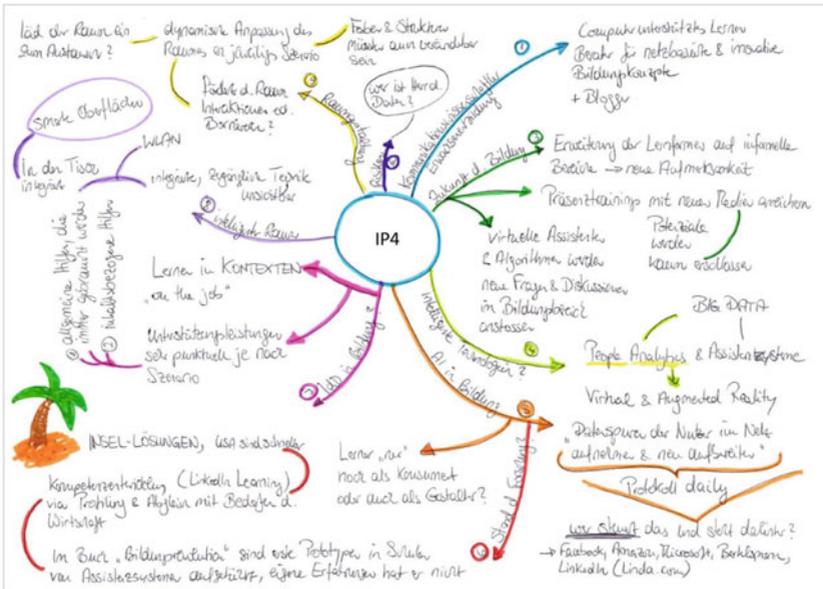


Abbildung 3.31 Beispiel eines Visual Mapping pro Interview

18 Memos dokumentiert. Memos wurden auch dann genutzt, um Ideen, Gedanken und konkrete Ableitungen, die nur indirekt aus dem Textmaterial erschlossen werden konnten, festzuhalten und zu dokumentieren. Alle Memos wurden im Zuge der systematischen Datenauswertung in einer Tabelle zusammengefasst und konnten somit zum Synthetisieren der Ergebnisse genutzt werden.

3.5.2.2.5 Ergebnisaufbereitung der Fragebögen (Teilstudie 2)

Nach der systematischen schriftlichen Bewertung des hypothetischen Modells insgesamt sowie dessen einzelner Faktoren mittels Fragebogen (vgl. Abschnitt 3.5.2.1.2) soll im vorliegenden Abschnitt die Datenauswertung der Expertenmeinungen vorgestellt werden. Die quantitative Datenauswertung mit SPSS erfolgte auf Basis von neun Bewertungsbögen, deren Ergebnis in den folgenden Tabellen zu entnehmen ist.



Abbildung 3.32 Verfahren zur systematischen Extraktion der Ergebnisse mit der Funktion „Summary-Grid“ in MAXQDA (Screenshot)

Die erste Bewertung richtete sich an eine generelle Einschätzung der Expert*innen, ob das Modell dazu geeignet ist, um intelligente und hybride Lernräume didaktisch fundiert gestalten zu können. Die Daten wurden mit Hilfe einer Skala von „1“ (trifft zu) bis „5“ (trifft nicht zu) erhoben.

Die deskriptive Statistik weist hierbei folgenden Mittelwert und folgende Standardabweichung auf (Tabelle 3.13):

Tabelle 3.13 Mittelwert zur generellen Eignung des Modells

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

Die zweite Bewertung richtete sich an eine Bewertung in Bezug auf die Wichtigkeit der identifizierten Faktoren, die den insgesamt sechs Einflussbereichen zugeordnet waren. Die Daten wurden mit Hilfe einer Skala von „1“ (sehr wichtig) bis „5“ (unwichtig) pro Kategorie (Einflussbereich) erhoben. Da die einzelnen Items innerhalb der jeweiligen Kategorie sehr hoch miteinander korrelieren, wurden zunächst die verschiedenen Items für die Auswertung zu jeweils einer Skala pro Kategorie zusammengefasst. 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 $\alpha = .90$).

Die gemessene Reliabilität gibt Auskunft über die interne Konsistenz, also das Ausmaß, nach dem alle Items, die zusammengefasst wurden, dasselbe Merkmal messen. Die gemessene Reliabilität ist entsprechend ein Maß dafür, wie stark die Items der jeweiligen Einflussbereiche miteinander zusammenhängen. Aufgrund der relativ hohen Ausprägung der ermittelten Reliabilität, kann dies als Indiz interpretiert werden, dass die verwendeten Subskalen wissenschaftlichen Ansprüchen gerecht werden und dazu verwendet werden können, um die jeweiligen Dimensionen zu erfassen.

Die deskriptive Statistik weist im Detail folgende Mittelwerte und Standardabweichungen pro Kategorie auf (Tabelle 3.14):

Tabelle 3.14 Mittelwerte der sechs SLE-Einflussbereiche

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

Die letzte Auswertung gibt Aufschluss über die von den Expert*innen eingeschätzte Wichtigkeit der einzelnen Faktoren pro Kategorie. Die deskriptive Statistik weist zusammengefasst für alle Kategorien folgende Mittelwerte auf (Tabelle 3.15):

Aus der Ergebnisaufbereitung zur Einschätzung der Wichtigkeit der einzelnen Faktoren können in einem weiteren Schritt (vgl. Abschnitt 3.5.2.3) die identifizierten Erfolgsfaktoren abgeleitet werden, die pro Kategorie den niedrigsten Mittelwert aufweisen. Diese sind in den o.a. Tabellen „fett markiert“. Darüber hinaus ist bei der weiteren Modifizierung und Ausgestaltung auf eine Operationalisierung der Faktoren zu achten, da dies stellenweise zu Verständnisproblemen geführt hat. Eine differenzierte Überarbeitung der Modellierung insgesamt sowie

Tabellen 3.15–3.20 Mittelwerte der jeweiligen Faktoren pro SLE-Einflussbereich

Items der Kategorie Bedürfnisse	Mittelwert
Motivation	1,22
Sinn	1,33
Engagement & Employability	2,33
Pers. Kompetenzentwicklung	2,11
Tätigkeitsanalysen	2,89
Bedarfserhebung	2,00
Profiling	2,44
Lernbegleitung	2,44
Pers. Lernumgebung	1,67

Items der Kategorie IT-Infrastruktur	Mittelwert
IT-Spezialisten bündeln	2,89
Identifizierung interner / externer Wissensquellen	1,78
Big Data Analytics	2,22
Neuronale Netze	3,00
Lieferung Nutzer*innenorientierter Inhalte	1,78
Klassifikation der Suchergebnisse	2,25
Green IT	3,33
Intelligentes, personalisiertes Empfehlungssystem	1,88

Items der Kategorie Lern-/Arbeitsmethoden	Mittelwert
Verschiedene Lerntypen	2,00
Verschiedene Sinne	2,11
Methodenvielfalt	1,78
Didaktische Modelle	2,11
Nutzung neuer Medien	2,11
Design Thinking	2,67
Innovationskraft fördern	2,11

Items der Kategorie Ausstattung	Mittelwert
Tische, Stühle, Hocker...	1,78
„Normale“ Hardware (Beamer, Audiosystem, Bildschirme...)	2,33
„Smarte“ Hardware (PC, Smart Board, Smart Screen, Tablets...)	1,89
Raumbuchungs-Software (App), Smart Home	2,78
Tools for Learning (Twitter, YouTube, Prezi, Camtasia, Screen...)	1,78
Design Thinking Toolboxes	2,67
Kreativitätsmaterialien (beschreibbare Wände, Pinnwand, Stifte...)	1,33

Items der Kategorie Lern-/Unternehmenskultur	Mittelwert
Leadership vs. Management	2,00
Experimente vs. Planung	1,78
Netzwerk vs. Hierarchie	1,44
Selbstführung vs. Zielvereinbarung	1,44
Transparenz vs. Verschwiegenheit	2,44
Empowerment vs. Controlling	1,78
Interdisziplinarität vs. Fachabteilung	2,11

Items der Kategorie Architektur	Mittelwert
Raumgröße	1,67
Basics (Tageslicht, Beschattung, Heizung, Luftqualität, Akustik)	1,22
Atmosphäre (Farbigkeit, Strukturen, Formen, Beleuchtung)	1,33
Bezug zur Natur & Außenbereiche	2,22
Nachhaltigkeit (z.B. Upcycling)	2,89
Integrierte Technik (IoT)	1,78
Zonenkonzept (Einzelarbeit, Gruppenarbeit, Lounge-Bereiche)	2,00
Multifunktionale Einrichtung	1,67

der Zusammenstellung der Erfolgsfaktoren erfolgt im Rahmen weiterer Anpassungen des Modells, die auf Grundlage der qualitativen Datenauswertung in Abschnitt 3.5.2.3.3 vollzogen werden.

3.5.2.3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Resultate der qualitativen Inhaltsanalyse dargestellt, die mit den Ergebnissen aus der quantitativen Teilstudie 2 ergänzt werden. Die

Ergebnisse werden in Relation zu den Forschungsfragen zunächst im Hinblick auf neue Lehr- und Lernformate (vgl. Abschnitt 3.5.2.3.1) sowie in Bezug zur Lernraumgestaltung (vgl. Abschnitt 3.5.2.3.2) ausgewertet. Darauf aufbauend fließen die Erkenntnisse in die Überarbeitung des Modells (vgl. Abschnitt 3.5.2.3.3), mit Hilfe dessen der Gestaltungsprozess von SLEs didaktisch sinnvoll, theoretisch begründet sowie wissenschaftlich fundiert ablaufen soll. Außerdem werden basierend auf den Ergebnissen Definitionen für die Einflussbereiche entwickelt, die in Form einer einleitenden Beschreibung pro Einflussbereich zur Operationalisierung der einzelnen Faktoren beitragen. Einige Faktoren werden zusätzlich anhand ausgewählter Beispiele am Ende des Abschnittes operationalisiert.

3.5.2.3.1 Neue Lehr- und Lernformate

Neue Lehr- und Lernformate entstehen, wenn Veränderungen in Lehr- und Lernprozessen zu beobachten sind. Entsprechend erfolgt die Identifizierung neuer Lehr- und Lernformate zunächst durch die Betrachtung von Ursache- und Wirkungszusammenhängen, die auf den Ebenen der Lernenden, Lehrenden, Bildungsinstitutionen und Technologien zu erkennen sind.

Ursachen für Veränderungen

Die Analyse der Ergebnisaufbereitung zeigt, dass alle Interviewpartner (IP) Veränderungen in der betrieblichen Weiterbildung feststellten. Als konkrete Gründe wurden Virtualisierung (IP7-10), Agilität (IP5-68), Vernetzung (IP5-17, IP1-32) und Digitalisierung (IP1-31) benannt. Die Veränderungen durch Digitalisierung und Agilität wurden von IP5 darüber hinaus in Verbindung mit dem Internet der Dinge gesetzt, indem darauf hingewiesen wurde, dass 2012 so viele Geräte über das Internet mit der Welt verbunden waren, wie es Menschen gibt. Prognosen für das Jahr 2030 hingegen würden eine Vernetzung über das Internet von 50 bis 500 Milliarden prognostizieren (IP5-17). Dies wiederum führe zu einem Druck innerhalb der Unternehmen, immer neue Produkte und Services in immer kürzerer Zeit zu immer individuelleren Kundenwünschen herstellen zu müssen. Dies sei nur über agile Arbeitsmethoden umsetzbar (IP5-68). Diese Veränderungen wurden auch von IP2 bestätigt und in den Kontext der Weiterbildung überführt, indem als ein weiterer Grund für Veränderungen im Weiterbildungsbereich, das schnelle Veralten von vorhandenem Wissen aufgeführt wurde (IP2-22).

Veränderungen im Weiterbildungsbereich

In der Folge kann konstatiert werden, dass der betriebliche Weiterbildungsbereich mit vielfältigen Veränderungen konfrontiert ist, die auf dem technologischen

Fortschritt sowie auf neuen Weiterbildungsbedarfen basieren. Grundlage für Lernprozesse seien nach IP3 die Arbeitsprozesse selbst. Wenn diese in der Folge digitalisiert, agil und eventuell sogar teilautomatisiert würden, dann müssten in der Folge auch die Bildungsangebote entsprechend gestaltet werden (IP3-60). Das heißt, dass einerseits neue Kenntnisse z. B. über Agilität und Digitalisierung vermittelt, und andererseits aber auch methodische Kompetenzen aufgebaut werden müssten, damit die Belegschaft die Kenntnisse auch im Arbeitsprozess anwenden kann. Daraus würden sich dann folglich auch neue pädagogische Ansätze ableiten lassen:

„[...] also wir müssten uns dann anschauen, welche Formen neuer Arbeit, welche Anforderungen an neue Arbeit entstehen und daraus dann ableiten, wie kann man sowas lernen, [...] welche Anforderungen [...] sind erforderlich? Also insofern würde ich schon sagen, auf jeden Fall, gewisse neue Lernanforderungen, die mit neuen pädagogischen, didaktischen Methoden und Ansätzen zu unterlegen sind.“ (IP3-6)

In diesem Sinne würde die Digitalisierung nach IP1 sogar dazu beitragen, dass die Bildungsinstitutionen in ihrer organisationalen Relevanz deutlich steigen würden. Im Laufe eines Berufslebens würde es mittlerweile zu enormen Wissenszuwächsen kommen, die nur über eine entsprechend entwickelte Lernkultur mit hoch integrierten Weiterbildungsformaten aufgefangen werden könnten (IP1-31,38).

IP2 geht auf neue Bildungsbedarfe am Beispiel Internet der Dinge wie folgt ein:

„Und gerade bei neuen Technologien, das Beispiel konkret mit dem Thema IoT, haben die vielleicht mal gelernt, wie man Software entwickelt auf einem PC, aber das ist halt nicht das gleiche, wenn ich jetzt IoT-Produkte reinbringe mit kleinen Devices und dann vielleicht noch Mobilfunk und WLAN und was es alles gibt, das heißt, dort haben die Mitarbeiter so gut wie keine Expertise.“ (IP2-22)

In der Folge kann konstatiert werden, dass insbesondere informelle und selbstgesteuerte Lernformate an Bedeutung gewinnen, die Face2Face am Arbeitsplatz über den Austausch mit Expert*innen oder auch Kolleg*innen abgebildet und neue Lerninhalte vermehrt über digitale Netzwerke abgerufen werden.

Bis auf IP3 formulierten alle Interviewpartner einen Bedarf an arbeitsintegrierten Weiterbildungsformaten (IP7-14; IP6-21,25; IP5-165-166; IP4-37; IP2-22; IP132,39), die durch „kundengetriebene“ Projekte geprägt seien und immer neue Wissensbedarfe „on the Job“ bedingen würden. IP7 beschreibt dies in einem zunehmenden Zusammenwachsen von Arbeiten und Lernen wie folgt:

„[...] dass in der betrieblichen Bildung Lernen und Arbeiten gar nicht mehr getrennt ist in der nahen Zukunft und das Lernen eher so was informelles ist, beziehungsweise von dieser Schwarmintelligenz auch lebt.“ (IP7-14)

IP1 formuliert in diesem Zusammenhang konkrete Potenziale kontextualisierter bzw. situativer Lernformen:

„Wenn ich mir das jetzt ankucke, was Digitalisierung dann eben für Konsequenzen hat für betriebliche Weiterbildung, dann ist meine Vermutung, wenn Digitalisierung, Vernetzung so massiv zunehmen und sich die Gegenstände am Arbeitsplatz plötzlich vernetzen können, neue Funktionen, neue Komplexitäten generieren, dass wir dann am Arbeitsplatz oder am Lernplatz ganz plötzlich zu schnell wechselnden Kontexten finden.“ (IP1-39)

Weiterhin kann konstatiert werden, dass das didaktische Modell „Lernen durch Lehren“ und die Produktion (statt Konsum) von Lerninhalten als Lehr- und Lernformate an Bedeutung gewinnen, (IP7-33, IP2-22), insbesondere dann, wenn das benötigte Wissen sehr spezifisch ist und nicht über gängige Kanäle zu beschaffen ist. IP7 spricht in diesem Zusammenhang von einer neuen Rolle des Lehrpersonals, das die Verantwortung über den Lernprozess an die Lernenden selbst abgibt und in ihrer Rolle eher als „Experten, Coaches, Mentoren oder Begleiter“ auftreten (IP7-14). Da das benötigte neue Wissen vielfach über das Internet erschlossen werden kann, ist es nach Einschätzung der Interviewpartner wichtig, soziale Netzwerke zum Wissenserwerb zu erschließen und zu pflegen (IP7-14). Lernen würde IP2 zufolge immer mehr innerhalb von Netzwerken stattfinden, da so die Möglichkeit bestünde, sich orts- und zeitunabhängig mit Expert*innen auf der ganzen Welt auszutauschen. Selbst wenn man in der eigenen Abteilung oder dem eigenen Unternehmen der/die einzige in einem Fachgebiet sei, gäbe es konzernweit bzw. weltweit gesehen ein enormes Potenzial von anderen zu lernen.

IP6 verweist in diesem Zusammenhang darauf, dass zukünftig jede(r) Mitarbeiter*in über eine persönliche Lernumgebung (PLE) verfügen würde, über die persönliches Wissen mit anderen geteilt werden könnte. Eine Vernetzung dieser persönlichen Lernumgebungen mit anderen PLEs führe im Ergebnis zu sogenannten Wissensökologien (Knowledge Ecology), die im Sinne eines strategischen Wissensmanagements im Unternehmen mittels Explikation und Transparenz der Mitarbeiterexpertise abgebildet werden könne. Wenn Mitarbeiter*innen vermehrt über die eigene Tätigkeit und Expertise schreiben würden (z. B. via ESN, Blogs etc.), könnten andere daraus lernen und aktiv in Diskussion und Austausch treten, wobei erneute Lernprozesse angestoßen werden könnten. Auf diese Art

und Weise entstände über die Zeit ein Wissensnetzwerk, das darüber hinaus als Datenquelle eines Empfehlungssystems genutzt werden könnte.

Die Automatisierung von Bildungsprozessen ist nach IP4-40 die logische Schlussfolgerung der Digitalisierung im Bildungsbereich. Sensorbasierte Informationen können bereits heute für Weiterbildungszwecke genutzt werden (z. B. mittels GPS Signalen). IP5 zufolge wird es in Zukunft eine Welt voller Sensoren geben, deren Daten hoch interessant seien, um sie für Weiterbildungsprozesse zu nutzen (IP516-17).

IP5 schlussfolgert weiter, dass selbst „der Stimulus zum Lernen aus der Datennutzung, aus der Maschine selbst und aus der aktuellen Situation heraus“ generiert werden würde (IP5-31). Dies führe zu einer grundsätzlichen Veränderung in dem Sinne, dass die Maschinen (oder auch die Systeme) zukünftig die Rolle eines Lehrenden übernehmen würden. Möglich werden würde dies, durch die „Nutzung der Maschinendaten in Echtzeit“. Somit wären die hinterlegten Lernsysteme in der Lage, den Lernenden zu erklären, was sie tun sollen bzw. wie die Maschinen oder Systeme zu bedienen sind. Insofern decken sich hier die Einschätzungen von IP5 mit den von IP1 formulierten Potenzialen hinsichtlich kontextualisierter bzw. situativer Lernformen am Arbeitsplatz.

Es kann festgestellt werden, dass die durch Digitalisierung geforderte Agilität im Arbeitsprozess dazu führt, dass bedarfsorientiertes und kontextbezogenes Wissen benötigt wird. „Das Lernen auf Vorrat ist veraltet und in solchen Situationen nicht praktikabel“ (IP5-67), da immer neue Arbeitsabläufe, Softwaretypen, Geräte und Maschinen in immer kürzeren Zyklen entwickelt, eingesetzt und angewendet werden würden. Insofern lieferten die von den Mitarbeiter*innen genutzten Systeme und Maschinen ihre Gebrauchsanleitung situationsbezogen mit. Sobald das System erkennen würde, dass eine „falsche Anwendung“ erfolgt, würden wichtige Zusatzinformationen an den/ die Anwender*in übermittelt werden. Falls die Tätigkeit an einem Computer durchgeführt werden würde, würden die Zusatzinformationen auf dem Bildschirm direkt angezeigt, würde die Tätigkeit hingegen in der Produktion ausgeübt, würden zusätzliche Devices wie z. B. Datenbrillen eingesetzt werden können (IP5-70).

IP5 verweist in diesem Zusammenhang auf ein Beispiel aus der Luftfahrt:

„Also für die, die die Maschinen zusammenbauen am Schluss, das sind die sogenannten Endlinien im Bereich Zivilluftfahrt, werden solche Assistenzdienste auch unter anderem eingesetzt, weil logischerweise jedes, und das ist ja der Treiber, jedes Produkt, und das nimmt an vielen Stellen zu, ist am Ende des Tages ein Unikat, ja? In der Luftfahrt war das wirklich noch nie anders gewesen und das heißt, sie stehen da als Arbeiter und werden permanent mit Situationen konfrontiert, die leicht variabel sind

und sie brauchen Unterstützung, weil sie können nicht alle Lösungen im Kopf haben.“
(IP5-67)

Der Bedarf an Weiterbildung wird zukünftig situationsbezogen von Maschinen (oder auch digitalisierten Lerngegenständen) erkannt. Ein integriertes Lernsystem ist dann in der Lage, Sachverhalte zu erklären und auf Hilfsmittel sowie Inhalte zu verweisen und übernimmt damit die Rolle eines Lehrers. Eine derartige Funktionalität kommt dann z. B. aus der Software direkt, die darüber informiert, wie sie angewendet werden soll oder aber aus Maschinen in einer Produktionsanlage.

IP7 gibt im Gegensatz zu IP5 zu bedenken, dass trotz dem allgemeinen Trend zur Virtualisierung, die Weiterbildung nicht komplett digitalisiert werden könne, da der persönliche Austausch in Präsenzveranstaltungen nicht ersetzt werden könne. Menschliche Bedürfnisse können nach IP7 nicht vollständig digital abgebildet werden. Von daher müssten Blended Learning Formate entwickelt werden, die analoge und digitale Lernformen fließend verbinden würden. Da die Wissensinhalte überwiegend über das Internet bezogen werden könnten, sollten Präsenzveranstaltungen insbesondere für Kollaboration, Diskussion, Interaktion und Innovation genutzt werden (anstatt zur reinen Wissensvermittlung) und erhielte somit eine generelle Aufwertung im Vergleich zu vollständig digitalisierten Lernformen (IP7-10,14).

Technologische Veränderungen

Alle Interviewpartner äußerten sich direkt oder auch indirekt zu technologischen Veränderungen, die in der Folge zu neuen Lernbedarfen einerseits sowie zu neuen Lernformaten andererseits führen und mit dem „Schlagwort Digitalisierung“ umschrieben wurden. IP1 stellt in diesem Zusammenhang einen direkten Bezug zum Internet der Dinge her, indem auf die Schnelligkeit der Digitaltechnologien verwiesen wird:

„Und wenn wir das noch mal in Bezug zu Internet der Dinge setzen, wo plötzlich, wie beschreibt man das, wo Systemfunktionalität oder Systemkomplexität aus der Digitalisierung entsteht, die völlig neue Größenordnung erreicht, als wir das früher ohne solche Vernetzung hatten, dann ist der Bedarf, am Arbeitsplatz lernen zu müssen aus meiner Perspektive heute wesentlich größer, als er das in den letzten Jahrzehnten war.“ (IP1-32)

IP7 ergänzt um die Potenziale von Augmented/ Virtual Reality und weist gleichzeitig darauf hin, dass digitalen Technologien auch körperliche Grenzen gesetzt seien (IP7-10). Gleichzeitig würde die Verfügbarkeit digitaler Technologien dazu führen, dass das Arbeiten in verteilten Teams, die weltweit agierten, zunehmen

würde. Dies würde unter Umständen dazu führen, dass sich Kolleg*innen teilweise nur einmal pro Jahr in der physischen Welt treffen würden und jeglicher Austausch via Web Konferenzen stattfinden würde (IP7-14).

IP5 reduzierte die technologische Veränderung auf den zentralen Aspekt der „Datennutzung in Echtzeit“ (IP5-16), das auch von IP4 wie folgt umschrieben wurde:

„Die gravierendsten Punkte werden so ein bisschen die Algorithmen sein, also Big Data, das was virtuelle Assistenten angeht. Da denke ich, gibt es noch mal einen großen Sprung und wahrscheinlich auch eine ganze Menge Diskussionsbedarf.“ (IP4-40)

Künstliche Intelligenz in der Weiterbildung

Im Bereich der Neuentwicklung von Lehr- und Lernformaten ist zu konstatieren, dass diese erwartungsgemäß von technologischen Fortschritten forciert und begleitet werden. Diese Annahme wurde von den Interviewpartnern einstimmig bestätigt.

In der Literatur werden die Begrifflichkeiten Internet der Dinge, Auswertung von Daten in Echtzeit und maschinelles Lernen als eine logische Sequenz des technologischen Fortschrittes beschrieben. Dementsprechend soll im Folgenden ausgewertet werden, welchen Einfluss die Künstliche Intelligenz auf neue Lehr- und Lernformate hat und welche direkten oder indirekten Bezüge zum Internet der Dinge existieren.

Obwohl von einigen Interviewpartnern beklagt wurde, dass der Begriff der Künstlichen Intelligenz unterschiedlich verwendet werden würde (IP2-32, IP1-48, IP4-128), waren sich bei der Beantwortung der Frage, was unter intelligenten Technologien zu verstehen sei, die Interviewpartner einig, indem sie diese als ein Verfahren bezeichneten, das durch Datenauswertung in der Lage sei, proaktiv und kontextorientiert auf Nutzer*innen eingehen zu können:

„Okay, also die intelligenten Technologien werten Daten aus, von ihrem Einsatz, wie sie eingesetzt werden und nutzen diese Daten, um dem Nutzer*innen Angebote zu machen, um sich sozusagen darauf einzustellen, wie das Nutzungsverhalten ist.“ (IP6-27)

„Also für mich dann intelligent heißt, individuell und benutzerzentriert. Also ich meine ein System ist dann smart für mich, wenn das System vieles über den Benutzer weiß. Vieles über den Kontext der Aktivität [...] und dann entsprechend intelligent Antworten und Rückmeldungen geben kann.“ (IP6-31)

„Intelligent heißt für mich proaktiv und kontextorientiert.“ (IP1-44)

„[...] die Intelligenz kommt aus dem maschinellen Lernen heraus. Also das heißt, um es auf den Punkt zu bringen, Verfahren und Methoden der künstlichen Intelligenz zu nutzen, um halt eben am Ende des Tages damit Lernprozesse zu optimieren, ja?“ (IP5-19)

Hinsichtlich einer Abgrenzung zu ähnlich verwendeten Termini verweist IP1 darauf, dass im internationalen Kontext unter „Ambient Intelligence“ eher „Pervasive Computing“ gefasst werden würde. Wohingegen „ubiquitous“ und „pervasive“ dahingehend abgegrenzt werden könnten, dass ubiquitous zunächst nur „allgegenwärtig“ und pervasive „durchdringend“ bedeuten würde. Es wäre letztlich eine Frage von Verfügbarkeit, was am Ende so etwas wie „unabhängig von Raum und Zeit“ bedeuten würde, aber dennoch nicht zwingend Intelligenz beinhalten würde. Demnach könnte ein hochgradig mobiles System zwar ubiquitär sein, allerdings nicht zwangsläufig intelligent. Erst eine gewisse Form der Adaptivität würde zur Intelligenz beitragen. Da intelligente Systeme jedoch den aktuellen Kontext erfassen müssten, um situationsbedingt intelligent reagieren zu können, müssten intelligente Systeme über kontextsensitive (ubiquitous/ pervasive) wie auch adaptive Funktionalitäten verfügen (IP1-50-65).

An dieser Stelle wird ein indirekter Bezug zum Internet der Dinge offenkundig, da das Internet der Dinge als allgegenwärtig und alles durchdringend definiert wird und auf Konzepten des Pervasive bzw. Ubiquitous Computing beruht (vgl. Abschnitt 2.2). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass das Technologiekonstrukt Internet der Dinge per Definition dazu geeignet ist, kontextbezogene Informationen in Lehr- und Lernsituationen zu erfassen und für adaptive Funktionalitäten bereitzustellen.

Ausschließlich IP2 beantwortet die Frage in einem direkten Bezug zum Internet der Dinge wie folgt:

„Intelligente Technologie für mich ist, dass ich ein Ding haben muss, auch in Bezug von IoT, ein Gerät haben muss, was in der Lage ist, Operationen auszuführen, Algorithmen auszuführen. Intelligent wäre es für mich dann, wenn das System auch selbst entscheiden kann, vom Kontext. Das heißt, was passiert, wenn nicht reinprogrammiert wurde, wenn A passiert mach B, sondern eben X passiert, was vorher nicht definiert war und das System dann darauf reagiert.“ (IP2-30)

Aus den Aussagen der Interviewpartner lässt sich schlussfolgern, dass die Anwendung von Verfahren aus der künstlichen Intelligenz wie z. B. Maschinelles Lernen zu Produkten und Services im Bildungsbereich führen, die Aktionen tätigen können, die im Vorfeld nicht programmiert wurden. Entsprechend könnten derartige Lernsysteme auf Basis der Nutzungsdaten den Kontext und die Lernsituation

erkennen und auf Basis der Auswertung vergangener Situationen mittels Predictiv Analytics selbst entscheiden, was für die Lernenden am effektivsten wäre und entsprechend proaktiv reagieren. Ein wichtiger Indikator sogenannter intelligenter Systeme ist demnach, dass diese in der Lage sind, selbst zu lernen.

Von drei Interviewpartnern wurde kritisch angemerkt, dass die Intelligenz letztlich nur von den Menschen kommen könne, da diese die hinterlegten Algorithmen steuern und auch kontrollieren sollten (IP2-30; IP1-44; IP5-102).

Entsprechend schränkt IP1 die Intelligenz der Systeme wie folgt ein:

„Ich finde immer, wir Menschen sollten, wenn es geht die einzig Intelligenten bleiben, aber ein System suggeriert Intelligenz, wenn es Verhalten zeigt, bevor der Nutzer Verhalten anfordert, sondern das System beobachtet Nutzer, interpretiert Nutzer, sagt Nutzerverhalten, Nutzerbedürfnisse voraus und passt sich selbst und seine Systemfunktionen deswegen im Vorgriff auf die vermeintlichen Bedürfnisse des Nutzers an, bevor der Nutzer das verlangt.“ (IP1-44)

Eine anspruchsvollere Haltung, die über datengestützte Auswertungen und Reaktionen hinausgeht, wurde von IP7 beschrieben:

„[...] und wenn das System wirklich intelligent ist, dann reagiert es vielleicht auf so einer Ebene, die mehr so inspiriert, als direkt auf was zu reagieren.“ (IP7-21).

Der von IP7 genannte Aspekt der Inspiration ist im Zusammenhang neuer Lehr- und Lernformate insofern interessant, da menschliche Lernprozesse nicht ausschließlich linear und sachlogisch ablaufen, sondern auch von Emotionen, Visualisierungen, Irritationen oder auch indirekten Assoziationen beeinflusst werden (vgl. Abschnitt 2.1.2.1).

Im Gegensatz zu den klar formulierten theoretischen Ansätzen der Künstlichen Intelligenz und den aufgeführten Potenzialen im Weiterbildungsbereich, wird der aktuelle Stand der Forschung von den Interviewpartnern überwiegend als „schwierig“ eingestuft (IP2-36, IP6-54, IP5-115, IP4-53, IP2-42, IP1-69).

Die Mehrheit der Interviewpartner zählten in diesem Zusammenhang eigene Forschungsprojekte oder auch international bekannte EU-Forschungsprojekte auf, verwiesen aber gleichzeitig darauf, dass dies einzelne Insellösungen und Modellprojekte seien, die keinesfalls verbreitet oder gar als fertige Systeme zur Verfügung ständen.

Als Gründe wurden insbesondere datenschutzrechtliche Aspekte genannt. Aber auch die technische Komplexität derartiger Systeme, die mit entsprechend hohem

Erstaufwand einhergeht (z. B. Modellierungen und Aufbau der Ontologien), wurden als hemmende Faktoren aufgeführt. IP1 erläutert die Herausforderungen folgendermaßen:

„So, und wir haben das probiert und sind am Ende da dran gescheitert, dass entweder die Verfahren für die Datenbasis, die wir hatten nicht mächtig genug waren oder die Datenbasis nicht so weit hätte erweitert werden können aus Datenschutzgründen oder technischen Gründen in der Uni oder Ähnlichem, dass die Verfahren da hätten weiterentwickelt werden können, so dass es unterm Strich für mich wieder unpraktikabel war.“ (IP1-83)

Einige der Interviewpartner formulierten konkrete Schwierigkeiten beim Einsatz Künstlicher Intelligenz im Bildungsbereich, die eine flächendeckende Nutzung auch in nächster Zukunft behindern könnten:

„Es wird vieles von selbst gehen, auch KI-basiert von selbst gehen, im Learning sehe ich das noch nicht, weil wir die Semantik nicht in den Griff bekommen. [...] Im Learning sind zu viele Unschärfen nach wie vor drin.“ (IP5-115-117)

„Ich sehe die Potenziale auch, sonst würde ich mich mit dem Thema nicht beschäftigen, aber es ist halt doch noch sehr schwergängig und in der Forschung sieht das alles schon prima aus, aber in die Praxis ist es im Moment noch schwer zu kriegen. [...] Weil auch eben die Institutionen aus gutem Grund, die das tragen, ja eine gewisse Behähigkeit haben, um sich vor Fehlentscheidungen zu schützen und dadurch dauert das wahrscheinlich auch einfach eine gewisse Zeit, bis das reinwächst.“

Es kann festgestellt werden, dass mittels Internet der Dinge automatisierte (Lern-) Systeme (vgl. Abschnitt 2.2.1.7) nicht automatisch gleichzusetzen sind mit sogenannten intelligenten (Lern-)Systemen, da diese erst schrittweise zu entwickeln sind (vgl. Abbildung 2.5). Dementsprechend ist es wichtig, verschiedene Entwicklungsstufen des Internet der Dinge zu unterscheiden und bereits im Gestaltungsprozess zu überlegen, welche Entwicklungsstufe erreicht werden soll.

Digitale Lernassistenten

Im Zusammenhang Künstlicher Intelligenz im Weiterbildungsbereich wurden von vier Interviewpartner die spezifische Funktionalität einer „digitalen Assistenz“ beschrieben (IP6-104, IP5-67-68, IP5-76, IP4-43-45, IP2-38).

Laut IP5 und IP2 könnten uns Assistenzsysteme bei der täglichen Arbeit und auch bei Lernprozessen begleiten, indem Datenspuren aufgenommen und so aufbereitet würden, dass die Lern- und Arbeitsprozesse effektiver ablaufen

könnten. In einem konkreten Fallbeispiel wurde von IP5 beschrieben, wie derartige Assistenz- und Wissensdienstsysteme die Mitarbeiter*innen bereits nach sechs Monaten der Nutzung in die Lage versetzt hätten, bei einem Großteil der Tätigkeiten auf die Assistenzsysteme zu verzichten und zugleich im Anschluss höherwertigere Arbeiten durchführen zu können als zuvor (IP5-76).

IP6 verweist in diesem Zusammenhang auf eine persönliche Lernumgebung (PLE), die gleichzeitig als „Personal Assistent“ fungieren könne. Laut IP6 würden Konzerne wie Apple, Microsoft und IBM bereits an derartigen Assistenten arbeiten (IP6-104).

Recommender Systems

Im Zusammenhang Künstlicher Intelligenz im Weiterbildungsbereich wurde darüber hinaus vielfach die spezifische Funktionalität eines „Recommender Systems“ beschrieben. Eine Abgrenzung zu digitalen Lernassistenten fällt an dieser Stelle schwer, da ein digitaler Assistent letztlich auch Empfehlungen aussprechen kann. Konkrete Bezüge zu Recommender Systems wurden von insgesamt sechs Interviewpartner direkt oder auch indirekt beschrieben (IP7-21, IP6-123, IP6-75, IP6-37, IP5-19, IP4-45, IP2-78, IP1-79-81).

IP2 skizziert eine mögliche Funktionsweise eines Recommender Systems an einem fiktiven Beispiel, das in einer konkreten Lehrsituation nicht nur die Lernenden, sondern auch die Lehrenden unterstützen könnte, indem passende, weiterführende Informationen und Links zu einem Thema live in der Trainingseinheit eingeblendet werden könnten. Eine vorangegangene Recherche und Zusammenstellung durch den Lehrenden würde somit entfallen und zur Entlastung beitragen. Falls das Recommender System zusätzlich auf die Wissensökologie der anwesenden Lernenden zurückgreifen könnte, könnten basierend auf den PLEs der Lernenden Querverbindungen analysiert werden, die z. B. über eine Empfehlung weiterer geeigneter Medien, wie z. B. fachspezifische Twitter-Kanäle abgebildet werden könnte (IP2-76).

Vorteile für die Lehrenden werden auch von IP6 aufgezeigt, die sich jedoch nicht nur auf fachliche, sondern auch auf didaktische Aspekte beziehen:

„Es gibt so viele, Hunderte von didaktischen Möglichkeiten, innerhalb eines Prozesses, den man da gestaltet und man kann natürlich dieses didaktische Expertenwissen versuchen im Raum zu implementieren, dass das auch Empfehlungen geben kann. Ich glaube nicht, dass man die Lehrperson dann ersetzen kann, aber eben als Technologie mit an die Hand geben.“ (IP6-123)

Die Analyse zeigt, dass für digitale Assistenten wie auch für Recommender Systems die gleichen technologischen Verfahren wie z. B. Data Mining, People Analytics, Learning Analytics oder auch Machine Learning angewendet werden. Von daher muss an dieser Stelle kritisch angemerkt werden, dass derartige Verfahren große Herausforderungen insbesondere hinsichtlich des Datenschutzes mit sich bringen, die den Einsatz in der Bildungspraxis unter Umständen erschweren oder gar unmöglich machen.

Anwendungsmöglichkeiten von IoT auf Lehr- und Lernprozesse

Die Analyse der Ergebnisaufbereitung zeigt, dass die Interviewpartner Schwierigkeiten damit hatten, Anwendungsmöglichkeiten des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse zu formulieren. Ein wesentlicher Grund wird zum einen darin gesehen, dass das Internet der Dinge als Begriff sehr abstrakt ist. Zum anderen wird das Internet der Dinge üblicherweise mit anderen Anwendungsfeldern, wie z. B. der Logistik, Industrie oder Gebäudetechnik in Verbindung gesetzt. Eine Übertragung von Funktionalitäten aus dem Bereich des Internet der Dinge auf den Bildungskontext wurde bisher kaum unternommen, folglich wurden IoT-Anwendungsmöglichkeiten auf Lehr- und Lernprozesse noch nie untersucht. Entsprechend konnten die Interviewpartner auf keine theoretischen Vorkenntnisse oder gar Erfahrungswerte zurückgreifen.

Dennoch wurden von sechs Interviewpartner Anwendungsmöglichkeiten auf Lehr- und Lernprozesse benannt und beschrieben (IP1-40-44, IP1-133-142, IP2-52, IP3-16, IP5-125, IP6-80-81, IP6-100, IP742-43), die sich zur Explikation erster Ideen überwiegend an den typischen Merkmalen des Internet der Dinge orientierten. IP1 skizziert dazu folgende Übertragungsmöglichkeiten:

„Also Internet der Dinge, wenn sich plötzlich Dinge vernetzen und nicht Menschen vernetzen primär, wenn Dinge eigenständig interagieren ohne, dass ein Mensch gesagt hat, dass sie interagieren sollen. [...] Das ist für mich der eine Ansatzpunkt, wo man dann aus pädagogischer Sicht mit den Dingen etwas machen muss, die durch das Internet der Dinge sich dann plötzlich anders verhalten.“ (IP1-135-140)

Von einigen Expert*innen wurde in diesem Zusammenhang auf die besondere Relevanz des situativen Lernens hingewiesen (IP6-80, IP5-19, IP1-40). Die IP betonen dabei die besondere Relevanz des „Kontextes“, der wesentlich für das Lernen im Umfeld des Internet der Dinge sei. Da eine Vernetzung durch das Internet der Dinge zu veränderten Kontexte führe, müssten auch die Lehr- und Lernprozesse kontextbezogen gestaltet werden können. Dies würde wiederum bedeuten, dass sich die Lernprozesse sehr schnell anpassen könnten, je nachdem,

was für eine Lehr- und Lernsituation erkannt werden würde. IP3 geht auf die Vernetzung durch das Internet der Dinge im Bildungskontext wie folgt ein:

Ich versuche mir jetzt gerade ein Internet der Lerngegenstände vorzustellen, also Lerngegenstände geht von der Tafel bis zum Spielzeug, bis zum Schreibgerät, was man in der Hand hat, ob das jetzt ein Tablettstift ist oder der Bleistift. Wenn solche Gerätschaften untereinander unter didaktischen Gesichtspunkten vernetzt wären, was weiß ich, gegenseitig Daten zutragen, die für Lernerfolg optimiert werden könnten, kann ich mir sehr viele Möglichkeiten vorstellen. (IP3-16)

Zur Optimierung von Lehr- und Lernprozessen sei dann aber wiederum eine gewisse Form der Intelligenz notwendig, die so stark mit der Umgebung zu verweben sei, dass die IT nicht mehr wahrgenommen und als Teil der Umgebung im Lernkontext verschwinden würde. Die Räume würden dann als vergegenständlichte Kontexte fungieren.

Im Vergleich zu den eher abstrakten und generalisierten Übertragungs- und Anwendungsmöglichkeiten beschrieben IP7 und IP6 konkretere Lernszenarien, die mittels IoT umgesetzt werden könnten:

„Man könnte jedes Möbel im Prinzip, das im Lernkontext eingesetzt wird in irgendeiner Form sozusagen mit Technik unterstützen [...], so dass man bestimmte Lademöglichkeiten über Induktion macht, das sind ja solche Aspekte, die vielleicht nicht Internet der Dinge, aber zumindest, dass man bestimmte sozusagen Strukturen schafft, innerhalb von physischen Materialien im Lehr- und Lernkontext. [...] Vielleicht projiziere ich etwas an die Wand und dann habe ich das synchronisiert über meine Cloud und zuhause kann ich es dann auf meinem Tablet lesen, was ich da irgendwo an die Wand geschrieben habe. Oder ich sehe irgendwas, muss mir das nicht mehr abschreiben, sondern mache da so eine Aufnahme davon und es wird übertragen.“ (IP742-43)

Ein zentraler Aspekt sei dabei immer, dass die konkrete Lernsituation und der Kontext erkannt würde und entsprechend bedarfsorientiert auf die Lernsituation reagiert werden könne. Die Erfassung des Kontextes und der Lernsituation würde mittels Sensoren erfolgen, welche die gesammelten Daten auswerten und an weitere integrierte Komponenten weitergeben könnten (IP6-80-81).

Abhängigkeit von lebens-, arbeits- oder lernweltlichen Zusammenhängen

Insbesondere IP3 betonte, dass eine Modellierung des konkreten Nutzungskontextes (IP3-20) im Vorfeld der Gestaltung von IoT-basierten Lehr- und Lernformen stattfinden müsse. Kontextuelle Zusammenhänge müssten expliziert und dokumentiert werden, um herauszufinden, wie die jeweiligen Lehr- und Lernprozesse im lebensweltlichen sowie arbeitsweltlichen Zusammenhang eingebettet seien.

Erst danach wäre man in der Lage, Lerninhalte und Lerngegenstände sinnvoll miteinander vernetzen zu können.

IP3 verwendet in diesem Zusammenhang den Begriff des „Lernweltdiagramms“. Dieses müsse zunächst einmal abgebildet werden, um konkrete Interaktionen, also Lehr- und Lernprozesse mittels IoT sinnvoll anreichern zu können. Es müsse analysiert werden, welche (Lern-)Gegenstände existierten und in welchem nutzungsprozessualen Zusammenhang diese stünden. Laut IP3 würde sich hier eine Art Workflowbeschreibung von Lehr- und Lernprozessen anbieten, die die jeweiligen Akteure mit ihren spezifischen Rollen identifizieren und beschreiben würden. IP3 zufolge wäre darauf aufbauend auch ein Standardsatz von Lernweltelementen vorstellbar, die in unterschiedlichen Gestaltungsprozessen als Schablone genutzt werden könnten, und lediglich mit spezifischen Zusatzelementen, Abweichungen und Varianten jeweils vor Ort abgeglichen werden könnten (IP3-26).

Erst wenn prototypische Standardelemente der Lernwelt definiert seien, könnte man über eine entsprechende IoT-Integration nachdenken:

„Welche von diesen Lernweltelementen könnten sozusagen noch zusätzliche Beziehungen zueinander aufnehmen, indem die sich jetzt sozusagen kommunikativ austauschen, also selber aktiv werden. Wenn der Schwamm dann mit dem Waschbecken redet.“ (IP3-30)

Situative Abhängigkeiten, die im Vorfeld eine genaue Analyse erforderten, formulierten auch IP5-45,139 und IP6-34. Dabei sei insbesondere auf die sehr heterogenen Lernbedarfe und Arbeitszusammenhänge einzugehen, da beispielsweise Mitarbeiter*innen in der Produktion in völlig anderen lebens-, arbeits- oder lernweltlichen Zusammenhängen stünden als Mitarbeiter*innen mit einem festen Büroarbeitsplatz mit PC. Insofern kämen hier nicht nur andere Lernmethoden, sondern auch andere Lerngegenstände (z. B. mittels Datenbrillen, um die Hände frei zu haben) in Frage, die zunächst im Vorfeld zu definieren seien.

Abhängigkeit von Lerninhalten und Lerngegenständen

Es kann festgestellt werden, dass das Formulieren von generalisierten Anwendungsmöglichkeiten des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse eine Herausforderung für sämtliche Interviewpartner darstellte. Ein Grund könnte die von allen IPs beschriebene Abhängigkeit von Lerninhalten sowie Lerngegenständen sein. So wurde von allen sieben Interviewpartner festgestellt, dass eine konkrete Antwort dieser Frage, ohne den Lernkontext zu kennen, schwierig sei.

IP2 gab in diesem Zusammenhang Folgendes zu bedenken und fokussiert damit den Lerninhalt als ersten Bezugspunkt der Abhängigkeit:

„Wenn ich jetzt aber eine Sprache vermitteln möchte, Chinesisch lernen, da fehlt mir jetzt der Kontext dann... Die Frage war ja IoT, da fehlt mir der Bezug zu diesem physikalischen Ding. Deshalb sage ich, ist das abhängig vielleicht von dem, was ich schulen möchte, ob mir da IoT hilft, oder nicht.“ (IP2-52)

Im Vergleich dazu stellte IP6 eher die Lerngegenstände in den Mittelpunkt der Abhängigkeiten, indem zunächst geprüft werden sollte, welche Lerngeräte (insbesondere Tablets und Smartphones) bereits in Lernumgebungen integriert seien und für Lehr- und Lernprozesse zur Verfügung ständen. Zunehmend würden IP6 zufolge auch Displays, die im Gebäude verbaut seien bzw. überhaupt zur Verfügung ständen, als Lerngegenstände genutzt.

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass die Nutzung von Smartphones oder Tablets allein zunächst nichts mit dem Internet der Dinge zu tun haben muss und sich die IoT-basierten Lehr- und Lernprozesse durch die Integration von Smart Objects und deren Vernetzung innerhalb von Cyber-Physischen Systemen manifestieren, in welche in der Regel natürlich auch Smartphones und Tablets eingebunden sind. In einem Beispiel führten IP6 die Anwendungsmöglichkeiten des Internet der Dinge durch den Lerngegenstand sogenannter Tangibles näher aus:

„Ein System das wir eben nutzen wollen, zum Beispiel um in der Informatikausbildung [...] bestimmte Programmierparadigmen und Abstrakte Dinge, die man lernen kann, paralleles Programmieren und so weiter, anfassbar zu machen. Die Idee ist, dass man eben so einen Multitouch Tisch nutzt und darauf so genannte Tangibles, also Geräte, die man anfassen kann, anordnen kann und dass die eine bestimmte Interaktionsform haben, um zum Beispiel parallele Prozesse zu zeigen, wie ich was programmiere und so weiter.“ (IP6-88)

Dieses Beispiel ist aus zweierlei Gründen sehr interessant, da es zum einen die durch IoT ermöglichte Digitalisierung physischer Objekte umdreht, indem abstrakte und digitale Lerninhalte anfassbar und vergegenständlicht werden. Zum anderen werden aber auch bisher nicht digitalisierte Gegenstände wie Tische zu Multitouch-Tischen erweitert, die mit Tangibles in Beziehung stehen. Ein Multitouch-Tisch dient als physische Arbeitsfläche und als Display, auf dem Inhalte für alle Lernenden sichtbar sind. Auf ihm können Lernende mehrere Tangibles (anfassbare Objekte) ablegen, verschieben und manipulieren

(vgl. Abbildung 3.33). Der Tisch erkennt die Objekte auf seiner Oberfläche und verfolgt fortlaufend ihre Position und Rotation.



Abbildung 3.33 Tangibles auf einem Multitouch-Tisch als anfassbare Knoten in einem binären Suchbaum (Quelle: RWTH Aachen)

Auf die besondere Relevanz von Touchscreens als Lerngegenstände wurde auch von IP7-48-50 hingewiesen, wobei angemerkt wurde, dass selbst eine komplette Wand im Raum als Display bzw. Touchscreen umfunktioniert werden könnte oder auch in Möbel integrierbar wären. An den Ausführungen von IP7 wurden konkrete Zusammenhänge und Bezüge zu Lernräumen an sich deutlich, da letztlich alle zum Raum gehörenden Bestandteile, von Wänden über Fußböden bis hin zu den Möbeln mit IT angereichert und als Lerngegenstand genutzt werden könnten.

Eine abstraktere Form der Abhängigkeit von Lerninhalten und Lerngegenständen formulierte IP1, indem die von IP6 verdeutlichte Vergegenständlichung digitaler Lernartefakte wie folgt zum Ausdruck kam:

„Also, wenn ich ein Lernszenario über unser Sonnensystem habe, erwarte ich, dass da irgendwie Planeten rumschwirren oder so was. [...] Das kann auch eine abstrakte

Verkörperung des Lerngegenstandes sein. Aber irgendwie müssen sich die Inhalte, die Lerngegenstände da wiederfinden, ansonsten kann ich sie nicht lernen. Und das muss für mich in so einem Lernraum auch irgendwie funktionieren.“ (IP1163-170)

In diesem Zusammenhang wird auch von einer Überlagerung physischer Lerngegenstände mit virtuellen Inhalten gesprochen. IP5-131 und IP2-52 gingen diesbezüglich auch auf handwerkliche Lernprozesse ein, für die sich IoT-basierte Lehr- und Lernformen besonders gut eignen würden, da von Feilen über Bohrer bis hin zu Motoren und Maschinen bereits vielfältige physische Lerngegenstände zur Verfügung ständen, die entweder durch virtuelle Inhalte überlagert oder gar durch sensorbasierte Datenauswertung in Echtzeit den Lernenden angeben könnten, wie sie die Säge, den Bohrer oder auch die Feile zu bedienen hätten.

Herausforderungen

Abschließend soll in diesem Abschnitt auf die von den Interviewpartnern spezifizierten Herausforderungen eingegangen werden, die sich in Summe darauf bezogen, wirkliche Mehrwerte zu erzeugen, gelungene Mensch-Maschine-Interaktionen zu gestalten sowie den Datenschutz zu berücksichtigen.

Laut IP7 bestünde die wesentlichste Herausforderung darin, pädagogische Mehrwerte zu erzeugen und den Lernenden selbst ins Zentrum jeglicher Gestaltungsarbeiten zu rücken. Das Lernen müsse nach IP7-23 zu einer „beglückenden, erfüllenden, kreativitätsanregenden, positive Emotionen fördernden Erfahrung“ gemacht werden. Dies sei IP7 zufolge die wichtigste Basis für das Gestalten erfolgreicher Lehr- und Lernszenarien.

Auf eine sinnvolle, auf didaktischen Modellen beruhende und nutzengenerierende Anwendung von IoT auf Lehr- und Lernprozesse verwiesen auch IP3-16-22, IP2-6, IP2-30, IP2-58 und IP5-153. Gleichzeitig wurde betont, dass bei derartigen Entwicklungen, die fundierte Ausgestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion an Bedeutung gewinnen würde und sich die Usability von der reinen Nutzbarkeit der Anwendung in Richtung Experience Design verschieben würde. Demnach müsse auch die Bedienung von technischen Geräten als etwas Erfüllendes und Angenehmes empfunden werden.

Große Herausforderungen in Bezug zum Datenschutz wurden insbesondere von IP1 und IP6 geäußert, wobei laut IP1 der Datenschutz bereits bei der Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen mitkonstruiert werden müsste:

„Vielleicht muss man Datenschutzaspekte bei der Entwicklung von solchen Technologien mitdenken. Also nicht einfach die Datenauswertung in den Mittelpunkt stellen,

sondern den Datenschutz bei der Auswertung gleich mit rein konstruieren, also Mechanismen schaffen, dass ein Nutzer*innen seine Daten zwar gibt, aber dann nur für einen bestimmten Zweck gibt und der Algorithmus sicherstellt, dass jenseits dieses Zweckes nichts mit den Daten passieren kann. Dass der Nutzer*innen das auch nachdem er seine Daten gegeben hat noch in der Hand hat.“ (IP1-89)

Von einigen Interviewpartnern wurden zusätzliche Bedenken geäußert, dass beispielsweise durch den Einsatz von digitalen Assistenten präferierte Ansichten und Meinungsbilder zu einer unterschweligen Manipulation der Lernenden führen könnte oder sich die Informationsaufbereitung durch eine auf Algorithmen beruhende Auswahl negativ auf die Informationskompetenz insgesamt auswirken würde (IP7-18-20, IP1-460, IP4-40). In diesem Zusammenhang wurde von IP4 kritisch angemerkt, dass die Lernenden immer stärker in eine Konsumentenrolle gedrängt werden würden, die laut IP1 letztlich dazu führen könne, dass das Lernen selbst verlernt werden könnte (IP1-458).

Aus der Analyse der Kodierungen geht hervor, dass direkte und indirekte Bezüge zwischen dem Internet der Dinge und dem Entstehen neuer Lehr- und Lernformate im Rahmen der Studie extrahiert und belegt werden konnten. Die von den Expert*innen beschriebenen Funktionszusammenhänge, die im Zusammenwirken zwischen IoT und Lernen stattfinden, entsprechen dabei den in Kapitel 2 theoretisch hergeleiteten Grundlagen zu IoT und SLEs. Obwohl Smart Learning Environments nicht explizit als Begriff bzw. neue Lehr- und Lernform von den IP genannt wurde, lässt sich aus der Studie einen direkten Bezug zum Internet der Dinge schlussfolgern. Dementsprechend können IoT-basierte Lehr- und Lernformate als „Smart Learning Environments“ bezeichnet werden.

Als ein generalisierendes Muster zur Anwendung des Internet der Dinge konnte die Digitalisierung von physischen Lerngegenständen und Lerninhalten sowie die Vernetzung der Lerngegenstände untereinander identifiziert werden. Als dessen Gegenpol konnte ein weiteres Muster abgeleitet werden, welches digitale Lerninhalte im physischen Raum projiziert, um die Lerninhalte zu vergegenständlichen. Die Studie belegt, dass durch die Anwendung des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse fließende Übergänge zwischen digitalen und physischen Lehr- und Lernformaten zu erreichen sind, die über eine Anwendung von rein ubiquitären und adaptiven Lernformen hinausgeht. Die Abgrenzung ist in der Hybridisierung der Lehr- und Lernformate zu verorten, die weder über ubiquitäre noch über adaptive Lernformen, sondern ausschließlich über die Nutzung von IoT erzielt werden kann.

Als Schlüsselement, das einen fließenden Austausch zwischen informellen, digitalen und personalisierten Lerninhalten einerseits und den formalen sowie

analogen Lernformen andererseits gewährleisten könnte, wurde das Konzept der persönlichen Lernumgebung identifiziert. Eine PLE bündelt alle Lerninhalte, Lernergebnisse sowie Lernwerkzeuge der Mitarbeiter*innen, die letztlich über eine Vernetzung mit anderen PLEs als Wissensbasis (Knowledge Ecology) fungieren können.

Die Studie hat ergeben, dass für die Entwicklung intelligenter Lernformate mittels IoT die Cyber-Physischen-Lernsysteme letztlich mit den aktuell stattfindenden Lernprozessen verknüpft werden müssen, um auf Basis der erkannten Kontextdaten als digitaler Lernassistent fungieren zu können. Eine Umsetzung in der Bildungspraxis scheint derzeit allerdings nur bedingt möglich zu sein, da in Bezug auf Data Mining und People Analytics datenschutzrechtliche Gesetze, die die Speicherung, Verarbeitung und Weitergabe der persönlichen Daten regeln, eine Auswertung im Sinne von Big Data untersagen. Parallel dazu stoßen auch die technischen Möglichkeiten aufgrund der gestiegenen System- und Funktionskomplexität an ihre Grenzen.

Aus der Studie geht darüber hinaus hervor, dass ein bedeutendes Merkmal des Internet der Dinge im Bildungsbereich die konkreten Lehr- und Lernkontexte darstellen. Entsprechend müssen zur Ausschöpfung der IoT Potenziale zunächst umfassende Kontextanalysen durchgeführt werden, um auf einer konkreteren (Micro-)Ebene IoT basierte Interaktionen gestalten zu können, die das Lehren und Lernen optimieren.

3.5.2.3.2 Lernraumgestaltung

Gegenstand der vorliegenden Forschungsarbeit sind intelligente und hybride Lernräume. Ergebnisse hinsichtlich der Attribuierungen „Intelligenz“ und „Hybridisierung“ wurden im vorhergehenden Abschnitt dargelegt. Der folgende Abschnitt stellt die Ergebnisse in Bezug zur Ausgestaltung der Lernräume dar.

Zusammenhang zwischen Lernraum und Motivation der Lernenden

Die Analyse zeigt, dass alle Interviewpartner davon überzeugt sind, dass die physische, räumliche Umgebung einen direkten Einfluss auf die Lernenden und auf die darin stattfindenden Lehr- und Lernprozesse hat (IP7-23, IP6-108, IP5-165, IP4-80, IP3-44, IP2-66, IP1-204). Dieser Einfluss kann sich positiv wie auch negativ auswirken.

Nach Ansicht von IP4-82 gäbe es da einige wichtige Faktoren. So zum Beispiel die allgemeine Gestaltung, ob diese passend oder eher unpassend gestaltet sei. Oder ob der Raum die Lernenden zu einem „Miteinander“ einlade oder eher nicht.

Ob der Raum Barrieren und Hierarchien verstärken würde und die Kommunikation befördern oder gar erschweren würde. Letztlich müsse man sich wohlfühlen. Dies hätte auch viel mit der Steuerung von Licht und Temperatur zu tun.

Für IP3 gehören auch sozialpsychologische Faktoren dazu. So verfüge der Raum regelrecht über „Macht“. Dementsprechend würde der Raum bestimmen, wo man sich hinzusetzen habe oder wo man an Gruppentischen zusammenarbeiten könnte. Ebenso seien die Positionierungen der Personen im Raum entscheidend in dem Sinne, wer sich eher vorne (z. B. Management) oder eher hinten platzieren (z. B. Mitarbeiter*innen) würde.

Sozialpsychologische Einflüsse des Raumes wurden auch von IP6 aufgegriffen, wobei explizit auf einen Zusammenhang zwischen der Möblierung und den möglichen Lernformen hingewiesen wurde. So sei das Klima im Raum entscheidend, wie gut gelernt werden könnte. Verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung zu haben, um die Anordnung von Lerngruppen zu variieren bzw. Sitzordnungen zu ändern, würden sich IP6 zufolge positiv auf didaktische Vielfalt auswirken. Lernprozesse verliefen laut IP6 unterschiedlich, je nachdem, ob Lernende am Tisch, gegenüber im Stuhlkreis, kinoartig oder frontal ausgerichtet seien. All diese Faktoren hätten einen deutlichen „Einfluss auf den Lernprozess und damit auch auf das Lernergebnis.“ (IP6-108)

Einen Zusammenhang zwischen der Motivation zum Lernen und dem emotionalen Erleben eines Raumes formulierte IP1 folgendermaßen:

„Also, so wie Essen mehr Spaß macht, wenn eine schöne Tischdecke drauf ist und die Kerze brennt und der Blumenstrauß dasteht, und man am Ende, selbst wenn man nur Currywurst mit Pommes gegessen hat, irgendwie den Eindruck hat es war viel leckerer und man isst genussvoller und man unterhält sich schöner und am Ende wird der Abend viel romantischer, obwohl es bloß Currywurst mit Pommes war. Und ich glaube, auf die gleiche Art und Weise kann auch Lernen dann beflügelt werden. Und ich denke, dass das was zu tun hat zum Beispiel mit Motivation.“ (IP1-208)

Schlussfolgernd kann konstatiert werden, dass bei der Gestaltung von Lernräumen bestimmte Anforderungen zu erfüllen sind, die sich positiv auf die im Raum stattfindenden Lernsettings auswirken. Nachfolgend werden relevante Gestaltungsprinzipien und Anforderungen an intelligente und hybride Lernräume herausgearbeitet.

Gestaltungsprinzipien und Anforderungen an intelligente und hybride Lernräume
Agiler werdende Arbeitsabläufe erfordern aktive und kreative Lernformen. So zumindest argumentiert IP2-66, der im Zuge seiner beruflichen Tätigkeit damit konfrontiert ist, IoT-basierte Produkte und Services kundenzentriert entwickeln

zu müssen. Entsprechend würden heutzutage auch häufiger Innovationsmethoden eingesetzt, um den Anforderungen des Marktes und der Kunden entsprechen zu können.

IP2 fordert in diesem Zusammenhang Räume, die die Kreativität der Lernenden stimulieren und geradezu zum „Scribbeln“ einladen:

„Wir haben festgestellt, dass seitdem wir dann die Räume umgebaut haben, mehr Kreativität darin zugelassen haben, hellere Räume gehabt haben, mit mehr Licht, Fenstern, wo man auch mal was an die Wand schreiben kann, also gerade mir zum Beispiel hilft das, wenn ich lerne, ich muss immer einen Zettel haben, aufschreiben, an die Wand malen können, das haben wir dann dort in diesen Kreativräumen vor allem ermöglicht, dass man dann auch mit arbeiten kann, also nicht nur visuell, sondern eben halt auch anfassen, haptisch, wir haben entsprechend dann auch Gegenstände reingestellt.“
(IP2-66)

Das gezielte Ansprechen unterschiedlicher Sinneskanäle wurde von mehreren IPs als eine Anforderung aufgeführt, wobei sogar olfaktorische Stimulanz mittels unterschiedlicher Düfte im Raum aufgeführt wurde (IP7-52). Die in diesem Zusammenhang am häufigsten benannte Anforderung bezieht sich darauf, vielfältigste Möglichkeiten zur Visualisierung bereitzustellen. Die Visualisierung sollte jedoch nicht ausschließlich analog, also über viele beschreibbare Flächen bzw. Boards, sondern auch digital ermöglicht werden. IP6-118 beispielsweise verweist auf den Einsatz von Multitouch-Tischen, IP7-45 erläutert den Einsatz einer 3D-Software zu Visualisierungszwecken und IP2-74 betont in diesem Zusammenhang die Nutzung eines interaktiven Whiteboards oder auch Tablets, womit die Zeichnungen und Notizen direkt abgespeichert und hinterher verfügbar wären. Zudem wurden auch haptische, anfassbare Modelle oder andere Lerngegenstände gefordert, die im Raum zur Verfügung stehen sollten (IP6-92, IP2-66, IP1-170).

IP2 zufolge müsse es darüber hinaus auch ein heller und großer Raum sein, ein Lernraum müsse viel Platz für aktives Arbeiten anbieten auch insofern, dass Rückzugsnischen zum konzentrierten Nachdenken genutzt werden könnten. Es dürfe sich keinesfalls um kleine Räume handeln.

Hinsichtlich ästhetischer Gesichtspunkte wird von IP1-196 auf die Bedeutung von Licht, Pflanzen und Bildern hingewiesen, wobei IP4-88 auf eine Zurückhaltung in Bezug zur Farbgestaltung plädiert, da man aufgrund von Farbtrends schnell erkennen könne, in welchem Jahrzehnt der Raum gestaltet wurde. Demgegenüber verweist IP7-57 darauf, dass eine „zu schlichte“ und „zu einheitliche“, also eine Uniformierung der Möblierung aus ästhetischen Gesichtspunkten vielleicht zielführend sei, im Hinblick auf Lehr- und Lernprozesse jedoch auch inspirierendes,

vielfältiges und durchaus auch abwechslungsreiches Mobiliar benötigt werden würde.

Diese These wurde auch von IP3 gestützt, der das Erzeugen einer angenehmen Raumatmosphäre mittels Upcycling empfahl:

„Also viel Atmosphäre entsteht eben auch durch Upcycling, da könnte man jetzt so ein bisschen philosophisch werden, also die Dinge, die durch ihre Gebrauchsspuren, durch ihre Nutzung und so weiter, die laden sich ja sozusagen auch mit Kontext, mit Stimmung oder Atmosphäre auf und das ist ja so auch die Macht der Dinge, dass die so eine dingliche Kraft auch entfalten, die oft auch sehr unmittelbar wahrnehmbar ist. Weiß nicht, ein altes Bügeleisen oder eine alte Schreibmaschine oder ein abgekauter Bleistift, der hat schon irgendwo eine Prägung, die auch sehr schnell wahrgenommen wird. Und diese Prägung oder auch diese Intensität, die fehlt halt Sachen, die halt eben nicht Geschichten haben. Also Atmosphäre und sowas bildet sich oft, nicht ausschließlich aber um solche stimmungshaltigen Gegenstände.“ (IP3-116)

Von insgesamt vier Interviewpartner wurden fließende Raumgrenzen als Anforderung benannt. IP7-55 formulierte in diesem Zusammenhang eine Erweiterung des physisch begrenzten Raumes auch auf Außenbereiche bzw. auf ein Zonenkonzept der Büro- und Arbeitsflächen insgesamt. Demnach müssten verschiedene Zonen zum Lernen genutzt werden können, wie z. B. „Entspannungszonen, Arbeitszonen, Individualzonen oder Gruppenzonen.“ Das Prinzip der fließenden Raumgrenzen wurde aber auch im Sinne einer digitalen Lernraumerweiterung umschrieben. So verwiesen IP6-84;104 und IP5-159;167 darauf, dass das Lernen ja mittlerweile überall stattfindet. Ob auf der Straße, Zuhause, auf dem Arbeitsweg oder wo auch immer, die Lernorte würden mit der Verfügbarkeit mobiler Endgeräte und Zugang zum Internet verschwimmen. Dementsprechend könne man heutzutage alles als „Lernraum“ bezeichnen.

Mit dem Begriff der Immersion beschrieb IP1 die Erweiterung des physischen Raumes wie folgt:

„Und dieser Effekt des hineingezogen Werdens, gefesselt Werdens ist da wahrscheinlich viel wichtiger, um diesen dahinterstehenden großen virtuellen Möglichkeitenraum, so nenne ich es mal, tatsächlich nutzen zu können. Das hat wieder glaube ich ganz viel mit dem Design zu tun. Design im Sinne von einer freundlichen Optik. „Is dat hübsch!“, aber auch Design im Sinne von Interaktionsdesign. Wie leichtgängig sind die Interaktionen. Wie natürlich sind die?“ (IP1-209)

Die deutlich am häufigsten genannte Anforderung bezieht sich auf die Flexibilität des Raumes (IP7-47, 55, 63; IP6-121,125,127; IP4-84-88; IP1-144,215-218,224-226). So bezeichnete IP7 einen Raum als intelligent, sofern dieser alle denkbaren

didaktischen Überlegungen unterstützen könne (IP7-47). Heutzutage sei es aber meistens so, dass der Raum die Didaktik einschränke, weil der Raum keine Möglichkeit zur Personalisierung oder auch zur Umgestaltung anbiete. Entsprechend müsse die komplette Ausstattung des Raumes weitgehend mobil sein, es müsse sozusagen alles an die Bedürfnisse der Lernenden anpassbar sein. IP6 umschrieb die Notwendigkeit einer flexiblen Ausstattung wie folgt:

„Sie brauchen Infrastruktur, die flexibel gestaltbar ist, weil damit dann verschiedene didaktische Konzepte abbildbar sind [...] Das gilt sowohl für einen Raum und die Raumgestaltung, als auch eben für die Programme, die dabei zum Einsatz kommen.“ (IP6-121)

Laut IP6 bezieht sich demnach die flexible Nutzung also nicht nur auf die physischen Gegenstände und das Mobiliar im Raum, sondern auch auf die digitalen Werkzeuge, die ein Raum anbieten sollte. Entsprechend müsste ein Raum beispielsweise für das didaktische Setting einer interaktiven Präsentation digitale Tools wie z. B. Mentimeter bereitstellen. Und für Projektarbeit müssten entsprechende Kooperationstools zur Verfügung stehen etc. (IP6-118).

IP1 sieht in der flexiblen Gestaltung und in der Möglichkeit zur Personalisierung eine indirekte Aufforderung an die Lernenden selbst, die dadurch in die Lage versetzt würden, sich den eigenen Lernraum so zu gestalten, dass es ihren Bedürfnissen am ehesten entsprechen würde:

„Der Raum muss dazu einladen, dass man ihn sich aneignet. Also, er muss nicht dazu zwingen, aber er muss dazu einladen.“ (IP1-215)

Darüber hinaus wurde die Interaktion und der Austausch mit Menschen als Anforderung an einen Lernraum benannt. IP3 betonte, wie wichtig es sei, sich in einer „Peergroup bzw. Learning Group“ auszutauschen und gemeinsam Fragen stellen zu können, in Diskussion zu treten und Lösungen entwickeln zu können (IP3-66). Interaktion und Austausch könne mit analogen Materialien wie z. B. mit Papier, Boards, Templates und Post its, aber auch digital, z. B. mit Touchscreens, Smart Boards oder Apps etc. unterstützt werden (IP6-86).

Als neuartige Funktion könne ein intelligenter Raum nach IP3-34 relevante Informationen automatisiert auf einem großen Touchscreen zur Verfügung stellen, der darüber hinaus auch „Relevanzfelder“ herausarbeiten könne, also diejenigen Informationen im Informationsüberfluss findet, die für die jeweiligen Lernenden besonders relevant sein könnten, z. B. in Abhängigkeit der jeweiligen Branche, des aktuellen Wirtschaftsgeschehens etc. In einem ähnlichen Kontext formulierte

IP1 die Anforderung, dass man beim Lernen schließlich Dinge in Bezug setzen, verbinden, verlinken oder kommentieren müsse (IP1-184). Dies könne über eine entsprechende Visualisierung gefördert werden. Auf das Visualisieren und in Beziehung setzen von Lerninhalten ging auch IP7 wie folgt ein:

„Oder beim kognitiven Bereich Dinge, Zusammenhänge aufzuzeigen oder aufzeigen zu lassen. Also ich verwende gerne das Programm Scapple, das ist ein total primitives Programm, aber ich merke, dass mir das hilft, Dinge so zusammenzubringen, für mich zu klären, wie ich das vorher nicht konnte.“ (IP7-50)

Scapple ist ein Softwareprogramm, mit Hilfe dessen man digitale Mindmaps erstellen kann (vgl. Abbildung 3.34).

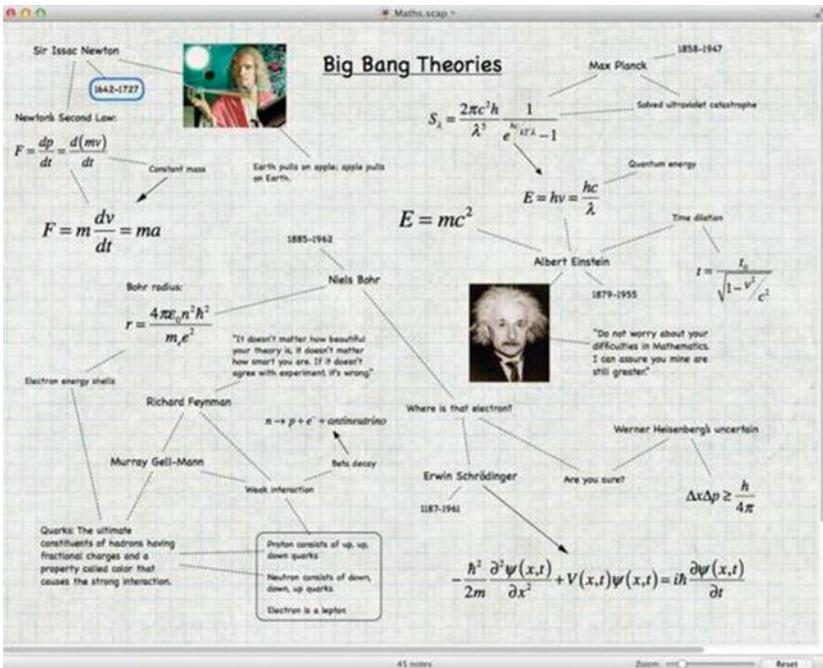


Abbildung 3.34 Screenshot aus der Anwendung Scapple

Nun könnte man o.a. Funktionalität mit einem kollaborativen Lernansatz in der Form verbinden, dass das System bzw. der Raum eine erste Wissenslandkarte

auf Grundlage der Daten erstellt, die ihm zur Verfügung stehen. Die jeweiligen Lerngruppen könnten dann anhand der vorhandenen Wissenslandkarte die Inhalte neu arrangieren, ordnen, strukturieren, ergänzen und annotieren. Nun könnte ein derartiges Vorgehen auch analog über Stellwände o.ä. umgesetzt werden. Digitalisierte „Wissenslandkarten“ hätten demgegenüber den Vorteil, unterschiedlichste Medien wie z. B. Videos, Animationen etc. integrieren zu können. Darüber hinaus wäre eine digitalisierte Zusammenstellung der Inhalte über das Internet leichter anpass- und veränderbar, als wenn die Informationen bereits im Vorfeld vom Lehrenden recherchiert und ausgedruckt wurden. Auf diese Weise könnten interaktive Wissenslandkarten in Gruppen erstellt werden, die über entsprechende Cloud-Lösungen (wie z. B. OneNote) zudem einfach auf mobile Endgeräte zu übertragen und somit auch nach der Schulung verwendbar wären.

Ein Dienst, der automatisierte Wissenslandkarten erstellt ist beispielsweise Open Knowledge Maps. Die Software visualisiert browserbasiert wissenschaftliche Publikationen zu einem eingegebenen Suchbegriff (vgl. Abbildung 3.35).

Spannend wäre in diesem Zusammenhang eine Kopplung mit der von IP6-19 beschriebenen „Knowledge Ecology“, einer vernetzten Wissensbasis, die auf den Inhalten der einzelnen Personal Learning Environments (PLEs) der Lernenden im Raum (oder auch eines ganzen Unternehmens) beruhen würde. Auf diese Weise könnten zum einen individuelle PLEs visualisiert und v. a. auch Bezüge zu anderen PLEs hergestellt werden, indem direkte oder indirekte Verbindungen zu anderen Fachthemen, Fachbereichen, Personen, Projekten, Dokumenten, Präsentationen und Expert*innen etc. visualisiert würden.

Im Ergebnis könnte über die Beteiligung aller Lernenden bzw. Mitarbeiter*innen im Sinne eines Crowdsourcing Ansatzes und über eine jahrelange Nutzung bzw. Pflege und Kuration der Inhalte in den PLEs eine Art Biblionetz im Corporate Learning Bereich entstehen.

Das Beat Biblionetz ist eine von Prof. Dr. Beat Döbeli Honegger angelegte Sammlung aus Literaturquellen, Begriffen, Expert*innen, Thesen, Links sowie Zitaten zu einem Hypernetzwerk mit ca. 600.000 internen Verknüpfungen. Dieses Hypernetzwerk zum Thema konstruktivistischer Lehr- und Lerntheorien wurde von nur einer Person seit 1996 über viele Jahre hinweg aufgebaut. Durch die Hyperstruktur werden die Inhalte nicht losgelöst visualisiert, sondern Bezüge zu anderen Autor*innen, Zitationen, Büchern, Aussagen oder Begrifflichkeiten hergestellt.

Auf die Vernetzung mit Expert*innen im eigenen Unternehmen oder auch via Twitter oder anderer Netzwerke verwies auch IP2-62, wobei oben skizzierte Wissenslandkarte in Anlehnung an Beats Biblionetz als ein konkretes Hilfsmittel zur Erschließung wichtiger Informationen und Netzwerke genutzt werden könnte:

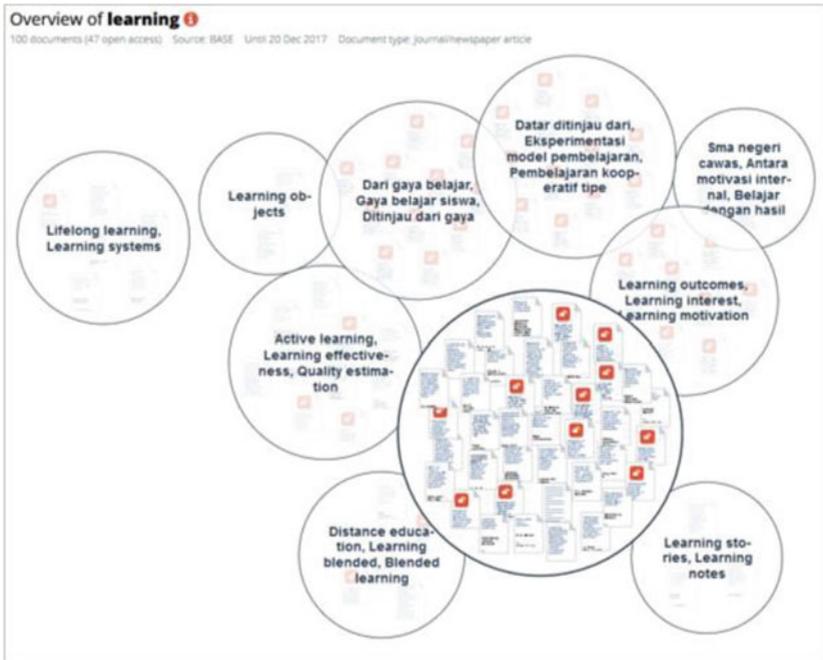


Abbildung 3.35 Beispiel einer Open Knowledge Maps Visualisierung

„Also ich glaube, das ist schon ein wichtiger Teil, [...] dass Lernende sich zu einem Themengebiet, was gerade geschult wird, auch vernetzen können und möglichst passende viele Informationen dazu dann auch sammeln können. In Form von Austausch, in Form von Bildern, in Form von Virtual Reality.“ (IP2-62)

Eine Übertragung des Vorgehens von Beat Döbeli Honegger zum Aufbau einer persönlichen Lernumgebung auf einen Unternehmenskontext im Sinne des lebenslangen Lernens, die dann als Knowledge Ecology der Smart Learning Environments genutzt werden könnte, wäre zumindest denkbar und zu diskutieren.

Als technische Anforderung an intelligente Lernräume wurden von IP7-51 und IP4-82 die individuelle Steuerung von Licht und Temperatur aufgeführt, wobei IP2-82 auch eine Sprachsteuerung z. B. mittels Amazon Echo in Erwägung zog. Über die Sprachsteuerung könnten laut IP2 auch weitere Funktionalitäten und Services des Raumes aufgerufen und ausgelöst werden, wie Z.B. das Erstellen einer Wissenslandkarte auf Basis spezifischer Suchbegriffe. Letztlich sei nach IP6-86

das Prinzip immer das gleiche, nämlich die Auswertung von Daten über Sensoren, über Lernprozesse und Lernangebote. Die im Raum vernetzten Lerngegenstände könnten sich entsprechend austauschen und den Lernenden passende Angebote machen.

Von einigen Interviewpartnern wurden weitere konkrete Beispiele beschrieben, über welche Ausstattung oder Funktion ein intelligenter Lernraum verfügen sollte (Abbildung 3.36):

„Oder absehbar ist, dass man irgendwann mal Folien hat, die man auf die Wand aufrollt und dann darauf die Präsentation laufen lässt.“ (IP7-42)

„[...] vielleicht ist auch ein intelligenter Raum einer, der sich so anpasst, von den Farben, von den Stimmungen her, [...] dass ich einfach sage: Ok, visualisiere mir doch jetzt mal folgende Zusammenhänge, System.“ (IP7-50)

„Oder jetzt möchte ich mal meinen Partner, mit dem ich Skype, in groß sehen und mit dem kommunizieren. Und demnächst möchte ich da gemeinsam mal so eine Mindmap malen und alle können da gemeinsam an der Wand arbeiten, sodass vielleicht die Wände einfach sehr multifunktional sein werden.“ (IP7-50)

„Es gibt einen Beamer, den kann ich aber überall hin ausrichten und über die Tablets können die Schüler sich jederzeit auf den Beamer schalten und was zeigen und präsentieren.“ (IP7-70)

„Im Prinzip gehen wir davon aus, dass in vier, fünf, sechs Jahren im Prinzip Virtual Reality auf dem Tablet möglich sein wird. Also die Technologien, dass man 3D-Darstellungen und so mit Tablets machen kann. [...] hier am Beispiel der Virtual Reality Cave, dass man sagt okay, man kann jetzt zum Beispiel auch lernen, Chemie und solche Prozesse, man kann ja Moleküle auch virtuell anfassbar gestalten“ (IP6-95)

„Also man hat vielleicht ein Molekülmodell, das ich mir erstmal so betrachten kann, aber jetzt kann ich in der Virtual Reality oder Augmented Reality vielleicht reinzoomen oder noch irgendetwas machen.“ (IP6-100)

„[...] weil natürlich alle Musikinstrumente zukünftig digital sein werden und technologisiert und natürlich können sie lernen von Musikinstrumenten durch Echtzeitnutzung von Daten.“ (IP5-63)

„Selbst die Reckstange in der Trainingshalle ist natürlich IoT-mäßig in der Zwischenzeit schon längst vernetzt.“ (IP5-63)

„[...] also können sie beispielsweise die Feile so mit Sensorik und Aktorik ausgestattet, dass sie selber digital wird? Können sie dann mit ihrem Smartphone, irgendwelchen Applikationen sensorbasiert aufzeichnen? Und plötzlich machen sie aus der klassischen Ausbildungssituation eine cyber-physische Basis für IoT.“ (IP5143)

„Oder nehmen Sie ein anderes Beispiel. Der Beamer und die Leinwand. [...] Sie bauen dann einfach in die Beamerhalterung einen Motor rein. [...] der Motor passt sich halt

an das Lernszenario an und steuert in der Seminarsituation, wo hingebannt wird. Dann ist es immer noch der stinknormale alte Beamer. Aber er wird plötzlich intelligent.“ (IP1227)

„Die Wand ist dann die, mit der ich physisch interagiere, obwohl ich eigentlich damit das Ding meine, was auf die Wand projiziert ist. Zum Beispiel. Aber ich würde da wirklich abstrahieren von dem physischen Gegenstand oder von irgendeinem virtuell überlagerten Gegenstand.“ (IP1-174)

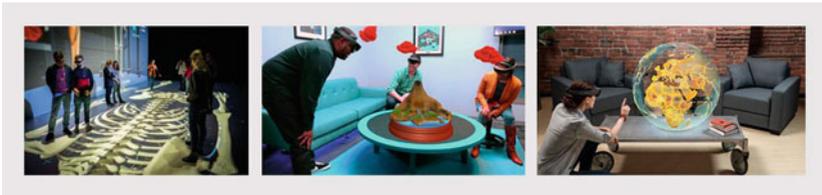


Abbildung 3.36 Beispiele für Mixed-, Virtual- und Augmented Reality Lernanwendungen

Die Studie zeigt, dass die Ausgestaltung von Lernräumen einen wesentlichen Einfluss auf die darin potenziell umsetzbaren didaktischen Konzepte hat. Es konnten dementsprechend Gestaltungsprinzipien identifiziert werden, die eine maximale didaktische Variation ermöglichen und einen infrastrukturellen Rahmen für erfolgreiche (IoT-)Lernsettings bieten.

Darüber hinaus zeigt die Studie, dass IoT-basierte Lehr- und Lernformen in Wechselwirkung mit dem physischen Raum stehen. Schlussfolgernd müssen die im Raum befindlichen (Lern-)Gegenstände mit IoT Komponenten angereichert und zu cyber-physischen-Systemen vernetzt werden, um aus traditionellen Lernräumen, hybride und intelligente Lernräume entwickeln zu können. Im Zentrum IoT-basierter Lernräume steht stets der fließende Wechsel zwischen analogen und digitalen Lerninhalten sowie Lerngegenständen, die im Raum visualisiert und bearbeitet werden können.

Es wurde deutlich, dass bereits vielfältige Ideen existieren, welche Funktionalität bzw. welche Ausstattung ein intelligenter und hybrider Lernraum haben könnte. Dabei wurde von den Interviewpartnern natürlich nicht darauf geachtet, ob als Technologie nun IoT genutzt wurde oder nicht. Viele Beispiele bezogen sich auf digitalisierte Lernräume bzw. Lernformen z. B. mit Hilfe von Projektionen

oder Virtual Reality, die zunächst keinen Bezug zum Internet der Dinge erkennen ließen, aber unter Umständen innovative Lernformate in der Weiterbildung eröffnen.

3.5.2.3.3 Modellierung

Ziel der Modellierung ist es, die Komplexität von Smart Learning Environments zu reduzieren und ein Entwurfsmuster mit den relevantesten Einflussfaktoren für den Gestaltungsprozess zur Verfügung zu stellen. Die Extraktion der Einflussfaktoren basiert dabei auf einer interdisziplinären Literaturanalyse aus den Fachdisziplinen der Bildungswissenschaften, der Informatik sowie Raumgestaltungs-konzepten der Architektur. Das Modell soll als ein Teil des Gesamtkonzeptes einen Rahmen, also ein Framework für die praktische und interdisziplinäre Gestaltungsarbeit liefern, um im Ergebnis didaktisch begründete SLEs entwickeln zu können.

Wie bereits in Abschnitt 3.5.2.1 beschrieben, wurde ein erster Modellentwurf (vgl. Abschnitt 3.4) auf Basis der Literaturanalysen entworfen und im Rahmen der Interviews mit den Expert*innen validiert. Hierzu wurden mündliche sowie schriftliche Bewertungen, Hinweise und Anmerkungen von den Expert*innen eingeholt und systematisch ausgewertet (vgl. Abschnitt 3.5.2.2). Im Folgenden werden die Ergebnisse dargestellt.

Qualitative Auswertung

IP7-81 merkte an, dass eine wesentliche Ebene im Modell fehlen würde, und zwar die Ebene der „kulturellen Verortung“. So hätten beispielsweise Asiaten gänzlich andere Umgangsformen, die sich auch in Lehr- und Lernprozessen widerspiegeln würden. Auch von IP5-202 wurde darauf hingewiesen, dass sich das Modell insgesamt auf unterschiedlichen Ebenen bewegen würde, und dass dies in einer Überarbeitung zu überdenken sowie zu schärfen sei.

Fehlen würde zudem die konkrete Interaktion der Menschen im Raum (IP7-77). Zu einer ähnlichen Einschätzung gelangte auch IP3-128, indem darauf hingewiesen wurde, dass soziale Dynamiken und Interaktionen im Modell nicht abgebildet werden würden. Darüber hinaus wurde darauf hingewiesen, dass die Bedürfnisse und Ressourcen zwischen Großunternehmen sowie kleinen und mittleren Unternehmen unterschiedlich seien und dies in einer Art „Check-Liste“ erhoben werden könnte (IP7-129).

Laut IP6-155 stelle das Modell einen Idealzustand dar, den kaum ein Unternehmen erreichen könne. Das Modell sei zwar theoretisch fundiert, trotzdem müsse man definieren, welche der Faktoren zwingend und welche optional zu berücksichtigen seien. Dies könne man auch gut mit Hilfe einer SWOT-Analyse machen.

Zudem wurde die Komplexität des Modells als kritisch eingestuft (IP6-196, 163), da es Faktoren bündele, die in einer unübersichtlichen Vielzahl an wechselseitig bedingten Abhängigkeiten zueinander stünden, so dass sich auf dieser Basis keine konstruktive Gestaltungsarbeit vornehmen lassen würde. Darauf aufbauend wurde auf die „Activity Theory“ verwiesen, bei welcher die konkreten Tätigkeiten im Mittelpunkt stehen würden (IP6-223). Insofern deckte sich diese Einschätzung mit der von IP7-77 benannten fehlenden Interaktion.

IP5-210 wies darauf hin, dass die im Modell sprachlich gefasste und formal geordnete Darstellung der Begrifflichkeiten als eine zugrundeliegende Ontologie nicht stimmig sei. Es müssten deutlichere Abgrenzungen zwischen den einzelnen Faktoren erkennbar sein. Zudem müssten die durch die Grafik erzeugten Hierarchien und sequenziellen Abfolgen überdacht sowie Beziehungen der Begriffswelten untereinander herausgearbeitet werden. Als zu ergänzende Begriffe wurden „Business Development“, „Governance“ und „Compliance“ zur Vervollständigung eines Top-Down Ansatzes aufgeführt, da das Modell an sich sehr Bottom-Up getrieben sei (IP5-219).

Von IP2-171 wurde positiv hervorgehoben, dass der Mensch im Mittelpunkt des Gestaltungsprozesses angeordnet sei und es keinen vorgegebenen, strukturierten Pfad von A nach B gäbe, sondern dass iterative Schleifen in einem dynamischen Gestaltungsprozess vollzogen werden könnten (IP2-189).

Deutlich am häufigsten angemerkt wurden die im Modell implizierten Wechselwirkungen zwischen den Einflussbereichen sowie den Faktoren untereinander, die jedoch nicht visualisiert bzw. herausgearbeitet seien (IP7-129, IP6-158, IP6-182, IP5-273, IP5-298-302, IP3-124-126, IP1-309, IP1-316-326). So wurde von überwiegend allen Interviewpartnern beanstandet, dass die Entwicklung eines klaren Beziehungsgeflechts sinnvoll wäre, das mögliche Start- und Endpunkte sowie Arten der Beziehungen festlegen würde. Zur Visualisierung könnten dicke vs. dünne Striche, Kreise vs. Dreiecke als Verbindungsknoten oder aber auch Pfeile genutzt werden. IP7 formulierte dies wie folgt:

„Es entsteht für mich so kein Netzwerk von den verschiedenen Aktivitäten, oder von den verschiedenen Elementen, sondern es sind Wege, die dann nachher auf einen Punkt zuführen, aber es gibt natürlich Querverbindungen auf allen Ebenen, die in irgendeiner Form thematisiert werden müssten, meiner Ansicht nach. Oder auch irgendwie visuell dargestellt werden müssten.“ (IP7-129)

Darüber hinaus sei zu klären, ob es sich um eine sequenzielle Abfolge aller Faktoren handle und falls ja, in welcher Reihenfolge diese angeordnet wären. IP1-310

merkte zudem an, dass eine Operationalisierung sinnvoll sei, um die abstrakten Begrifflichkeiten zu schärfen.

Da unter Umständen ein spezifischer Entwicklungsgrad bestimmter Faktoren vorausgesetzt werden müsste, um überhaupt SLEs gestalten zu können, schlug IP1-321 das Festlegen von Mindestvoraussetzungen vor, die über ein Reifegradmodell analysiert werden könnten und für jedes Unternehmen einen eigenen „SLE-Reifegrad“ liefern würden.

Von insgesamt vier Interviewpartner wurden alternative Darstellungsformen in Erwägung gezogen (IP7-129, IP5-263, IP5-279, IP3-124, IP1-299). Als optionale Darstellungsformen wurden eine Mind-Map Struktur oder aber auch eine Netzwerkstruktur genannt. Demgegenüber entwarf IP3 eine plastische und dreidimensionale Darstellung in Form eines Origami:

„Also das wären sozusagen irgendwie so eine Einverfaltung jetzt, also das sieht ja schon aus wie so ein Origami-Ding, also ich stelle mir das vor wie diese Dinger, die man auffalten kann, mal so, mal so, mal so.“ (IP3-124)

Eine modellhafte Darstellung aus einem gefalteten Origami würde in einer sehr plastischen Art und Weise die Querverbindungen der unterschiedlichen Einflussbereiche und Faktoren verdeutlichen können.

Neben den eher grundsätzlichen Anmerkungen gab es auch spezifische Verbesserungsvorschläge und Anmerkungen zu den jeweiligen Einflussbereichen sowie zu spezifischen Faktoren. So wurde von IP5-213 auf eine unterschiedliche Darstellung der Faktoren aus dem Einflussbereich der „Unternehmens- und Lernkultur“ hingewiesen, bei welcher mittels gegensätzlicher Begriffspaare ein Unterschied verdeutlicht werden sollte. IP5 vertrat hierbei die Meinung, dass die Beschreibungen der Faktoren auf eine einheitliche Art und Weise erfolgen müsse. Demgegenüber wurde eben diese Darstellungsform von IP1-305 als sehr anschaulich wahrgenommen, das aus folgender Reaktion geschlussfolgert werden kann:

„Da musste ich mich gerade zurücklehnen. Das hat einfach weh getan, weil das gerade die Punkte sind, über die ich hier [...] auch so schmerzhaft nachdenke. Welche Kultur leben wir durch die Art und Weise, wie bestimmte Akteure eben gestrickt sind oder handeln? Was entsteht dadurch für Kultur? Es, also, ja, Innovationsfreudigkeit und so was hängt ja so viel dran.“ (IP1-305)

Innerhalb des Einflussbereichs der IT-Infrastruktur wurde von IP6-104 der Bezug zwischen dem Faktor „Lieferung Nutzer*innenorientierter Inhalte“ und einer „Knowledge Ecology“ betont. Gleichzeitig wurde darauf hingewiesen, dass der

Datenaustausch und die Kommunikation zwischen unterschiedlichen persönlichen Lernumgebungen (PLEs) immer durch die PLE Inhaber*innen selbst zu steuern sein müsse. Von IP5-227 wurde der Oberbegriff „IT-Infrastruktur“ kritisiert, da die zugeordneten Faktoren nicht dazu passen würden und eher einem „IT-Management“ oder „Applikationsmanagement“ zugeordnet werden könnten. Insgesamt müssten die Faktoren mit ihren Begrifflichkeiten nochmals überdacht und sachlogisch geschärft werden. Zu einer ähnlichen Einschätzung kam auch IP1-348-358, wobei darauf hingewiesen wurde, dass die Faktoren „neuronale Netze“, „Klassifizierung der Inhalte“ und Lieferung Nutzer*innenorientierter Inhalte“ eigentlich alle unter den Faktor „Empfehlungssystem“ zu fassen seien.

Für den Einflussbereich der „Bedürfnisse“ wurde von IP5-204 bemängelt, dass auch hier die Oberkategorie mit den zugeordneten Faktoren nicht stimmig sei, da die Faktoren insgesamt mehr abbilden würden, als was unter dem Begriff „Bedürfnisse“ zusammengefasst werden könnte. Als Verbesserungsvorschlag wurde „Nutzermodellierung“ genannt. Innerhalb des Einflussbereichs der „Bedürfnisse“ sah IP1-277-286 einen Widerspruch zwischen den Faktoren „persönliche Lernumgebung“ sowie „persönliche Kompetenzentwicklung“ mit dem Faktor „Lernbegleitung“. Dies wurde so begründet, dass selbstgesteuertes Lernen ja schließlich bedeuten würde, dass man alleine lernt ohne Steuerung von außen. Nachdem von der Forscherin der Einwand erfolgte, dass nicht alle Mitarbeiter*innen per se in der Lage seien, selbstgesteuert und selbstverantwortlich zu lernen, wurde sich darauf verständigt, die Lernbegleitung nicht ausschließlich über die Personalabteilung zu „verordnen“, sondern diese nur bei Bedarf anzubieten sowie auch Angebote auf „Peer-Ebene“ zu initiieren. Demnach könnten sich dann selbstorganisierte Lerngruppen bilden, wobei sich die Mitarbeiter*innen gegenseitig unterstützen würden. Diese Form der Lernbegleitung wurde von IP1 als „Lernbegleitung auf Peer-Ebene“ bezeichnet (IP1-284).

IP4-153-158 führte während der Besprechung zum Einflussbereich der „Ausstattung“ das Thema der simulierten bzw. immersiven Lernwelten auf. So wurde argumentiert, dass für Virtual Reality Lernanwendungen entsprechende VR-Datenbrillen im Raum zur Verfügung stehen müssten. IP1-378 plädierte hinsichtlich der sequenziellen Abfolge der Ausstattungsfaktoren auf eine grundsätzliche Überarbeitung einer visuell erkennbaren Sequenzierung, falls dies keine beabsichtigte Reihenfolge zur Abarbeitung der einzelnen Schritte bzw. Faktoren implizieren solle.

Zum Einflussbereich „Architektur“ wurde lediglich von IP1-382-384 angemerkt, dass unter Umständen die Faktoren „Stromversorgung“ und „Tragfähigkeit“ zu ergänzen wären.

Es kann konstatiert werden, dass die meisten Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge von Expert*innen aus dem Bereich der Informatik formuliert wurden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Verfahren der Modellierung eine in der (Wirtschafts-)Informatik gängige Methode aus dem Bereich des Information Systems Design darstellt, wohingegen sozial- oder wirtschaftswissenschaftlich orientierte Expert*innen eine andere Perspektive auf die Modellierung erkennen ließen. Entsprechend kann geschlussfolgert werden, dass das interdisziplinäre Sampling der Expert*innen (vgl. Abschnitt 3.5.2.1.3) dazu beigetragen hat, die Qualität der Validierung zu erhöhen.

Quantitative Auswertung Teilstudie 2:

Im Ergebnis der quantitativen Auswertung weist der Befund darauf hin, dass das vorliegende Modell mit einem Mittelwert von 2,11 zunächst grundsätzlich dazu geeignet scheint, Smart Learning Environments didaktisch fundiert gestalten zu können. Die quantitative Auswertung ist jedoch aufgrund der geringen Stichprobengröße von $n = 9$ nicht repräsentativ und fallbezogen auf den Untersuchungsgegenstand zu interpretieren. Darüber hinaus geben die statistischen Werte keine Hinweise auf konkrete Verbesserungsmöglichkeiten bzw. in welcher Weise das Modell zu modifizieren ist. Dementsprechend trug die Anreicherung der quantitativen Ergebnisse durch die im vorhergehende Abschnitt geführte qualitative Auswertung zum Erkenntnisgewinn sowie zur empirischen Qualität bei.

Trotz der geringen Aussagekraft der quantitativen Auswertung kann festgestellt werden, dass die Expert*innen jeden Einflussbereich als wichtig für den Gestaltungsprozess von SLEs einschätzten. Entsprechend weisen die Befunde darauf hin, dass eine interdisziplinäre und soziotechnische Sichtweise förderlich ist, um den Untersuchungsgegenstand von SLEs tiefer und umfassender als bisher zu beschreiben und letztlich gestalterisch umsetzen zu können. Demnach kann geschlussfolgert werden, dass auch der interdisziplinäre wissenschaftliche Zugang fruchtbar für die Modellentwicklung war, da die ermittelten Faktoren überwiegend als relevant im Hinblick auf die Gestaltung von SLEs erachtet wurden. Diese Schlussfolgerung ergibt sich aus den errechneten Mittelwerten, die über alle interdisziplinären Gestaltungsbereiche hinweg ermittelt wurden (vgl. Abschnitt 3.5.2.2.4). Gleichzeitig kann konstatiert werden, dass sich qualitative Forschungsmethoden gerade bei komplexen Sachverhalten wie SLEs besser eignen, um nicht nur fachliche Einschätzungen, sondern eben auch konkrete Verbesserungshinweise zu ermitteln.

Re-Design der Modellierung

Aus der Validierung des ersten Modellentwurfes (vgl. Abschnitt 3.4) ergibt sich im Sinne eines Design-Based Research Ansatzes (vgl. Abschnitt 3.3) ein Re-Design des ursprünglichen Modells, das auf Basis der vorangegangenen Ergebnisanalysen beruht. Entsprechend wurden die Ergebnisse aus den Abschnitten 3.5.2.3.1 und 3.5.2.3.2 gebündelt, Erfolgsfaktoren abgeleitet und in einer überarbeiteten Modellierung zusammengeführt. So wertvoll die Ausführungen der Interviewpartner waren, so schwierig gestaltete sich deren Umsetzung im Rahmen einer umfassenden Überarbeitung des Modells, welches allgemeinverständlich ist und möglichst operationalisierte, abgrenzbare und prägnante Faktoren beinhaltet. Da hierbei nicht alle Verbesserungsvorschläge und Anmerkungen der Interviewten einfließen konnten, stellt das Re-Design notwendigerweise Verkürzungen komplexer Sachverhalte dar. Im Folgenden werden die wesentlichen Anpassungen je Einflussbereich dargestellt.

Zunächst einmal wurden die Handlungsfelder „Mensch“ und „Raum“ durch eine neue Struktur ersetzt, da die ursprüngliche Systematisierung zu viel Interpretationsspielraum und zu wenig Struktur erkennen ließ. Die neue Struktur orientiert sich im Sinne eines soziotechnischen Gesamtsystems an dem von Urie Bronfenbrenner (1979) entwickelten ökosystemischen Ansatz, der eine Systematik von unterschiedlichen Einflussfaktoren auf die menschliche Entwicklung liefert. Bronfenbrenner unterscheidet hierbei vier unterschiedliche Ebenen, auf denen die Einflussfaktoren auf den Menschen wirken (Bronfenbrenner, 1979). Diese bezeichnet er als Mikro-, Meso-, Exo- und Makrosysteme (vgl. Abbildung 3.37).

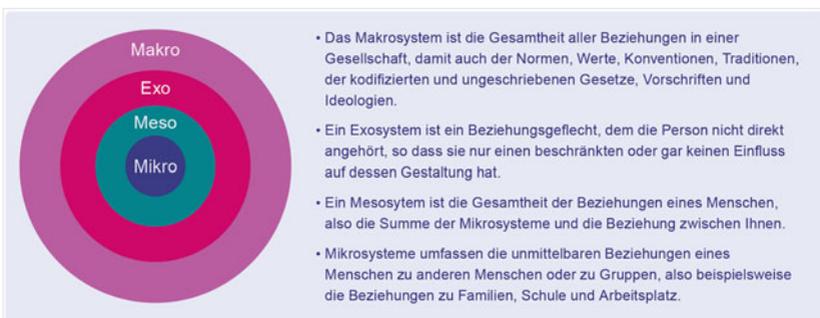


Abbildung 3.37 Der ökosystemische Ansatz zur Systematisierung von Einflussfaktoren auf die menschliche Entwicklung (Quelle: Bronfenbrenner 1979)

Im Rahmen der Datenanalyse konnten eine „globale, kulturelle Verortung“ sowie „Interaktionen“ als fehlende Ebenen ermittelt werden. Diese fehlenden Ebenen entsprechen nach Bronfenbrenner einem Mikro- sowie Makrosystem, da das ursprüngliche Modell ausschließlich Einflussfaktoren auf einer Meso- und Exoebene beschrieben hatte. Entsprechend bietet sich zum Re-Design des SLE-Modells die Adaption des ökosystemischen Ansatzes nach Bronfenbrenner (1979) an. Unter Anwendung des ökosystemischen Modells auf eine Neustrukturierung von SLE-Einflussfaktoren ergibt sich eine neue Struktur, die in Abbildung 3.38 dargestellt ist. Daraus abgeleitet können folgende, grundsätzliche Ebenen im Rahmen des SLE-Modells unterschieden werden:

- Das SLE-Makrosystem ist die Gesamtheit aller Beziehungen in einer Gesellschaft, damit auch der Normen, Werte, Konventionen, Traditionen, der kodifizierten und ungeschriebenen Gesetze, Vorschriften und Ideologien.
- Ein SLE-Exosystem ist ein Beziehungsgeflecht, dem die Person, die ein SLE verwendet, nicht direkt angehört, so dass sie nur einen beschränkten oder gar keinen Einfluss auf dessen Gestaltung hat.
- SLE-Mesosysteme bezeichnen die Gesamtheit der SLE-Beziehungen eines Menschen, also die Summe der SLE-Mikrosysteme und die Beziehung zwischen ihnen.
- SLE-Mikrosysteme umfassen die unmittelbaren Beziehungen und Interaktionen der Lernenden innerhalb eines SLEs. Die Interaktionen können dabei entweder ausschließlich zwischen einer Person und dem SLE oder auch innerhalb eines kollaborativen Lernsettings mit anderen Lernenden stattfinden.

In einem zweiten Schritt wurden die ursprünglichen Einflussbereiche dahingehend überarbeitet, dass eine Neuordnung der Begrifflichkeiten erfolgte, um die im Modell sprachlich gefasste und formal zugrundeliegende Ontologie zu verbessern. Dabei wurden für alle Einflussbereiche neue Oberkategorien (Überschriften) formuliert, die zugeordneten Faktoren besser voneinander abgegrenzt sowie über eine zusätzliche Beschreibung operationalisiert. Bedeutungsgleiche Faktoren wurden entfernt und unter Umständen auch neue Begriffe hinzugefügt, falls diese zu einer stringenteren Begriffsstruktur beigetragen haben. Aus der sachlogischen Überarbeitung der Begriffsstruktur ging darüber hinaus die Zusammenlegung der Einflussbereiche „Digitale und physische Ausstattung“ und „Architektur“ hervor. Sehr kleinteilige Faktoren wurden dabei geclustert und innerhalb von neuen Oberbegriffen als Faktor aufgenommen.

Nachfolgend werden die neuen Oberbegriffe der Einflussbereiche mit den ersetzten Bezeichnungen in Klammern aufgeführt:



Abbildung 3.38 Adaption des ökosystemischen Ansatzes nach Bronfenbrenner zur Systematisierung von SLE-Beziehungen auf unterschiedlichen Ebenen (nach Bronfenbrenner 1979)

- Partizipative Unternehmenskultur (Lern- und Unternehmenskultur)
- Nutzerzentrierung (Bedürfnisse)
- Didaktische Vielfalt (Lern- und Arbeitsmethoden)
- Hybrider Lernraum (Ausstattung und Architektur)
- Hybride Lernassistenz (IT-Infrastruktur)

Aus den ursprünglich sechs Einflussbereichen wurden im Rahmen des Re-Designs fünf Einflussbereiche in die weitere Modifizierung des Modells überführt, wobei jeder Bereich bis auf die „Partizipative Unternehmenskultur“ als Entwurfsmuster ausgearbeitet wurde, um für den SLE-Gestaltungsprozess einen theoretisch begründeten Bezugsrahmen zu bieten.

In einem dritten Schritt wurde eine neue Darstellungsform gewählt, die die Einflussbereiche und Faktoren in erster Linie als Netzwerk und nicht als sequenzielle Abfolge visualisiert. Als Grundstruktur eines jeden Einflussbereichs wurde ein Netzdiagramm auf Basis eines Hexagons bestimmt, da diese mehrere Vorteile aufweisen. Zum einen können die sechs Ecken je einem Faktor zugeordnet werden. Zum anderen bieten Hexagone die Möglichkeit, ein dynamisches Netzwerk abzubilden, indem die jeweiligen Hexagone gedreht werden, bis die entsprechend gewünschten Verbindungen und Zusammenhänge sichtbar werden. Als weiteres Vorteil des Netzdiagramms erweist sich das Integrieren von Gitternetzlinien, die für Reifegrad- und Potenzialanalysen pro Einflussbereich und Faktor mittels Soll-Ist-Vergleichen herangezogen werden können (vgl. z. B. Abbildung 3.40).

Der vierte Schritt des Re-Designs bezog sich schließlich auf das Herausarbeiten von direkten und indirekten Beziehungen, wobei auch die Art der Beziehungen konkretisiert und in einer Legende beschrieben wurden (vgl. Abbildung 3.41). Direkte Zusammenhänge zwischen den Einflussbereichen werden durch direkt aneinandergrenzende Hexagon-Seiten kenntlich gemacht wobei die Zusammenhänge zwischen den Faktoren mit Pfeilen modelliert sind. Dicke Pfeile stehen für die Darstellung ausgeprägter „wenn-dann“-Beziehungen wohingegen dünne Pfeile eine „normale“ Abhängigkeit visualisieren.

Im Rahmen einer vorletzten Überlegung stand schließlich die Frage, ob für den SLE-Gestaltungsprozess mit Hilfe des Modells Start- und Endpunkte sowie Mindestanforderungen definiert werden könnten und ob es einer sequenziellen Abfolge bestimmter Faktoren bedarf. Um sich schrittweise einer Antwort zu nähern, wurde zunächst für jeden Einflussbereich auf das gestalterische Ziel fokussiert, das mit Hilfe der Faktoren zu erreichen ist. Das gestalterische Ziel ist jeweils mittig im Entwurfsmuster abgebildet und entspricht der jeweiligen Bezeichnung des Entwurfsmusters. In einem anschließenden Gedankengang wurden die Einflussbereiche und Faktoren fiktiv in einzelne, gestalterische Prozessschritte überführt, wobei eine klare Sequenz der Gestaltungsabläufe auf Mesoebene der Einflussbereiche erkennbar wurde. Dementsprechend wurde das Entwurfsmuster der „Nutzerzentrierung“ als Startpunkt (A) festgelegt. Als zweite Sequenz wurde das Entwurfsmuster der „Didaktischen Vielfalt“ (B), als dritte Sequenz das Entwurfsmuster der „Hybriden Lernassistentz“ (C) und als letzte Abfolge, also End- und Zielpunkt der „Hybride Lernraum“ (D) definiert. Ziel des Modells ist es schließlich, intelligente und hybride Lernräume zu entwickeln, entsprechend schien eine Abfolge in o.a. Reihenfolge sinnvoll zu sein.

Erst in einer erneuten Überarbeitung wurde die Sequenzierung der Entwurfsmuster dahingehend verändert, dass das Entwurfsmuster mit der höchsten IoT-Entwicklungsstufe ans Ende der Abfolge positioniert wurde, um leichter umsetzbare SLE-Entwurfsmuster nicht im Vorfeld durch zu komplexe Systemanforderungen (z. B. hinsichtlich Datenschutz) zu blockieren. Die finale Sequenz sieht folgende Abfolge vor: (A) Nutzerzentrierung, (B) Didaktische Vielfalt, (C) Hybrider Lernraum und (D) Hybride Lernassistentz. In einem finalen Arbeitsschritt konnten auch für die Faktoren des Entwurfsmusters (A) und (D) eine Reihenfolge festgestellt werden, die durch eine entsprechende Nummerierung sowie einen Pfeil gekennzeichnet wurde. Am Ende der Modellierung konnten abschließend sieben Faktoren als Mindestanforderung definiert werden, die für SLEs als verpflichtend angesehen werden können.

Dementsprechend wurden aus den Ergebnissen der Studie Mindestvoraussetzungen für IoT-basierte Lehr- und Lernformen abgeleitet, die bei entsprechender

Ausgestaltung zumindest hybridisierte Lernformate mittels IoT Reifegrad 3 (vgl. Abbildung 2.3) realisieren lassen. Dazu gehören die folgenden Erfolgsfaktoren, die im Rahmen eines SLE-Gestaltungsprozesses berücksichtigt und individuell entworfen werden müssen:

1. Bedarfserhebung inkl. Tätigkeits- und Kontextanalysen (A1)
2. Toolkit-unterstütztes Lernen (B10)
3. Hybridisiertes Lernen (B11)
4. Digitale und physische Lerntools (C13)
5. Physisch integriertes IoT (C18)
6. Identifizierung der Lerngegenstände und Lerninhalte (D19)
7. Prozessual integriertes IoT (D20)

Im Folgenden wird das komplett überarbeitete Re-Design des Modells vorgestellt, wobei zunächst die aktualisierte Systematisierung der Ebenen und anschließend die Modellierung pro Entwurfsmuster dargelegt werden. Gleichzeitig wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es sich bei der Herausarbeitung der Beziehungen um probabilistische Abhängigkeiten handelt, die auf einer subjektiven Einschätzung und nicht auf validierten Zusammenhängen beruhen. Insofern wird eine dynamische Verwendung oder auch Anpassung des Modells in Relation zu den jeweiligen organisationalen Belangen empfohlen.

Makro- und Exosysteme sind nach Bronfenbrenner (1979) nicht direkt gestaltbar, insofern sind diese vom aktiven SLE-Gestaltungsprozess ausgenommen und dienen im Vorfeld zu Analyse Zwecken sowie zur Reflexion. Der aktive gestalterische Prozess findet auf der SLE-Mesoebene mit Hilfe der vier Entwurfsmuster (A, B, C und D) statt und führt im Ergebnis zu didaktisch begründeten SLE-Lehr- und Lernaktionen auf der SLE-Mikroebene (vgl. Abbildung 3.39).

SLE-Makroebene: Verortung in kulturellen und global geprägten Kontexten

Um einen erfolgreichen SLE-Gestaltungsprozess anstoßen zu können, muss zunächst der interkulturelle Kontext ermittelt werden, in welchem der Gestaltungsprozess stattfinden soll. Mittels einer Checkliste kann erhoben werden, aus welchem Kulturkreis potenzielle SLE Nutzer*innen stammen, welcher Branche die Organisation angehört sowie welche Unternehmensgröße vorliegt. Erste Angaben zu involvierten Abteilungen und Personen ermöglichen eine erste Einordnung des Gestaltungsprozesses auf der SLE-Makroebene.



Abbildung 3.39 Systematisierung der SLE-Entwurfsmuster nach ökosystemischem Ansatz nach Bronfenbrenner (eigene Darstellung)

SLE-Exoebene: Anforderungen an die Unternehmenskultur [0]

Ziel ist es, auf einer partizipativ ausgerichteten Unternehmenskultur aufbauen zu können. Wie bereits expliziert wurde, ist eine lernförderliche Unternehmenskultur, die ihre Mitarbeiter*innen aktiv an der Gestaltung der eigenen Kompetenzentwicklung partizipieren lässt, die Voraussetzung dafür, dass der SLE-Gestaltungsprozess überhaupt erfolgreich verlaufen kann.

Eine partizipative Unternehmenskultur wird durch den Erfolgsfaktor „Empowerment“ gefördert. Damit sind Strategien und Maßnahmen gemeint, die den Grad an Autonomie und „Selbstführung“ von Angestellten erhöhen und somit langfristig zur beruflichen Befähigung der Mitarbeiter*innen im Unternehmen beitragen. Die Unternehmenskultur hat einen entscheidenden Einfluss darauf, ob und wie Mitarbeiter*innen selbst befähigt werden, ihre Kompetenzentwicklung selbstorganisiert vorantreiben zu können, anstatt ausschließlich fremdbestimmt oder kontrolliert zu werden. Entsprechend ist es ein Unterschied, ob Mitarbeiter*innen zu einer Schulung geschickt werden oder jemandem die Möglichkeit dafür geboten wird. Es ist zudem ein Unterschied, ob „Experimentieren“ oder Fehler machen erlaubt sind oder ob streng nach Plan vorgegangen werden muss. Hierarchische Kommunikationsstrukturen behindern oftmals einen offenen und transparenten Austausch, der zum Beispiel über firmeninterne „Netzwerke“ wie ein ESN gefördert werden kann. Darüber hinaus bewirken selbstgesetzte Ziele ein höheres Engagement in der Zielerreichung, als wenn die Ziele fremdgesteuert werden. Letztlich tragen auch „interdisziplinäre Perspektiven“ zur Überwindung vorhandener Silo-Strukturen bei, welche förderlich sind, um innovative, fachbereichsübergreifende Lernprojekte initiieren zu können. Um das Lernen in

Netzwerken bzw. von anderen gezielt zu fördern, bedarf es letztlich auch neuen Formen der Führung, die sich nicht durch Management, sondern durch „Leadership“ auszeichnen. Dazu bedarf es eines empathischen Führungsstils, der auf einer vertrauensvollen Zusammenarbeit basiert und so ein nachhaltiges Empowerment ermöglicht.

Zusammenfassend ergeben sich als Anforderung an eine lernförderliche, partizipative Unternehmenskultur folgende spezifische Erfolgsfaktoren mit entsprechender Operationalisierung:

- **Empowerment (vs. Controlling) – (01):** Es werden Strategien und Maßnahmen im Unternehmen umgesetzt, die eine Selbstbestimmung der Mitarbeiter*innen fördern
- **Selbstführung (vs. Zielvereinbarung) – (02):** Es werden Strategien und Maßnahmen im Unternehmen umgesetzt, die die Selbstführung der Mitarbeiter*innen fördern
- **Netzwerke (vs. Hierarchie) – (03):** Es werden Strategien und Maßnahmen im Unternehmen umgesetzt, die einen Austausch über interne (z. B. via ESN) oder externe Netzwerke (z. B. via Twitter) fördern
- **Interdisziplinarität (vs. Fachabteilung) – (04):** Eine interdisziplinäre und abteilungsübergreifende Zusammenarbeit der Mitarbeiter*innen wird bestärkt und gefördert
- **Experimente (vs. Planung) – (05):** Im Unternehmen werden finanzielle und personelle Ressourcen auch für Projekte freigegeben, die einen experimentellen Charakter haben und nicht bis ins letzte Detail ausgeplant sind
- **Leadership (vs. Management) – (06):** Es werden Strategien und Maßnahmen im Unternehmen umgesetzt, die einen empathischen Führungsstil fördern, der die jeweiligen Mitarbeiter*innen in ihren Talenten stärkt.

Um SLEs didaktisch sinnvoll gestalten zu können, muss ein Reifegrad der Unternehmenskultur von mindestens 4 (von 8) erreicht werden (vgl. Abbildung 3.40). Dieser kann über eine Einschätzung der Beteiligten als „Soll-Ist-Analyse“ pro Faktor im Netzdiagramm ermittelt werden.

Die nachfolgende Legende (vgl. Abbildung 3.41) gibt Aufschluss über die Lesart der dargestellten Modell-Beziehungen.

SLE-Mesoebene: Entwurfsmuster [A] zur Gestaltung der Nutzerzentrierung

Smart Learning Environments sind nutzerorientiert (vgl. Abschnitt 2.4.1). Um nutzerorientierte SLEs gewährleisten zu können, muss sich der Gestaltungsprozess entsprechend an den Lernenden ausrichten. Ausgangspunkt zur Gestaltung

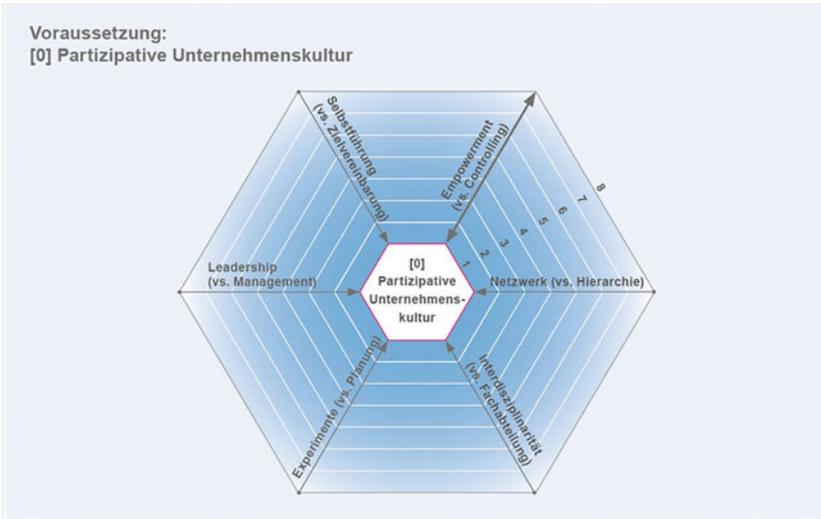


Abbildung 3.40 Re-designtes SLE-Modell zu den Anforderungen an die Unternehmenskultur (eigene Darstellung)

von Smart Learning Environments müssen insofern die Bedürfnisse der Lernenden sein, die diese nutzen. Insofern stellt das Entwurfsmuster (A) der „Nutzerzentrierung“ die erste Phase im Gestaltungsprozess dar. Nur wenn die Lernbedürfnisse mit den Lernangeboten in hohem Maße übereinstimmen, wird über die „Sinnhaftigkeit intrinsische Motivation [A5]“ und Interesse erzeugt. Um herauszufinden, welche Fach- und Methodenkompetenzen gewünscht bzw. notwendig werden, sollten im Vorfeld „Tätigkeits- und Kontextanalysen [A1]“ durchgeführt werden, die letztlich zum Zweck einer zukunftssicheren „Employability [A2]“ mit den Unternehmenszielen in Einklang gebracht werden müssen. Dabei werden die selbstgesetzten Ziele im Sinne eines Bottom-Up Ansatzes mit den strategischen Zielen der Organisation im Sinne eines Top-Down Ansatzes miteinander abgeglichen und letztlich ausgewogen verbunden, um in ein (Kompetenz-)Profiling überführt zu werden. Das „Profiling [A3]“ dient unter Beratung von „Lernbegleitern [A4]“, die auch auf einer Peer-Ebene initiiert werden kann, zur Entwicklung einer „Persönlichen Lernumgebung [A6]“, die auf Basis der „Bedarfserhebung [A1]“ ein individuelles Wissensmanagement unterstützt und für formale wie informelle Lernformate genutzt werden kann (vgl. Abbildung 3.42).

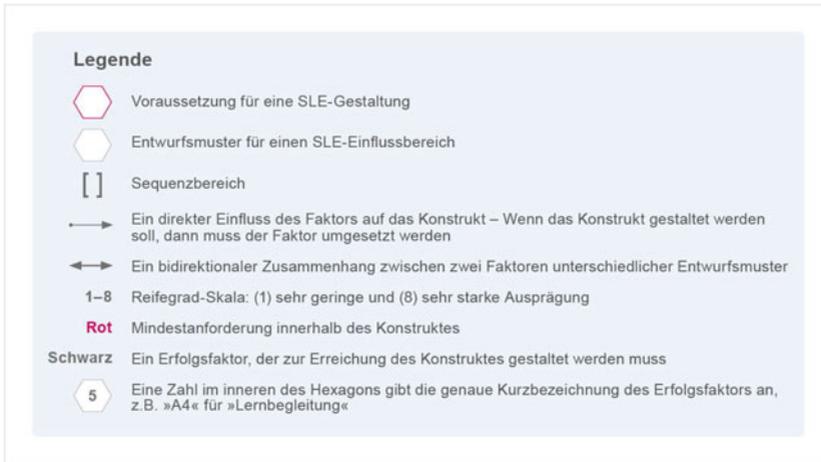


Abbildung 3.41 Legende zur Beschreibung der Beziehungsarten im SLE-Modell (eigene Darstellung)

Für eine maximal ausgeprägte Nutzerzentrierung müssen alle Erfolgsfaktoren nacheinander von [A1] bis [A6] umgesetzt bzw. aktiv ausgestaltet werden, um letztlich über die Etablierung einer persönlichen Lernumgebung den Lernbedürfnissen am effektivsten gerecht werden zu können. Die Faktoren, die in einer sequenziellen Abfolge umgesetzt werden müssen, sind im Entwurfsmuster [A] durchnummeriert sowie mit einem Pfeil gekennzeichnet. Mindestanforderungen (MA) sind rot dargestellt (vgl. Abbildung 3.42) und werden im Folgenden aufgrund ihrer Relevanz ausführlicher operationalisiert.

Zusammenfassend ergeben sich für das Entwurfsmuster [A] zur Gestaltung der Nutzerzentrierung spezifische Erfolgsfaktoren mit folgender Operationalisierung:

- **Bedarfserhebungen inkl. Tätigkeits- und Kontextanalysen durchführen** (A1 als MA): Ziel von A1 als eine Mindestanforderung ist es, die Lehr- und Lernbedarfe, Lerninhalte sowie Lernmethoden (von Lernenden wie Lehrenden) zu verstehen und für die Zielgruppen zu definieren. Entsprechend werden Strategien und Maßnahmen im Unternehmen umgesetzt, die die Bedarfserhebung inkl. Tätigkeits- und Kontextanalysen sicherstellen. Hierzu wird zu Beginn des SLE-Gestaltungsprozesses eine Modellierung der Nutzungskontexte angefertigt, indem die konkreten Lehr- und Lernprozesse in lebens-

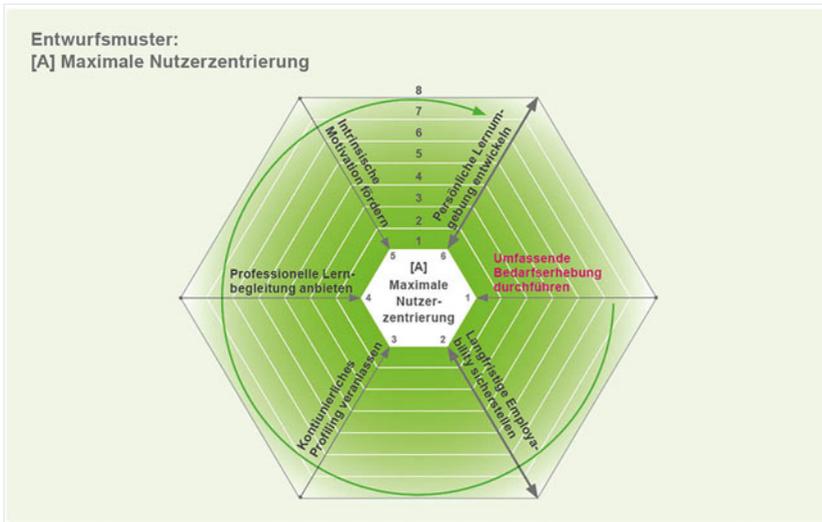


Abbildung 3.42 Re-designtes SLE-Modell zum Entwurfsmuster [A] (eigene Darstellung)

und arbeitsweltlichen Zusammenhängen expliziert und dokumentiert werden. Darüber hinaus werden die Lernkontexte mittels geeigneter Vorlagen für Tätigkeits- und Kontextanalysen ermittelt, die dann in ein umfassendes Lernweltdiagramm überführt werden, um Standardelemente der Lehr- und Lernprozesse abzuleiten, die dann im Rahmen der weiteren SLE-Gestaltung als „Muster“ guter Use-Cases verwendet werden. Die Kontextanalysen geben darüber hinaus Aufschluss über gängige Lehr- und Lernprozesse in Form einer Workflow-Beschreibung.

- **Employability sicherstellen (A2):** Es werden Strategien und Maßnahmen im Unternehmen umgesetzt, die die langfristige Beschäftigungsfähigkeit der Mitarbeiter*innen sicherstellt.
- **Profiling veranlassen (A3):** Das Unternehmen erhebt regelmäßig und in enger Abstimmung mit den Mitarbeiter*innen personenbezogene Daten in Bezug zur persönlichen Kompetenzentwicklung und nutzt diese, um die Weiterbildungsangebote zu optimieren.
- **Lernbegleitung anbieten – ggf. auch auf Peer-Ebene (A4):** Das Unternehmen ermöglicht seinen Mitarbeiter*innen, eine Lernbegleitung wahrzunehmen, die in einer Art Coaching die selbstgesteuerte Kompetenzentwicklung unterstützt und begleitet.

- **Intrinsische Motivation durch Erzeugung von Sinn fördern (A5):** Es werden Strategien und Maßnahmen im Unternehmen umgesetzt, die die intrinsische Motivation zum lebenslangen Lernen der Mitarbeiter*innen fördern.
- **Persönliche Lernumgebung entwickeln (A6):** Es werden Strategien und Maßnahmen im Unternehmen umgesetzt, die die Etablierung und kontinuierliche Nutzung einer PLE durch die Mitarbeiter*innen ermöglichen.

SLE-Mesoebene: Entwurfsmuster [B] zur Gestaltung didaktischer Vielfalt

Smart Learning Environments müssen didaktisch vielfältig sein (vgl. Abschnitt 2.1), um effektive Lehr- und Lernprozesse zu ermöglichen. Das Entwurfsmuster (B) ist aufbauend auf die Nutzerzentrierung die zweite Phase im Gestaltungsprozess. Ziel des Entwurfsmusters [B] ist es, möglichst effektive Lernprozesse innerhalb eines SLEs anzustoßen, indem eine Methodenvielfalt durch Kombination verschiedener didaktische Modelle erzeugt wird. In diesem Zusammenhang hat die Studie ergeben, dass im Zuge der Veränderungen im Weiterbildungsbereich insbesondere „arbeitsplatzorientiertes Lernen (B7)“ gefördert werden muss, um kurzfristig und spontan auftretende Lernbedarfe in einer aktuellen Situation befriedigen zu können. Dementsprechend muss ein stark „personalisiertes Lernen (B12)“ gestärkt werden, das den immer agiler werdenden Arbeitsprozessen gerecht werden kann (vgl. Abschnitt 3.5.2.3.1). Um dies gewährleisten zu können, müssen „ubiquitäre und adaptive Lernformen (B9)“ ausgestaltet werden, die sich einerseits an persönlichen Bedarfen der Lernenden sowie andererseits an der aktuellen Situation am Arbeitsplatz oder im Lernraum orientieren.

Lernen kann aus konstruktivistischer Perspektive überdies nie direkt gesteuert werden und ist stets eine aktive Eigenleistung des Subjekts. Parallel zu der besonderen Relevanz des personalisierten Lernens sind den Ergebnissen der Studie zufolge auch „kollaborative Lernformen (B8)“ bedeutsam, da sich nur über einen entsprechenden Austausch und eine Vernetzung mit anderen Fachleuten spezifische, neu auftretende Lernbedarfe stillen lassen, wofür noch keine standardisierten Lernformate z. B. via WBT o.ä. zur Verfügung stehen. Hierfür bieten sich neue Medien wie z. B. Twitter oder LinkedIn in besonderer Weise an.

Aber auch „analoge“ Methoden wie z. B. Design Thinking eignen sich, um Kreativität, Austausch und Innovationskraft zu fördern. Aktive Lernelemente wie das Anfertigen von Skizzen, Zeichnungen oder einfachen Modellen erlauben das gleichzeitige Explorieren von Problem- und Lösungsraum. Ein Erfolgsfaktor zur Gestaltung einer didaktischen Vielfalt ist daher, dass vielfältige Werkzeuge und

Materialien für das Entwickeln und Ausprobieren neuer Lernformen bereitstehen. Das dahinterliegende didaktische Modell des „Toolkit-unterstützten Lernens“ ist als Erfolgsfaktor B10 zusammen mit dem Erfolgsfaktor B11 „Hybridisiertes Lernen“ als Mindestanforderung im Entwurfsmuster (B) definiert. Unter hybridisierten Lernformen werden Lernprozesse verstanden, in welchen digitale und physische Lernmethoden in einem fließenden Wechsel verlaufen und bestenfalls Smart Objects als vollintegrierte Lerngegenstände genutzt werden können (z. B. ein Smart Pen).

Der Faktor „Toolkit-unterstütztes Lernen“ basiert auf einem didaktischen Modell, das der Taxonomie von Unterrichtsmethoden nach Baumgartner (2014) entnommen wurde. Der Autor differenziert insgesamt 148 unterschiedliche didaktische Modelle in 18 Modellfamilien. „Toolkit-unterstütztes Lernen“ ist der Modell-Familie #K14 (Ferne) zugeordnet und wird wie folgt definiert (Baumgartner 2014, S. 285):

„Lernende eignen sich über Bausätze, die mit der Post zugeschickt werden, Wissen, v. a. aber manuelle Fertigkeiten und Kompetenzen an.“

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird „Toolkit-unterstütztes Lernen“ in Anlehnung an Baumgartner wie folgt verstanden:

Lernende eignen sich über digitale oder physische Bausätze (z. B. Lego Serious Play), Modelle, Templates, Canvases, Werkzeuge, Toolboxes (z. B. SAP Scenes, Flemo) Wissen, Fertigkeiten und Kompetenzen an. Entsprechend müssen Toolkits zusammengestellt bzw. entwickelt und den Lernenden zur Verfügung gestellt werden (Abbildung 3.43).

Zusammenfassend ergeben sich für das Entwurfsmuster [B] zur Gestaltung didaktischer Vielfalt spezifische Erfolgsfaktoren mit folgender Operationalisierung, wobei keine bestimmte Abfolge berücksichtigt werden muss:

Es werden didaktische Strategien und Maßnahmen im Unternehmen umgesetzt, die...

- **arbeitsplatzorientiertes Lernen ermöglichen & fördern** (B7)
- **kollaboratives Lernen ermöglichen & fördern** (B8)
- **ubiquitäres & adaptives Lernen ermöglichen & fördern** (B9)
- **ein Toolkit-unterstütztes Lernen ermöglichen & fördern** (B10 als MA): Es wird eine vielfältige und bedarfsorientierte Palette an Toolboxes entwickelt, zusammengestellt und zum Lernen zur Verfügung gestellt. Dazu gehören beispielsweise analoge Werkzeuge (z. B. Methodenkarten, beschreibbare Boards/Wände, Papiere in unterschiedlichsten Formaten und Farben, Stifte in unterschiedlichen Farben und Strichstärken, Canvas Templates, Innovation Games

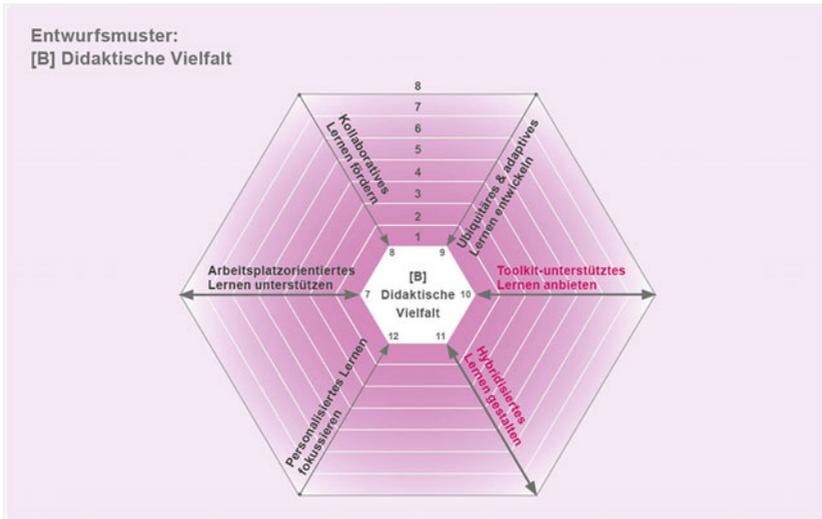


Abbildung 3.43 Re-designiertes SLE-Modell zum Entwurfsmuster [B] (eigene Darstellung)

etc.) und digitale Werkzeuge (z. B. Tablets mit Stift, VR-Brillen, Kamera- und Audiosysteme, Beamer, Touchscreens, Smartphones etc.) sowie Softwareprogramme, mit denen Lerninhalte recherchiert, verwaltet, gespeichert, verarbeitet, geteilt und neugestaltet (vgl. hierzu z. B. Top Tools for Learning von Jane Hart oder Collaboration Tools von Robin Good) sowie virtuelle Konferenzen durchgeführt werden können (z. B. Skype for Business).

- **hybridisiertes Lernen ermöglichen & fördern** (B11 als MA): Es wird eine nahtlose Verschmelzung zwischen physischen und digitalen Welten ermöglicht, indem z. B. digitale Artefakte auf greifbare physikalische Objekte gemappt werden und andersherum analoge Arbeitsergebnisse direkt und ohne Brüche digitalisiert und innerhalb digitaler Umgebungen weiter manipuliert werden können.
- **personalisiertes Lernen ermöglichen & fördern** (B12)

SLE-Mesoebene: Entwurfsmuster [C] zur Gestaltung eines hybriden Lernraums

SLEs sind physische Räume, die in der Lage sind, digitale und physische Lernwelten zu hybriden Umgebungen zu verbinden (vgl. Abschnitt 2.4.1). Das Entwurfsmuster (C) ist aufbauend auf die didaktische Vielfalt die dritte Phase im Gestaltungsprozess. Um hybride Lernräume gestalten zu können, muss sich

der Gestaltungsprozess einer allgegenwärtigen aber unsichtbaren IoT Infrastruktur bedienen. Co-Working Spaces dienen hierbei als gute, physische Design-Beispiele. Raumkultur wirkt auf Lernkultur. Es ist ein Unterschied, ob man sich in einem in Grau gehaltenen Büro oder in einem sinnlich gestalteten Google-Office befindet. Dies sind plakative Extreme – es gilt hier eine ausgewogene Balance zu finden. Wichtigste Erfolgsfaktoren sind laut der Studie das Erzeugen einer „lernförderlichen Raumatmosphäre (C15)“, die durch viel Tageslicht, frische Luft, ausreichende Beschattung, Heizung und Kühlung befördert werden kann. Eine automatisierte Steuerung dieser „grundlegenden Anforderungen (C14)“ sollten darüber hinaus mittels IoT Integration (individuell) steuerbar sein. Weiterhin sind ausreichend und große Fenster von Vorteil, die viel Tageslicht in den Raum lassen. Akustischen Störgeräuschen sollte systematisch z. B. mittels Schallschutzwänden etc. entgegengewirkt werden.

Formen, Strukturen und Farben des Raumes müssen dabei in einem stimmigen, „architektonischen Gesamtkonzept (C17)“ integriert sein, das schon beim Betreten des Raumes zum aktiven Lernen und Arbeiten einlädt. Ein angenehmes, modernes Design muss dabei mit „multifunktionalem und flexiblem Mobiliar (C16)“ kombiniert werden, welches sich einfach und schnell an unterschiedliche Lern- und Arbeitsszenarien anpassen lässt. Darüber hinaus bieten sich auch innovative Konzepte wie die des Upcyclings an, um eine lernförderliche und aktivierende Raumatmosphäre (z. B. mittels Tischen aus Paletten) zu erzeugen. Das architektonische Raumkonzept muss sich zudem in Farbgebung, Struktur und Ambiente harmonisch in die angrenzende Umgebung einfügen (C17).

Als bedeutsamste Erfolgsfaktoren konnten für das Entwurfsmuster (C) die Faktoren „physisch integriertes IoT (C18)“ sowie „digitale & analoge Lerntools (C13)“ als Mindestanforderungen zur Gestaltung hybrider Lernräume definiert werden. Hierbei können mittels „physisch integriertem IoT (C18)“ Alltagsgegenstände zu sogenannten „Smart Objects“ transformiert werden. Damit ist die Anreicherung von Alltagsgegenständen wie z. B. einem Fenster mit Sensoren und Aktoren gemeint, um einen automatisierten Zusatznutzen zu generieren. Demnach tritt die Technik unauffällig in den Hintergrund. Die Technik wird Bestandteil der Architektur und des Mobiliars, sie ist in Wände, Tische, Stühle etc. integriert. Ein Beispiel sind integrierte Lautsprecher in Wände, Sofas o.ä. oder z. B. auch multifunktionale Raumteiler, die nur bei Bedarf einen Touchscreen zur Verfügung stellen und ansonsten als Regal oder beschreibbare Wand genutzt werden können. Als zweite Mindestanforderung müssen schließlich „digitale und analoge Lerntools (C13)“, wie sie bereits im Entwurfsmuster (B) zur didaktischen Vielfalt beschrieben wurden, im Raum zur Verfügung stehen, indem z. B. Softwareprogramme aus der eigenen PLE im physischen Lernraum ohne Installationsaufwand aufgerufen werden können (Abbildung 3.44).

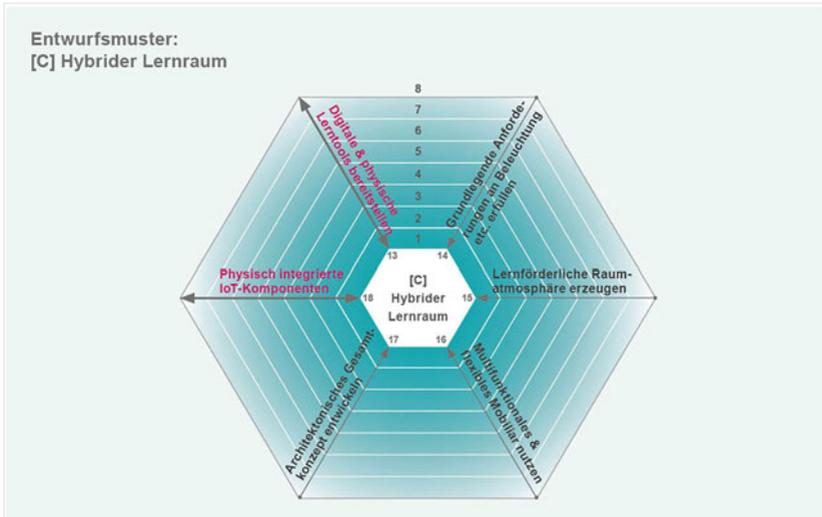


Abbildung 3.44 Re-designiertes SLE-Modell zum Entwurfsmuster [C] (eigene Darstellung)

Zusammenfassend ergeben sich für das Entwurfsmuster [C] zur Gestaltung eines hybriden Lernraumes spezifische Erfolgsfaktoren mit folgender Operationalisierung, wobei keine bestimmte Abfolge berücksichtigt werden muss:

Es werden gestalterische Maßnahmen im physischen Lernraum umgesetzt, die...

- **grundlegende Anforderungen hinsichtlich Beleuchtung, Beschattung, Kühlung und Heizung erfüllen (C14)**
- **eine lernförderliche Raum-atmosphäre erzeugen (C15)**
- **den Lernenden multifunktionales und flexibles Mobiliar zur individuellen Rauman eignung zur Verfügung stellen (C16)**
- **ein architektonisch stimmiges Gesamtkonzept erkennen lassen (C17)**
- **eine physisch integrierte, unsichtbare IoT Infrastruktur zur Verfügung stellen (C18 als MA):** Das Unternehmen verwendet z. B. IoT Technologien (v. a. Sensoren und Aktoren) aus dem SmartHome Bereich wie z. B. EnOcean, ZigBee oder Z-Wave und integriert diese in den Lernräumen. Dazu werden ausgewählte, interoperable IoT Komponenten und Steuerungseinheiten in die Architektur und das Mobiliar eingebaut, um neue Funktionalitäten zum Lernen bereitstellen zu können. Dazu zählen auch programmierbare Knöpfe, die via Bluetooth andere Geräten ansteuern können wie z. B. die Flic-Buttons.

- **digitale und analoge Lerntools in einem fließenden Zusammenwirken ohne mediale Brüche zur Verfügung stellen** (C13 als MA): Das Unternehmen stellt den Lernenden vielfältigste digitale und analoge Lernwerkzeuge, wie z. B. Foam Boards, Post its, Stifte, Lego, Mobile Devices etc. zur Verfügung und arrangiert diese in unterschiedlichen Lern-Zonen (z. B. Videoproduktionsecke, Bereiche mit großen langen Tischen für Gruppenarbeiten, Podeste mit Deckenkameras für Präsentationen und Vorträge, Werkstatt für handwerkliche Modelle/ Prototypen, Video-Konferenz Bereiche, Ruhezone für Stillarbeiten etc.

SLE-Mesoebene: Entwurfsmuster [D] zur Gestaltung einer hybriden Lernassistenten
 SLEs assistieren beim Lernen bedarfsorientiert und kontextbezogen (vgl. Abschnitt 2.4.1). Das Entwurfsmuster (D) zur Gestaltung einer hybriden Lernassistenten ist aufbauend auf die vorangegangenen Entwurfsmuster das Ziel im gesamten SLE-Gestaltungsprozess und stellt damit die letzte und komplizierteste Phase auf der Mesoebene dar. Um die Funktionalität einer (hybriden) Lernassistenten gewährleisten zu können, müssen die Erfolgsfaktoren des Entwurfsmusters (D) in einer sequenziellen Abfolge umgesetzt werden, um mittels „Empfehlungssystem (D24)“ eine optimale Lernassistenten zur Verfügung stellen zu können. Die Faktoren, die in einer sequenziellen Abfolge umgesetzt werden müssen, sind im Entwurfsmuster [D] durchnummeriert sowie mit einem Pfeil gekennzeichnet.

Die Abfolge der Erfolgsfaktoren beginnt zunächst beim Faktor (D19), wobei Lerngegenstände und Lerninhalte aufbauend auf Faktor A1 noch konkreter zu explizieren und dokumentieren sind. Erst durch eine systematische „Identifizierung der aktuellen (sowie zukünftigen) Lerngegenstände und Lerninhalte“ ist es in einem zweiten Schritt möglich, das Technologiekonstrukt Internet der Dinge derart in die ermittelten Lerngegenstände zu integrieren, dass diese in die Lage versetzt werden, den Lernprozess effektiv zu assistieren. Parallel dazu müssen auch die konkreten Lerninhalte und Lernprozesse definiert werden, um aufbauend auf das physisch integrierte IoT (C18) in einer zweiten Abfolge ein „prozessual integriertes IoT (D20)“ erzielen zu können.

Der dritte Erfolgsfaktor bezieht sich auf den Aufbau einer „Knowledge Ecology (D21)“. Diese fungiert als eine dem Assistenten zugrundeliegende Wissensdatenbank, die sich aus unterschiedlichen Ressourcen bzw. Datenbanken zusammensetzen kann. Hierzu müssen jedoch zunächst relevante Lernressourcen und Wissensquellen identifiziert, untereinander interoperabel gemacht sowie letztlich miteinander vernetzt werden. Sofern an dieser Stelle auf PLE- Daten (A6)

zurückgegriffen werden kann, wäre dies ein entscheidender Vorteil. In einem vierten Schritt müssen dann durch die Anwendung von „Big Data Analytics (D22) & Privacy by Design (D23)“ Sinnzusammenhänge zwischen unterschiedlichen Wissensbeständen und Datenquellen hergestellt werden, ohne jedoch datenschutzrechtliche Pflichten und Gesetze zu missachten. Hierbei müssen Verfahren aus der künstlichen Intelligenz wie z. B. maschinelles Lernen angewendet werden, um Lernaktivitäten unterstützen zu können, die im Vorfeld nicht programmiert wurden. Auf Basis der Nutzungsdaten sowie des erkannten Kontextes ist die Lernassistentin somit in der Lage, aktuelle Lernsituationen zu erkennen und auf Basis der Auswertung vergangener Situationen mittels Predictiv Analytics (D22) selbst zu entscheiden, was für die Lernenden am effektivsten wäre und entsprechend proaktiv im Sinne eines „Empfehlungssystems (D24)“ zu reagieren (Abbildung 3.45).

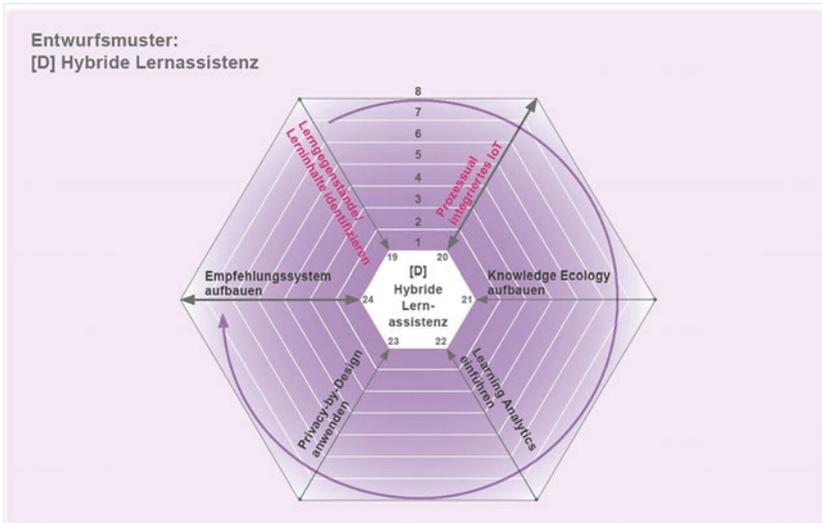


Abbildung 3.45 Re-designtes SLE-Modell zum Entwurfsmuster [D] (eigene Darstellung)

Erst durch die sequenzielle Abfolge aller Erfolgsfaktoren kann ein vollumfassendes und intelligentes Empfehlungssystem entwickelt werden, das in Abhängigkeit der individuellen Bedürfnisse (vgl. Entwurfsmuster (A) zur Nutzerzentrierung) relevante Inhalte findet, aufbereitet und in bestimmte Informationstypen klassifiziert. Die hybride Lernassistentin resultiert dabei aus dem Vorhandensein einer digitalen Schnittstelle via PLE zum PC, Smartphone oder Tablet sowie

auch als analoge Schnittstelle zum physischen Lernraum mittels Roboter wie z. B. Nabaztag, Pepper oder Kuri (vgl. Abschnitt 2.3.3) als physische Assistenz. Ein bereits verfügbarer Prototyp eines „intelligenten Empfehlungssystems“ wurde im Rahmen des EEXCESS-Projektes entwickelt. Der dazugehörige Quellcode zur Nachnutzung steht via GitHub zur Verfügung. Als Mindestvoraussetzungen wurden die Faktoren D19 und D20 festgelegt, sodass auch Assistenzsysteme entwickelt werden können, die über eine begrenzte Assistentenfunktionalität verfügen.

Zusammenfassend ergeben sich für das finale Entwurfsmuster [D] zur Gestaltung einer hybriden Lernassistenz spezifische Erfolgsfaktoren mit folgender Operationalisierung, wobei eine sequenzielle Abfolge berücksichtigt werden muss:

Es werden Strategien und Maßnahmen im Unternehmen umgesetzt, die...

1. aktuelle und zukünftige Lerngegenstände, Lernprozesse und Lerninhalte explizieren und detailliert beschreiben (D19 als MA)
2. ein prozessual integriertes IoT auf Ebene der Lehr- und Lernprozesse einführen (D20 als MA): Hierzu werden gezielt didaktisch sinnvolle Use-Cases (Interaktion zwischen Lernenden, Lerngegenständen und Lernprozessen) ausgewählt, die hybridisiert und in eine IoT-Infrastruktur eingebunden werden. Aus einem klassischen Use-Case wird dann ein „embedded case“ (vgl. Koper 2014)
3. zum Aufbau einer Knowledge Ecology führen (D21)
4. Big Data Analytics (D22) mit Privacy by Design kombinieren (D23), um Datenschutzproblemen bereits im Vorfeld zu begegnen
5. zu einem Empfehlungssystem führen (D24)

SLE-Mikroebene: Ableitung beispielhafter SLE-Interaktionen durch Anwendung des re-designten SLE-Modells

Die Studie hat gezeigt, dass eine Ebene hinsichtlich der konkreten (Mensch-Maschine) Interaktionen im SLE-Modell fehlte, die im aktuellen Abschnitt innerhalb der Mikroebene aufgenommen wurde. Im Folgenden soll der Versuch unternommen werden, beispielhafte IoT-basierte Lehr- und Lerninteraktionen von SLEs auf Basis des überarbeiteten Modells herauszuarbeiten, die unter Zuhilfenahme der in Abbildung 2.3 differenzierten IoT-Entwicklungsgrade, unterschiedliche Reifegrade einer SLE-Interaktion abbilden. Das Referenzieren auf IoT Entwicklungsgrade ermöglicht eine spezifizierte Betrachtung darauf, wie weit ein SLE entwickelt ist und ob die per Definition vorhandenen adaptiven und kontextsensitiven Funktionalitäten auch abgebildet werden können. Dieses Vorgehen

ähnelt dem von Kanagarajan & Ramakrishnan entwickelten „Smartness-Level“, der im Rahmen von differenzierten IoT Analysen zum Einsatz kam (Kanagarajan & Ramakrishnan, 2017).

Merkmale und Funktionsweisen von SLEs, wie sie in Unterkapitel 2.4 definiert wurden, entsprechen im Folgenden einem Reifegrad von 5 und beziehen sich auf die in Kapitel 2 entwickelten Reifegrade aus Abbildung 2.3. Da die Untersuchung ergeben hat, dass bei einer Entwicklung von SLEs mit einem idealen Reifegrad von 5 mit Umsetzungsschwierigkeiten in Bezug auf Datenschutz und Systemkomplexität zu rechnen ist, wird empfohlen, zunächst auf der Ebene der niedrigeren Reifegrade zu beginnen.

Exemplarische SLE-Interaktionen mit einem Reifegrad von 3

Beispiel 1: „Smarte Licht- und Klimasteuerung“

Geringe Umsetzungsschwierigkeiten sind bei der Digitalisierung, Vernetzung und Steuerung des Faktors C14 zu erwarten, da hierfür bereits viele Lösungen am Markt verfügbar sind. Der Faktor bezieht sich auf eine optimierte Steuerung der Frischluftzufuhr, der Temperatur, Beleuchtung und Beschattung. Obwohl die Relevanz dieses Faktors und dessen Auswirkungen auf Lehr- und Lernprozesse im Rahmen der Studie belegt werden konnte, ist in der Praxis oftmals festzustellen, dass die Räume schlechte Licht- und Klimaverhältnisse aufweisen.

Eine IoT-basierte Vernetzung würde in der Folge zu einer angenehmen Raumatmosphäre beitragen, indem auch die Lernenden über entsprechende Steuerapplikationen die Regelungen personalisiert vornehmen könnten. Darüber hinaus könnten angenehme und energieeffiziente Automatisierungen programmiert werden, so dass beispielsweise beim Betreten eines Raumes, beim Hinsetzen in einer Lesecke etc. das Licht automatisch an- bzw. beim Verlassen ausgeschaltet wird. Ähnliches ist für die Klimasteuerung realisierbar, so dass z. B. ungenutzte Räume nicht beheizt werden. Zudem kann die Steuerung der Frischluftzufuhr durch CO₂-Sensoren im Raum und entsprechenden Aktoren an den Fenstern optimiert werden.

Beispiel 2: „Lernraumübergreifende Zusammenarbeit“

Eine wie oben beschriebene erste IoT-Infrastruktur könnte dann im Rahmen einer Ausgestaltung von hybridisierten Lernformen (Faktor B11) sukzessive erweitert werden, indem Bildschirme, Lautsprecher, Beamer, Kameras und zusätzliche Sensoren in das Netzwerk integriert werden. Dadurch könnten dann z. B. Interaktionen realisiert werden, die fließende, lernraumübergreifende Lernformen ermöglichen. Beispiel 2 basiert auf der Funktionalität eines Lernraumes (oder auch Arbeitsplatzes), bei welcher die über Devices/ Bildschirme dargestellten oder im Lernraum

bearbeiteten Inhalte in einer Art Historie gespeichert werden. Sobald sich beispielsweise drei Lernende aus dem Lernraum entfernen, in welchem bereits seit 3h eine Schulung stattfindet, um bspw. eine Gruppenaufgabe in einem anderen Arbeitsbereich (z. B. Lounge-Bereich o.ä.) zu tätigen, wären Bildschirme, die sich in unmittelbarer Nähe befänden in der Lage, dieselben Inhalte bzw. auch die Aufgabe darzustellen, die zuvor in dem Lernraum oder auch am Arbeitsplatz bearbeitet wurden. Dementsprechend wird es möglich, innerhalb des hybridisierten Raums Inhalte und Ergebnisse zu sichern, in andere (physische) Räume mitzunehmen und die Arbeit an einer bestimmten Stelle wiederaufzunehmen. Integrierte Ladestationen in Wänden, Tischen, Sofas etc. erleichtern darüber hinaus ein ortsunabhängiges Lernen mit mobilen Devices.

Beispiel 3: „Digitalisierung von analogen Lernergebnissen“

Eine der wichtigsten Funktionen von IoT-basierten Lehr- und Lernformen ist der fließende Übergang zwischen analogen und digitalen Lernformen. Diese SLE Interaktion soll am Beispiel eines Entwurfes zu Faktor C24 (physisch integriertes IoT) erläutert werden. Eine nahtlose Verknüpfung der analogen und digitalen Welt ist beispielsweise über die sogenannten Flic-Buttons möglich. Flic ist ein physischer, smarter drahtloser Knopf welcher auf Basis von Bluetooth 4.0 funktioniert. Die Buttons ermöglichen so per Knopfdruck, also einer physisch getätigten Aktion, eine im Flic-Button hinterlegte digitale Interaktion auszuführen. Wenn der Flic-Button z. B. mit einer Bluetooth-fähigen Kamera vernetzt würde, könnten so einfach und unkompliziert Fotos von den Ergebnissen erstellt und via Cloud in die entsprechenden LMS/PLEs o.ä. überführt werden. Hinsichtlich einer Digitalisierung von analogen Lernergebnissen auf Stellwänden beispielsweise, würde es sich anbieten, den Flic-Button direkt auf der Stellwand zu platzieren, um per Knopfdruck ein Foto von der Stellwand auszulösen. Um eine optimale Ausrichtung der im Raum befindlichen Kamera zur Stellwand zu ermöglichen, müsste der Raum in der Lage sein, die Position der Stellwand im Raum zu identifizieren (vgl. Beispiel 5) und die Kamera entsprechend auszurichten. Eine zusätzliche Vernetzung des Flic-Buttons mit der Lichttechnik (vgl. Beispiel 1) könnte darüber hinaus eine optimierte Beleuchtung beim Fotografieren sicherstellen. Bereiche, die über einen Flic-Button verfügen und per Knopfdruck digitalisiert werden könnten, könnten mit einer farbigen Umrandung der jeweiligen Bereiche gekennzeichnet werden, um die hinterlegte Funktionalität im Raum zu kennzeichnen. Da die Flic-Buttons über 3 verschiedene „Druck-Modi“ verfügen, könnte zudem ein doppelter Klick für Videoaufnahmen genutzt werden, wobei ein langes Drücken z. B. den Pizzadienst aktivieren könnte. Je nach Bedarf (Faktor A) könnten hier unterschiedlichste Funktionalitäten im Raum integriert werden. Zur Orientierung und Anleitung der

Lernenden wären entsprechende Anleitungen z. B. als „Menü-Karten“ (aufgestellte Kurzinfos), spezielle Navigations-Icons, kurze Übersichtspläne zu Vorgehensweisen etc. notwendig, um die einzelnen Bausteine zu erklären. Über das Einbinden von QR-Codes könnten diese physischen Anleitungen wiederum digital angereichert werden, indem bspw. Videoanleitungen via Smartphones oder angrenzender Wanddisplays abrufbar wären. Der Lernraum müsste so gestaltet sein, dass die integrierten Funktionalitäten auf den ersten Blick ersichtlich sind oder zumindest über Anleitungen schnell erschlossen werden können. So könnten bspw. schön gestaltete, kleine „Mini-Anleitungen“ am Flic-Botton dessen Funktion erklären.

Beispiel 4: Digitalisierung von analogen Lernprozessen

Um jedoch nicht nur Ergebnisse, sondern auch die Lernprozesse direkt digitalisieren zu können, soll im Folgenden ein Entwurf zum Faktor C13 (digitale & analoge Lerntools) erläutert werden. Ziel ist es, physische Handlungen und getätigte Aktionen im Entstehungsprozess digitalisieren zu können. Wenn z. B. ein Lernender mit einem Stift auf einem Blatt Papier etwas skizziert bzw. schreibt, dann kann dies durch eine berührungsempfindliche Oberfläche und einem „Smart Pen“ digitalisiert werden. Falls nun in einem Lernsetting z. B. als analoges Lernwerkzeug SAP Scenes eingesetzt wird, könnte der Erstellungsprozess z. B. mit Slate digitalisiert werden. Mit Slate können handgeschriebene Einträge umgehend digitalisiert und als 1:1 Abbildung oder umgewandelten Text zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung gestellt. Hierzu wird eine berührungsempfindliche Oberfläche (eine Art „Klemmbrett“) mit einem Stift kombiniert, der einen sensorbasierten Ring trägt und somit die Bewegungen erkennen und digital übertragen kann.

Beispiel 5: Positionsbestimmung der Lerngegenstände

Um wie in Beispiel 3 beschrieben, die Position und den Aufenthaltsort der Lerngegenstände bzw. Lerntools wie z. B. der Stellwände, SAP Scenes, Slate etc. bestimmen und für SLE-Lernzwecke nutzen zu können, soll im Folgenden ein Beispiel eines Entwurfes zu Faktor C18 (physisch integriertes IoT) erläutert werden, der im Rahmen der Teilstudie 1 konzipiert wurde. Mit Hilfe von TrackMyTools werden Bluetoothmodule auf den Lerngegenständen angebracht, die dann mittels Geodatenermittlung z. B. an eine Smartphone-App, abgerufen werden können. Diese Funktionalität wäre zum einen nützlich, um die vielfältigen Lerntools nicht zu verlieren und zum anderen, um Zusatzfunktionalitäten realisieren zu können, wie sie in Beispiel 3 erläutert wurden. Darüber hinaus könnten die Lerntools mit den Bildschirmen sowie mit den im Raum befindlichen mobilen Geräten wie z. B. Tablets gekoppelt werden. Sobald ein bestimmtes analoges Lerntool, z. B. ein SLE-Canvas, Lego Serious Play in der direkten Nähe eines Bildschirms/ mobilen Gerätes wäre,

könnten die Lerntools ihre Nutzung und Anwendung im Lernsetting erklären, indem z. B. Anleitungen mittels „How to use-Videotutorials“ auf den Screens abgespielt werden würden.

Exemplarische SLE-Interaktionen mit einem Reifegrad von 5

Beispiel 6: Digitale Lernassistentz

Für komplexere SLE-Interaktionen, die adaptive sowie kontextbezogene Unterstützungsleistungen innerhalb der Lehr- und Lernprozesse anbieten, indem z. B. Lerninhalte und Lernmethoden auf Basis der aktuellen Situation empfohlen werden, soll im Folgenden ein Entwurf zum Faktor D24 (Empfehlungssystem) erläutert werden. So wäre es denkbar, dass der Raum die Anordnung der Möblierung (z. B. durch TrackMyTools) sowie die Positionierung der Lernenden im Raum erkennt. Falls nun ein Lernender einen Lerninhalt von seinem eigenen Device (BYOD-Unterstützung) über den Beamer präsentieren möchte, so könnte sich der Beamer auf Grundlage der erkannten Positionierungen im Raum so ausrichten, dass die Lernenden die Projektion optimal erkennen können. Eine weitere Möglichkeit wäre, dass je nachdem, wie viele und welche Personen sich um einen Tisch o.ä. gruppieren, unterschiedliche Lernformen über die in der Nähe befindlichen Screens angezeigt werden könnten. Darüber hinaus wäre es denkbar, dass wenn insgesamt „zu wenig“ Bewegung im Raum festgestellt werden würde, der/ die Lehrende einen Hinweis auf mögliche aktivierende Lernmethoden erhalten könnte. Auch die Ausrichtung und Nutzung von Möbelstücken kann als Ausgangspunkt für die Empfehlung geeigneter Lernmethoden dienen. Zudem könnte gezählt werden, wie häufig Lerngegenstände bzw. Toolboxen genutzt werden oder welche Stühle wie beieinanderstehen. Die Ausstattung von Möbelstücken mit Bewegungs-, Gewichts- und Ausrichtungssensoren lässt eine Analyse der Raumaktivitäten zu und könnte zu einer kontinuierlichen Verbesserung genutzt werden.

Wie bereits in Abschnitt 2.3.3 skizziert, könnten zudem mittels überdimensionaler, interaktiver Multitouch Screens (z. B. Multitouch Modul OMEGA) digitale Wissenslandkarten mit den unternehmensspezifischen „Relevanzfeldern“ automatisiert und auf Basis des aktuellen Schulungsthemas sowie der vernetzten PLEs (Knowledge Ecology) erzeugt werden, die dann im Sinne eines interaktiven Hypernetzwerks von den Lernenden weiterbearbeitet werden könnten. Beispielsweise könnten die Inhalte von mehreren Lernenden neu strukturiert, geordnet und bewertet werden, es könnten zusätzliche Informationen recherchiert und eingebunden oder auch Kommentare eingefügt werden. Zur Bearbeitung der Inhalte würde ein im System eingebundener Lernassistent geeignete digitale Tools, wie z. B. Mindmeister

o.ä. empfehlen können. Im digitalen Raum erstellte Artefakte müssten darüber hinaus nicht nur digital bleiben, sondern könnten auch mittels angeschlossener Drucker oder gar 3D-Drucker vergegenständlicht werden. Weiterhin könnten die digitalen Inhalte auch per Cloud an andere Devices oder Bildschirme mitgenommen werden, so dass digitale Ergebnisse über die Touch Wände, die in einer großen Gruppe erstellt wurden, in einzelnen Zweier-Teams in lernraumübergreifenden Bereichen weiterbearbeitet werden könnten. Der Lernassistent könnte dann auch auf Basis der jeweiligen PLEs neue Vorschläge zu Inhalten, z. B. zu unternehmensinternen/ externen Fachforen oder Fachexperten und auch zu Lernmethoden geben. Falls beispielsweise eine zusammenfassende Grafik zu den behandelten Schulungsinhalten erstellt werden soll, so könnte der Lernassistent den Hinweis auf eine Software wie z. B. easelly geben, mit Hilfe derer professionelle Infografiken erstellt werden könnten. Ein digitaler Lernassistent wäre in formalen Lernsituationen, also in einem Lernraum genauso zugänglich wie am eigenen Arbeitsplatz mit Notebook bzw. PC.

Beispiel 7: Physische Lernassistentz

Alle oben beschriebenen Szenarien könnten innerhalb eines physischen Lernraumassistenten gebündelt werden, der dann sogar auf Sprachsteuerung reagieren könnte. Hierfür könnten Roboter wie Nabaztag, Pepper oder Kuri (vgl. Abschnitt 2.3.3) verwendet werden, die dann z. B. per Sprachbefehl eine bestimmte Präsentation starten, Musik und Beleuchtung regeln oder auch Informationen über die Screens anzeigen lassen kann. So könnten auch schnell und unkompliziert fehlende Personen via Skype zugeschaltet oder angerufen werden, indem der Roboter per Sprachbefehl aufgefordert wird: „Kuri, stelle Skype-Verbindung zu Michael Müller her“. Eine Interaktion mit einem Roboter eröffnet völlig neue Wege, da dieser in der Lage wäre zuzuhören und Gesagtes aufgreifen könnte, um den Lernprozess zu unterstützen oder eine bestimmte Aktion auszuführen. Ein großer Vorteil läge in seiner Beweglichkeit, da er auf seinen „Namen“ reagieren und im Bedarfsfall von Lerngruppe zu Lerngruppe navigieren könnte. Einen sehr großen Vorteil hätte dies insbesondere für den Lehrenden, der zeitkritische Bedarfe an den Roboter abgeben könnte. Statt nach einer Vorlage für eine Stärken-Schwächen-Analyse auf dem Computer zu suchen, könnte dem Roboter einfach gesagt werden, dass diese geöffnet werden soll: „Kuri, öffne SWOT-Vorlage“.

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass die Anwendung des ökosystemischen Modells nach Bronfenbrenner (1979) auf eine Neustrukturierung von SLE-Einflussfaktoren eine neue Struktur ergeben hat, die zu einer klaren Abgrenzung der unterschiedlichen Ebenen geführt hat. Im Ergebnis konnten alle Ebenen für einen SLE-Gestaltungsprozess definiert und beschrieben werden, wobei auch die dazugehörigen Faktoren weitgehend operationalisiert werden konnten.

Im anschließenden Kapitel 4 werden die Ergebnisse der Studie sowie die bisher unverbundenen Modellebenen in einer Gesamtschau zusammengeführt, um in einer Synthese der Ergebnisse direkte und indirekte Beziehungen sowie überraschende Querverbindungen zwischen den Erfolgsfaktoren lokalisieren zu können, die letztlich in einem umfassenden Vorgehensmodell münden.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.





Nachdem in den Kapiteln 2 bis 3 eine Darstellung des Literature Reviews sowie der empirischen Studien erfolgte, werden deren Ergebnisse im Folgenden zusammengefasst und diskutiert. Dabei wird in Unterkapitel 4.1 zunächst das finalisierte Konzept zur Gestaltung von SLEs in einer Gesamtschau vorgestellt, bevor in 4.2 die Forschungsfragen der vorliegenden Untersuchung beantwortet werden. In Unterkapitel 4.3 erfolgt eine Erläuterung möglicher Limitationen der Studien, wobei sich daran anschließend Unterkapitel 4.4 der Diskussion widmet, die die Studienergebnisse bewertet, den theoretischen Erkenntnisgewinn der Arbeit erörtert und deren Relevanz für Wissenschaft und Praxis herausarbeitet. Die Arbeit schließt mit den Implikationen für die Praxis (Abschnitt 4.5) sowie einem Ausblick auf zukünftige Forschungsthemen (Unterkapitel 4.6).

4.1 Konzept zur Gestaltung von SLEs

Die Befunde der Studien haben ergeben, dass das Modell zur Gestaltung von SLEs in Wissenschaft und Praxis angenommen wurde und als Planungswerkzeug eingesetzt werden kann. Die durch die Modellierung erzeugte Abstraktionsebene verhalf dabei, erste SLE- Interaktionen zu innovieren. Das Aufbrechen einzelner SLE-Bestandteile und die Zuordnung zu einzelnen Gestaltungseinheiten hat dazu beigetragen, die Komplexität von SLEs zu reduzieren und gleichzeitig neu zu ordnen. Eine erste Validierung und Modifikation des Modells hat darüber hinaus zu einer Verbesserung des ersten hypothetischen Modells geführt.

Aus der Datenanalyse ging jedoch auch hervor, dass der erste Modellentwurf als prototypisches Werkzeug zur SLE-Gestaltung als nicht ausreichend eingeschätzt wurde, sodass im vorliegenden Abschnitt eine auf den Ergebnissen aufbauende Erweiterung in Form eines Frameworks erfolgt (vgl. Abbildung 4.1),

um ein umfängliches Verfahrensmodell im Rahmen eines Gesamtkonzeptes zeichnen zu können. Hierzu wird zunächst auf das Zusammenspiel der in Abschnitt 3.5.2.3.3 überarbeiteten Entwurfsmuster eingegangen, die durch das neu entwickelte Beziehungsgeflecht an Qualität und Struktur gewinnen. Offenkundige Verbindungsknoten werden im Framework entsprechend visualisiert und in einer Legende beschrieben (vgl. Abbildung 4.2). Am Ende des Abschnittes wird das erläuterte Framework mit den Erkenntnissen aus Teilstudie 1 verbunden, sodass im finalen Ergebnis das Gesamtkonzept präsentiert werden kann.

Da das Framework auf Basis einer netzwerkartigen Struktur entwickelt wurde, lassen sich zunächst alle Faktoren über mehrere Schritte untereinander verbinden. Dies symbolisiert die Ganzheitlichkeit des SLE-Konstruktes. Zugleich ist es möglich, direkte und indirekte Beziehungen zwischen den SLE-Ebenen, den einzelnen Faktoren sowie den involvierten Fachdisziplinen zu erkennen und für die Gestaltungsarbeit zu nutzen.

Bei der Positionierung der Entwurfsmuster und Faktoren im Framework wurde explizit darauf geachtet, dass möglichst direkte Verbindungen bzw. Abhängigkeiten durch eine unmittelbare Nähe zueinander visualisiert werden konnten. So wurde beispielsweise die „partizipative Unternehmenskultur“ bewusst unterhalb der Entwurfsmuster (A), (B), (C) und (D) platziert, um die darin enthaltenen Faktoren als „grundlegend“ bzw. als Basis zu kennzeichnen. Weiterhin wurde das Entwurfsmuster (D) zur Gestaltung der „Hybriden Assistenz“ bewusst mittig im Framework angeordnet, da sich darin die spezifische Besonderheit eines SLEs manifestiert. Darüber hinaus ergibt sich eine sequenzielle, „spiralförmige“ Abfolge der Entwurfsmuster, die bei der Nutzerzentrierung (A) beginnt und sich über die Ausgestaltung didaktischer Vielfalt (B) und das Entwerfen eines hybriden Lernraumes (C) bis hin zur Entwicklung einer hybriden Lernassistenz (D) als finale Gestaltungsphase erstreckt.

Das Entwurfsmuster (A) zur Gestaltung einer „Nutzerzentrierung“ wurde bewusst mit dem Erfolgsfaktor „Employability (A2)“ in einen direkten Bezug zur Unternehmenskultur durch „Empowerment“ gesetzt. Direkte und ausgeprägte Abhängigkeiten und Wechselwirkungen wurden durch dicke Pfeile gekennzeichnet, die in beide Richtungen zeigen (vgl. Legende Abbildung 3.41). Eine Selbstbefähigung (Empowerment) der Mitarbeiter*innen fördert entsprechend ihre Beschäftigungsfähigkeit (Employability) wohingegen sich ausgeprägte Beschäftigungsfähigkeit positiv auf die Selbstbefähigung auswirkt. Darüber hinaus stehen die Faktoren „Selbstführung (vs. Zielvereinbarung)“ in einem Zusammenhang mit „Profiling (A3)“, da ein kontinuierliches Profiling durchaus von den Mitarbeiter*innen direkt gesteuert werden sollte, sofern die „partizipative Unternehmenskultur“ dies unterstützt.

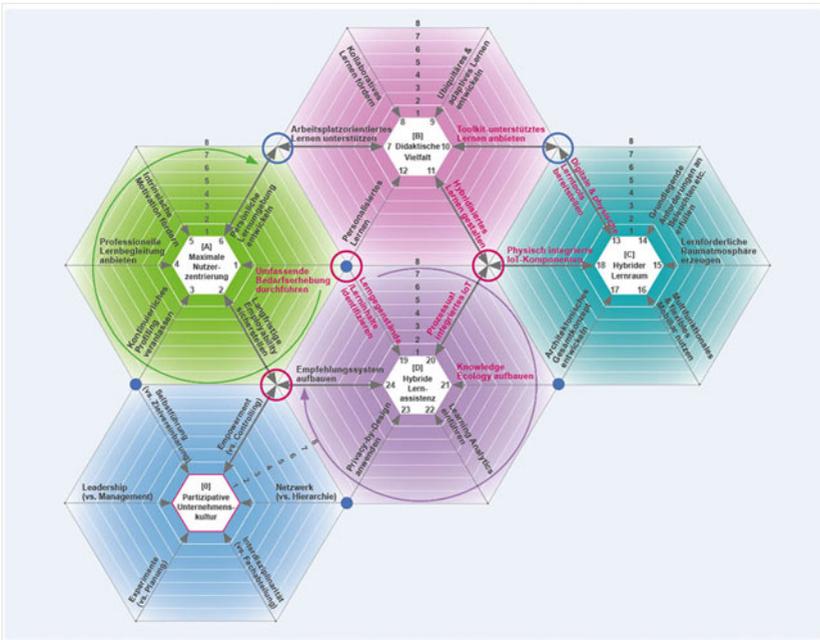


Abbildung 4.1 SLE-Framework mit probabilistischen Beziehungen zwischen Faktoren und SLE-Ebenen

Das Entwurfsmuster (B) der „Didaktischen Vielfalt“ wurde mit dem Erfolgsfaktor des „Arbeitsplatzorientierten Lernens (B7)“ in einen direkten, ausgeprägten Bezug zur Nutzerzentrierung mittels „Persönlicher Lernumgebung (A6)“ gestellt, da eine PLE wie in Abschnitt 2.1.2.4 dargelegt, arbeitsplatzorientierte und informelle Lernformen unterstützt. Die Anforderung einer didaktischen Vielfalt von SLEs wird u. a. durch die Mindestanforderungen des „Hybridisierten (B11) und Toolkit-unterstützten Lernens (B10)“ erzielt, die in einer direkten und ausgeprägten Verbindung zum Entwurfsmuster (C) des „Hybriden Lernraumes“ stehen. Wenn didaktische Vielfalt durch Toolkit-unterstütztes Lernen erreicht werden soll, dann werden „digitale und analoge Lerntools (C13)“ benötigt. Dasselbe gilt für hybridisierte Lernformen, die nur erreicht werden können, wenn eine „physisch integrierte IoT-Technologie (C18)“ im Raum installiert ist, die im Ergebnis zu hybriden Lernräumen führt.



Abbildung 4.2 Legende zur Beschreibung der Verbindungsknoten im SLE-Framework (Eigene Darstellung)

Das Entwurfsmuster (C) steht mit dem Faktor des „physisch integrierten IoT (C18)“ im Lernraum in einer direkten und ausgeprägten Abhängigkeit zum Entwurfsmuster (D), da nur durch Anwendung eines „prozessual integrierten IoTs (D20)“ assistierte und hybridisierte Lehr- und Lernprozesse erzielt werden können. Aus dem Framework lässt sich zudem eine besonders starke Wechselbeziehung zwischen den Faktoren B11 („hybridisiertes Lernen“), C18 („physisch integriertes IoT“) und D20 („prozessual integriertes IoT“) erkennen, die sich über insgesamt drei Gestaltungsbereiche hinweg erstreckt. Darüber hinaus steht das Entwurfsmuster (D) zur „Hybriden Lernassistentz“ in seiner zentralen Position in einer direkten Abhängigkeit zur Unternehmenskultur sowie zur Nutzerzentrierung, da ein „Empfehlungssystem (D24)“ die „Employability (A2)“ stärkt und ein strategisches Empowerment befördert. Die Entwicklung eines Empfehlungssystems (D24) macht letztlich nur dann Sinn, wenn es das Ziel des Unternehmens ist, die Mitarbeiter*innen langfristig über selbstgesteuerte und informelle Lernformen weiterzubilden zu wollen. Weitere Rückkopplungseffekte bestehen zwischen den Faktoren D19 („Identifizierung der Lerngegenstände und Lerninhalte“), B12 („Personalisiertes Lernen“) und A1 („Bedarfserhebung“). Entsprechende Abhängigkeiten sind zwischen den Entwurfsmustern A, B und D zu lokalisieren.

Die eben beschriebenen direkten und indirekten Wechselwirkungen basieren auf einem subjektiven Ausschnitt einer Vielzahl an möglichen Interpretationen. Der Vorteil des Frameworks auf Grundlage der Netzwerkstruktur, die sich aus den einzelnen Hexagonen zusammensetzt ist, dass die Hexagone gedreht und somit

völlig neue Perspektiven und Sichtweisen auf den Gestaltungsprozess erschlossen werden können. Entsprechend ist eine dynamische Nutzung des Frameworks möglich, wobei sich die Modellierung auf Basis der Analysen anpassen lässt.

Das Framework ist demzufolge Entwurfs- und Analysewerkzeug zugleich. Parallel dazu ist es anschlussfähig für weitere Entwurfsmuster, falls dies im Rahmen eines spezifischen Gestaltungsauftrages sinnvoll sein sollte.

Um überraschende Querbezüge modellieren und lokalisieren zu können, wird im Folgenden ein dreidimensionales Framework exemplarisch vorgestellt, mithilfe dessen direkte, Ebenen übergreifende Querverbindungen herausgearbeitet werden können, die über das zweidimensionale Framework hinausgehen (vgl. Abbildung 4.3).

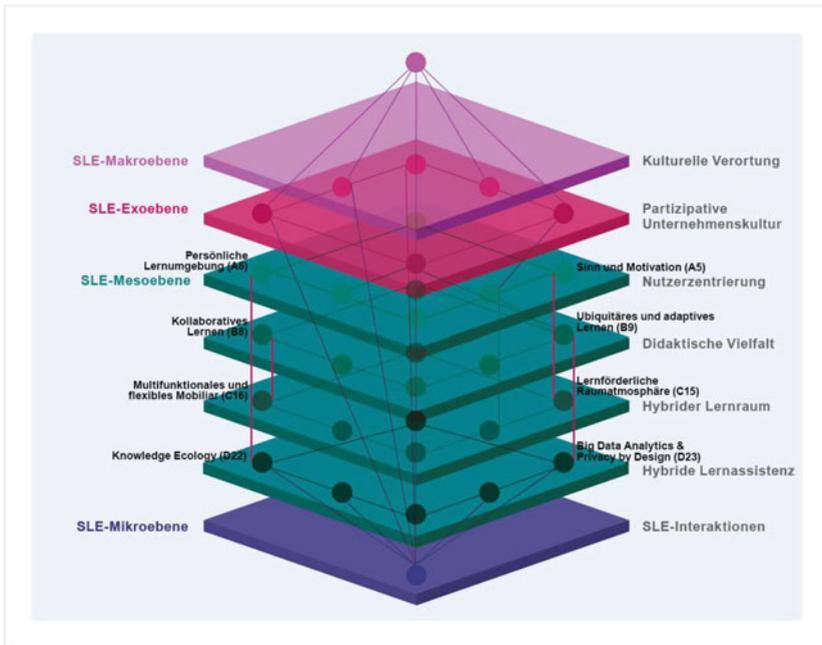


Abbildung 4.3 Dreidimensional modelliertes SLE-Framework mit Querverbindungen (Eigene Darstellung)

Direkte Querbezüge gibt es insbesondere zwischen den Faktoren D21 („Knowledge Ecology“) und A6 („Persönliche Lernumgebung“), zwischen B8 („Kollaboratives Lernen“) und C16 („Multifunktionales und flexibles Mobiliar“), zwischen A5 („Sinn und Motivation“) und C15 („Lernförderliche Raumatmosphäre“) sowie zwischen B9 („Ubiquitäres und adaptives Lernen“) und D22-23 („Big Data Analytics & Privacy by Design“).

Der große Vorteil des Frameworks liegt darin begründet, dass direkte und indirekte Zusammenhänge schnell erkannt und die entsprechenden Gestaltungsschritte abgeleitet werden können. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass alle oben identifizierten und beschriebenen Beziehungen rein probabilistischer Natur sind und das Framework keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Letztlich ist jeder Gestaltungsprozess sehr individuell und von den Rahmenbedingungen der involvierten Personen und Organisationsstrukturen abhängig. Demzufolge wird empfohlen, das Framework nur als Gestaltungsrahmen zu verwenden und bei Bedarf anzupassen. Weitere Implikationen für die Praxis sind dem Abschnitt 4.5 zu entnehmen.

Wie beschrieben ist das o. a. Framework als SLE-Analyse- und Gestaltungswerkzeug zugleich zu verwenden, welches im Folgenden in weitere Handlungsempfehlungen eingebettet wird (vgl. Abschnitt 3.5.1.6), um ein finales Bild der Konzeption zu leisten:

- Die Unterstützung der Geschäftsführung sowie aller beteiligten Abteilungen ist einzuholen. Direkt involvierte Führungskräfte sind aktiv einzubinden, um im Falle von entscheidungsrelevanten Prozessen zeitnahe Freigaben erhalten zu können
- Festlegung von ausreichenden personellen, zeitlichen und finanziellen Ressourcen
- Aufbau eines interdisziplinären Teams je nach Unternehmensgröße und Definieren der involvierten Personen (Lehrende & Lernende, HR, IT, Marketing, Betriebsrat, Datenschutz, UX, Facility Management und ggf. weitere)
- Bei Bedarf Aufbau externer Kooperationen (z. B. IASLE¹)
- Ausarbeitung einer Kommunikations- und Beteiligungsstrategie für die Belegschaft im Sinne einer partizipativen Co-Kreation
- Ausarbeitung einer formativen Feedback- und Verbesserungsstrategie, um Nutzer*innen frühzeitig einzubinden und die SLE Aktivitäten kontinuierlich zu evaluieren
- Entwicklung eines ersten didaktisch fundierten SLE-Prototypen auf Basis des SLE-Frameworks, das dann sukzessive in die (IT-) Entwicklung überführt wird

¹IASLE – International Association of Smart Learning Environments

- o Prototypen-Entwicklung kann im Rahmen eines Design Sprints innoviert werden (vgl. Abschnitt 4.5)
- Schrittweise und kontinuierliche Realisierung von vernetzten SLE-Interaktionen, die im Prototypen entworfen wurden. Systematische Umsetzung und Ausarbeitung aller Teilbereiche im Framework auf Basis des Prototypenentwurfs. Eine Durchführung von regelmäßigen Design Sprints unterstützen einen anhaltenden Gestaltungsprozess, bei welchem auf Basis einer kontinuierlichen Verbesserungsstrategie regelmäßig Feedback eingeholt & Anpassungen bzw. Erweiterungen vorgenommen werden.

4.2 Beantwortung der Forschungsfragen

Die vorliegende Forschungsarbeit trägt dazu bei, die in den Kapiteln 1 und 3 abgeleiteten Forschungsfragen und die in Abschnitt 2.4.2 extrahierten Forschungslücken zu schließen. Die zentrale Fragestellung lautet hierbei, ob und wie das Technologiekonstrukt Internet der Dinge in Form von intelligenten und hybriden Lernräumen auf Lehr- und Lernprozesse angewendet werden kann. Im Folgenden dienen die verschiedenen gewonnenen Ergebnisse des Literature Reviews und der empirischen Studien zur Beantwortung der einzelnen Forschungsfragen.

Forschungsfrage F1: Welche neuen Lehr- und Lernformate entstehen durch das Internet der Dinge?

Das Literature Review hat ergeben, dass die Anwendung des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse ein bisher nahezu unerschlossener, wissenschaftlicher Bereich im nationalen wie auch internationalen Bereich darstellt. Die in diesem Zusammenhang identifizierten Publikationen oder Studien beschäftigten sich nahezu alle mit der Frage, wie „IoT-Kompetenzen“ aufgebaut werden können und nicht mit der Frage, wie das IoT Lehr- und Lernprozesse bereichern könnte (vgl. Abschnitt 2.2.2). Mittels dezidierter Analysen über sekundäre Suchbegriffe konnte im Rahmen der vorliegenden Untersuchung belegt werden, dass es sich bei dem Lehr- und Lernformat „Smart Learning Environments“ um neue Lehr- und Lernformate handelt, die durch Übertragung von IoT auf Lernprozesse zustande kommen. Demzufolge entstehen durch das Internet der Dinge „Smart Learning Environments“ als neues Lehr- und Lernformat.

Forschungsfrage F1.1: Wie können Lernprozesse durch das Internet der Dinge unterstützt werden?

Das Literature Review hat zusammen mit den Studien ergeben, dass die Besonderheit in der Übertragung von Funktionalitäten des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse in der Fähigkeit der Hybridisierung liegt. Durch IoT-basierte Lehr- und Lernprozesse können zum einen vorhandene Brüche zwischen informellen und formalen Lernformen nicht nur minimiert, sondern sogar fließend miteinander verbunden und damit die Lehr- und Lernqualität erhöht werden. Das Internet der Dinge ermöglicht darüber hinaus bis dahin ungeahnte Möglichkeiten im Hinblick auf ein assistiertes und fließendes lebenslanges Lernen (am Arbeitsplatz), das derzeit aufgrund der Digitalisierung eine besondere Aufmerksamkeit erfährt. Parallel dazu fördert das Internet der Dinge innovative und zugleich nützliche Lernformen der Gestalt, dass zwischen physischen und digitalen Lernformen fließend gewechselt werden kann. Dabei werden physische Lerninhalte auf Knopfdruck digitalisiert und digitale Inhalte im physischen Lernraum „vergegenständlicht“.

Durch das Internet der Dinge werden schlussendlich zwei bereits etablierte Lernformen, Ubiquitous und Adaptive Learning verbunden, die in ihrer Gesamtheit zu Smart Learning Environments verschmelzen und in der Summe über bereits bekannte Lehr- und Lern-Funktionalitäten hinausgehen.

Forschungsfrage F1.2: Welche charakteristischen Einflussbereiche zeichnen intelligente und hybride Lernräume aus?

Die Befunde aus der vorliegenden Untersuchung haben ergeben, dass intelligente und hybride Lernräume im Sinne von SLEs von mehreren Faktoren abhängig sind, die sich innerhalb folgender Einflussbereiche einordnen lassen:

1. Partizipative Unternehmenskultur
2. Nutzerzentrierung
3. Didaktische Vielfalt
4. Hybrider Lernraum
5. Hybride Lernassistenz

Der SLE-Gestaltungsprozess setzt dabei auf einem eingangs analysierten Reifegrad der partizipativen Unternehmenskultur auf und wird sequenziell von 1 bis 4 ausgestaltet. Auf Basis einer soziotechnischen und interdisziplinären Perspektive müssen demzufolge alle Einflussbereiche in einem harmonischen Zusammenspiel entwickelt werden.

Forschungsfrage F1.3: Welche Erfolgsfaktoren müssen bei einer Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen berücksichtigt werden?

Eine pädagogisch fundierte Ausgestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen (SLEs) stellt eine komplexe Aufgabe dar. Das in Abschnitt 4.1 entwickelte Framework stellt ein Planungswerkzeug dar, das relevante Faktoren disziplinenübergreifend bündelt. Auf dieser Basis kann ein systematisches Verfahren im Gestaltungsprozess abgebildet werden. Da die pädagogische Wirklichkeit durch eine Vielzahl an Faktoren beeinflusst wird, stellen die extrahierten Erfolgsfaktoren lediglich eine Auswahl im Sinne reduzierter Komplexität dar und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die über das Literature Review identifizierten und über quantitative sowie qualitative Verfahren validierten Erfolgsfaktoren sind der Abbildung 4.4 zu entnehmen:



Abbildung 4.4 Erfolgsfaktoren zur Gestaltung von SLEs (Eigene Darstellung)

Da es sich bei den herausgearbeiteten Faktoren in Abbildung 4.4 um ein idealtypisches Bild von Smart Learning Environments handelt, wurden darüber hinaus sieben

Faktoren festgelegt, die bei entsprechender Berücksichtigung im Gestaltungsprozess zumindest SLE-Interaktionen mit einem Reifegrad der Stufe 3 entwickeln lassen. Hierfür müssen die folgenden Mindestanforderungen (MA) erfüllt bzw. umgesetzt werden:

1. Bedarfserhebung
2. Toolkit-unterstütztes Lernen
3. Hybridisiertes Lernen
4. Digitale & analoge Lerntools
5. Physisch integriertes IoT
6. Identifizierung von Lerngegenständen & Lerninhalten
7. Prozessual integriertes IoT

Forschungsfrage F1.4: Wie könnte ein didaktisch fundiertes Modell zur Gestaltung von intelligenten und hybriden Lernräumen aussehen?

Die befragten Expert*innen der vorliegenden Untersuchung waren sich einig darüber, dass bei der Konzeption von intelligenten und hybriden Lernräumen die Lernenden selbst sowie die zugrundeliegenden didaktischen Konzepte Ausgangspunkte für jegliche Gestaltungsarbeit sein müssen. Die Literaturanalysen zeichneten ein ähnliches Bild. Dennoch ist es verwunderlich, dass insbesondere bei technisch getriebenen Neuentwicklungen wie SLEs, die Bedürfnisse der Nutzer*innen oftmals in den Hintergrund geraten. Parallel dazu ist es wichtig, wirkliche Mehrwerte zu erzeugen und nicht ausschließlich auf technische Innovationen zu setzen. Von daher ist eine gesunde Balance zwischen sozialen und technischen Gestaltungsaspekten das Fundament, auf dem nützliche, bedarfsorientierte und nachhaltige Lösungen entwickelt werden können. Zusätzlich zur soziotechnischen Perspektive müssen auch raumsoziologische Faktoren berücksichtigt werden, um eine lernförderliche Atmosphäre gestalten zu können.

Entsprechend bildet das im Rahmen der vorliegenden Studie entwickelte, soziotechnische Modell (vgl. Abbildung 4.3) transdisziplinäre Ebenen im Gestaltungsprozess ab, die erst in ihrem harmonischen Zusammenwirken didaktisch fundierte SLEs erzeugen lassen. Das Entwurfsmuster der Nutzerzentrierung wurde als Startpunkt (A) definiert, wobei die sequenzielle Abfolge dafür sorgt, dass intelligente und hybride Lernangebote auf wahren Bedürfnissen beruhen und gleichzeitig andere Teilaspekte wie z. B. grundlegende Anforderungen im Hinblick auf die Tageslichtgestaltung nicht vergessen werden können. Das Modell dient als Analyse-, Planungs- und Gestaltungswerkzeug, das darüber hinaus konkrete Abhängigkeiten der Faktoren und Einflussbereiche untereinander erkennen lässt. Das darauf

aufbauende Framework (Abbildung 4.1) liefert ein umfassendes Bild über den Gestaltungsprozess von SLEs und beinhaltet konkrete Handlungsempfehlungen.

Forschungsfrage F2: Wie kann der Lernraum die darin stattfindenden Lernprozesse unterstützen?

Die Befunde der Studien haben ergeben, dass sich die Raumgestaltung direkt auf Lehr- und Lernprozesse auswirkt. Um das Prinzip einer didaktischen Vielfalt durch den Lernraum befördern zu können, muss der Raum vor allem über eine hoch flexible und multifunktionale Möblierung verfügen. So können z. B. leichte, quadratische Sitzhocker zu kleinen Podesten oder Trennwänden umgebaut oder auch Pinn/Foam Boards zu Raumteilern umfunktioniert werden. Als praktisch erwiesen haben sich in diesem Zusammenhang Möbel, die sich klappen, stapeln oder rollen lassen. Auf diese Weise können einfach und schnell unterschiedlichste Lehr- und Lernformen umgesetzt werden, die in unterschiedlichen Raumecken, im Stuhlkreis, in U-Form oder in kinoartigen Settings durchgeführt werden können. Lernräume müssen quasi zum aktiven Lernen einladen, indem sie vielfältigste analoge oder auch digitale Materialien anbieten. Unterschiedliche Möglichkeiten zur Visualisierung konnten hierbei als besonders relevant identifiziert werden, wobei große, weiße Flächen an Bedeutung gewinnen, die bestenfalls direkt beschreibbar sind. Zusätzlich muss der Raum durch die Lernenden angeeignet werden können, d. h. dass eine gewisse Form der Personalisierung im Raum möglich sein sollte, z. B. dadurch, dass sich einzelne Lerngruppen in unterschiedlichen Bereichen zurückziehen können. Ein fließender Übergang des abgegrenzten Lernraumes in ein architektonisches Gesamtkonzept, das auch außerhalb typischer „Kreativräume“ unterschiedliche Arbeitszonen sowie Außenbereiche anbietet, fördert abwechslungsreiche und aktive Lernformen.

Eine IoT integrierte Technologie im Lernraum gewährleistet darüber hinaus einen fließenden Wechsel zwischen digitalen und analogen Lernformen, indem z. B. per Knopfdruck Lernergebnisse digitalisiert oder andersherum digitale Inhalte ausgedruckt oder anderweitig „vergegenständlicht“ werden können. Dadurch wird der Raum hybridisiert, so dass Lernergebnisse aus formalen Lernsettings einfach in informelle Lernaktivitäten z. B. mittels einer PLE überführt werden können. Entsprechend ist eine Integration von IoT-Komponenten in Möbel und Architektur ein wichtiger Faktor, um Lehr- und Lernprozesse im Raum unterstützen zu können.

Insgesamt zeigen die Endergebnisse, dass der physische Lernraum an sich eine neue Qualität in der Form erfährt, dass es weniger um reine Wissensvermittlung als um intensiven Austausch geht. Inhalte können heutzutage einfach über Netzwerke bzw. das Internet abgerufen werden, eine kritische Bewertung dessen bzw. auch eine Übertragung auf individuelle Belange hingegen benötigen diskursiven Austausch. Entsprechend müssen digitale und analoge Lerngegenstände und Lernmaterialien

zur Verfügung stehen, die insbesondere für kreative und kollaborative Lernmethoden geeignet sind.

Forschungsfrage F2.1: Wie kann eine lernförderliche Raumatmosphäre erzeugt werden?

Im Zusammenhang einer lernförderlichen Atmosphäre konnten überwiegend indirekte Faktoren ermittelt werden, die anscheinend in vergangenen Planungsprozessen weniger stark berücksichtigt wurden und von den in der Untersuchung involvierten Expert*innen in der Regel als „negativ empfundene Einflussfaktoren“ beschrieben wurden. Eine lernförderliche Raumatmosphäre wurde sehr oft im Zusammenhang mit „körperlich Wohlfühlen“ genannt – damit ist insbesondere eine gute Beleuchtung gemeint, die viel Tageslicht bietet und in gedimmten Versionen für harmonische Lichteffekte sorgt. Dazu zählt zudem ein angenehmes Raumklima, welches durch regelmäßige Frischluftzufuhr und viele Fenster gefördert werden kann. Zusätzlich dazu sind Beschattung und Heizung notwendig, um effektive Lehr- und Lernszenarien umsetzen zu können. Akustische Störgeräusche sind überdies zu minimieren und im Gesamtkonzept zu berücksichtigen. Obwohl all jene Aspekte als „grundlegende“ Anforderungen zusammengefasst werden konnten, kann festgestellt werden, dass diesbezüglich anscheinend einige Unzulänglichkeiten in Erscheinung treten, die sich z. B. durch unbefriedigende Lichtverhältnisse oder unangenehme klimatische Rahmenbedingungen äußern. Studien haben gezeigt, dass etablierte und gängige IoT-Standardlösungen (aus dem SmartHome-Umfeld) durch automatisierte Voreinstellungen sowie personalisierte Ad Hoc Einstellungen via App dafür sorgen können, dass zumindest klimatische Grundanforderungen erfüllt werden, die sich positiv auf Lehr- und Lernprozesse insgesamt auswirken (Lei u. a., 2013).

In Ergänzung dazu haben die Befunde gezeigt, dass auch „schöne“ und eher gestalterische Aspekte eine lernförderliche Atmosphäre erzeugen. Hierzu zählen Formen, Strukturen, Materialien, Oberflächen und Farben des Raumes oder auch Blumen, Pflanzen, Gemälde, Bücher oder gar Antiquitäten, die eher an das heimische Wohnzimmer als an ein Büro oder Lernraum erinnern. Aktuelle „Co-Working“ Raumkonzepte, die gezielt neue und alte Stilelemente durch Upcycling verbinden, können dazu beitragen, dass eine inspirierende und lebendige Arbeitsatmosphäre entsteht. Es sollte explizit darauf geachtet werden, dass die Lernräume „nicht zu gestylt und zu einheitlich“ sind. Das bedeutet, dass ein Werkstatt-Ambiente aktive und kollaborative Lernformen eher befördert als ein aufgeräumter, steriler „Hightech-Raum“.

Forschungsfrage F2.2: Welche Anforderungen an die Gestaltung von Lernräumen gibt es?

Im Rahmen des Gesamtergebnisses der vorliegenden Studien können folgende Anforderungen an die Gestaltung von Lernräumen zusammengefasst werden:

1. Grundlegende Anforderungen hinsichtlich Beleuchtung, Beschattung, Kühlung, Heizung, Luftqualität und Akustik müssen erfüllt werden
2. Eine lernförderliche Raumatmosphäre ist durch eine harmonische Abstimmung von Farben, Strukturen und Möbeln, dem gezielten Einsatz von Lichtinstallationen sowie der Verwendung von „Wohnzimmer-Elementen“ wie Bücher, Pflanzen, Sofas etc. zu erzeugen
3. Der Lernraum ist mit multifunktionalem und flexiblem Mobiliar ausgestattet, sodass die Lernenden vielseitige Lernkonstellationen erzeugen können
4. Der Lernraum ist zwar physisch begrenzt, geht jedoch fließend in ein architektonisch stimmiges Gesamtkonzept über, so dass die Lernenden weitere Arbeits-/Rückzugszonen oder Außenbereiche nutzen können
5. Technische (IoT-) Komponenten wie Sensoren, Aktoren oder Steuerungseinheiten sind unsichtbar in die Architektur bzw. das Mobiliar zu integrieren. Bestenfalls werden auch Screens erst dann sichtbar, wenn diese benötigt werden.
6. Der Lernraum bietet eine große Auswahl an unterschiedlichen digitalen und analogen Lerntools, die die Lehr- und Lernprozesse auf unterschiedlichen Ebenen unterstützen. Darüber hinaus müssen die digitalen Lernwerkzeuge in einem fließenden Zusammenwirken ohne mediale Brüche genutzt werden können

4.3 Limitationen der Untersuchung

In den vorangehenden Kapiteln wurden die verschiedenen Datenerhebungen beschrieben. Diese unterliegen einigen Limitationen, so dass deren Ergebnisse nicht uneingeschränkt und in jedem Kontext für gültig angenommen werden können. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass die Studien mit IoT-Trainer*innen sowie Akademikern in überwiegend hohen Leitungspositionen als Forschungs-subjekten ihren Fokus auf eine spezielle Sichtweise legen. Eine Befragung von Lehrenden und Akademikern aus weniger wissensintensiven Wirtschafts- oder Forschungsbereichen hätte unter Umständen zu anderen Erkenntnissen geführt.

Weiterhin handelt es sich bei den Erhebungen um Querschnittsstudien, die mögliche Anwendungsformen des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse in Form von intelligenten und hybriden Lernräumen zu einem bestimmten Zeitpunkt abbilden. Um Veränderungen und somit dynamische Prozesse untersuchen zu können, müssten die jeweiligen qualitativen wie quantitativen Datenerhebungen über einen längeren Zeitraum stattfinden bzw. nach einer gewissen Zeit

wiederholt werden. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund des rasanten technologischen Fortschritts, so dass bis heute eher unrealistisch scheinende IoT-basierte Lehr- und Lernprozesse in den kommenden Jahren durch Weiterentwicklungen in den Bereichen Datenschutz und Datensicherheit unter Umständen zum Standard werden könnten. Parallel dazu gibt es eine kontinuierliche Weiterentwicklung von Technologien, so dass zukünftig eine immer größer werdende Anzahl von Geräten mit IoT-Produkten, -Services und -Plattformen vernetzt werden können. Herausragende technologische Innovationen, die insbesondere auch im IoT-basierten Umfeld entwickelt werden, zeigt die jährlich stattfindende Technologie Messe CES² in Las Vegas, wobei das Internet der Dinge als eine der Schlüsseltechnologien der Zukunft propagiert wird. Im Weiteren werden die spezifischen Limitationen des Forschungsprozesses dargestellt und im Rahmen der separaten Studien reflektiert.

Limitationen gestaltungsorientierter Forschung

Trotz des hohen Innovationspotenzials und einer gelungenen Verbindung von Theorie und Praxis, die seit Jahrzehnten im wissenschaftlichen Umfeld gefordert wird, sieht sich der noch junge DBR-Ansatz mit dem Problem der wissenschaftlichen Anerkennung konfrontiert. Die klassischen Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität werden Kritikern zufolge nicht ausreichend erfüllt. Die Autoren Wang und Hannafin (2005, S. 19) verweisen auf insgesamt vier Herausforderungen, die DBR-Ansätze implizieren: (a) Unreife Methodik, (b) Anwendbarkeit und Machbarkeit, (c) Paradigmenwechsel und (d) der Umgang mit dem Datenmaterial.

Iterative Arbeitsweisen wie sie im Design gelehrt werden, sehen in der Regel mehrere Iterationen vor, die aufgrund der damit erhobenen hohen Datenmengen in wissenschaftlichen Projekten eher schwer umzusetzen sind. Im vorliegenden Forschungsprozess wurden insgesamt zwei Durchläufe³ zur Verbesserung und zum Re-Design unternommen, so dass nur Teilaspekte und kein klassischer, umfassender DBR-Ablauf umgesetzt werden konnte. Die Ergebnisse des DBR-Forschungsvorhabens sind jedoch gut für sich anschließende Forschungen geeignet (vgl. Abschnitt 4.6), die vertiefende Rückkopplungsprozesse evaluieren und die wissenschaftlichen Befunde konkretisieren.

In einem Literatur-Review zum aktuellen Stand des DBR-Ansatzes aus 2012 schlussfolgern die Autoren Anderson und Shattuck (2012), dass das Interesse an

²<https://www.ces.tech/>

³Sommer 2016 in Form von Teilstudie 1 sowie Winter 2016 Im Rahmen der Interviewstudie mit Teilstudie 2

DBR insbesondere in den USA zunimmt und dass die Ergebnisse einen begrenzten Nachweis dafür liefern, dass die Methodik ihren versprochenen Nutzen einhalten kann. Gleichzeitig weisen sie darauf hin, dass im Zuge der Weiterentwicklung der Methodik ein vorsichtiger Optimismus festgestellt werden kann (Anderson & Shattuck, 2012).

Limitationen der Teilstudie 1

Limitierungen der Teilstudie 1 ergeben sich überwiegend aus dem nur auszugswise vorhandenen Datenmaterials in Form von Feldnotizen, Fotos und Fragebögen sowie in den eher unkonkreten Konzepten sozialwissenschaftlicher Forschung zum Umgang mit Fokusgruppen. Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt erläutert, zeichnen sich DBR-Forschungsmethoden durch einen engen Austausch zwischen Theorie und Praxis aus, allerdings ist es in der wissenschaftlichen Praxis schwer, Erhebungssituationen wie „Workshops“ vollständig zu dokumentieren und entsprechend systematisch auszuwerten. Daraus resultiert eine schlechte Vergleichbarkeit von Fokusgruppen-Workshops.

Der Begriff der Fokusgruppen-Workshops bezeichnet ein moderiertes Diskursverfahren, bei dem eine Kleingruppe durch einen Informationsinput zur Diskussion über ein bestimmtes Thema angeregt wird. Die Arbeit mit Fokusgruppen eignet sich insbesondere als Testverfahren und zur Analyse von Meinungsvielfalt (M. Schulz, 2012). Insofern schien ein Fokusgruppen-Workshop für eine erste Bewertung des hypothetischen Modells geeignet zu sein. In der empirischen Sozialforschung wird im Zusammenhang der Fokusgruppen mehrheitlich auf das Gruppendiskussionsverfahren als „Untersuchungsarrangement“ verwiesen (Flick 1995, S. 186). Es wird explizit betont, dass sich der Begriff der „Gruppe“ auf den Ort der Forschung bezieht. Teilnehmende Beobachtung und Feldforschung werden in ähnlichen Kontexten benutzt und begleiten die sozialwissenschaftliche „Fokusgruppen-Forschung“. Problematisch ist, dass sich die ähnlich verwendeten Begrifflichkeiten schlecht abgrenzen lassen. Insofern wurde versucht, das Verfahren so transparent wie möglich zu dokumentieren, indem die einzelnen Phasen detailliert in den Unterkapiteln 3.5.1.1 bis 3.5.1.6 dargelegt wurden.

Als eine weitere Limitierung kam im Rahmen der quantitativen Erhebungsinstrumente zum Tragen, dass aufgrund einer sehr kurzen Vorlaufzeit von ca. 2 Wochen kein Pretest unternommen werden konnte. Insofern kann es zu Urteilschwächen bei den Ratingskalen bzw. auch bei der statistischen Auswertung gekommen sein.

Die über die quantitativen Befragungsinstrumente erlangten Ergebnisse sind aufgrund der sehr geringen Stichprobengröße lediglich als eine erste Tendenz zu

interpretieren und stellen eine eingeschränkte Aussagekraft dar. Um die Schwächen der Teilstudie 1 auszugleichen, wurden die ersten Befunde aus Teilstudie 1 durch weitere Erhebungen ergänzt, die in einem überwiegend qualitativen Untersuchungsdesign im Rahmen der Haupt- sowie Teilstudie 2 durchgeführt wurden.

Limitationen der Hauptstudie

Mit Offenheit kann das wichtigste Alleinstellungsmerkmal von qualitativen Forschungsdesigns gleichzeitig als deren zentrale methodische Einschränkung angesehen werden (Gläser & Laudel, 2010). Durch die Art der Datenerhebung und -auswertung wird zwar ein höherer Detaillierungsgrad der Erkenntnisse als in quantitativen Designs ermöglicht, allerdings resultiert hieraus eine verringerte Vergleichbarkeit der erhobenen Daten (Gläser & Laudel, 2010). Damit einher gehen methodische Probleme beim theoretischen Sampling, da Stichproben nicht exakt planbar sind. Der Einsatz von wissenschaftlichen Gütekriterien, wie sie in der quantitativen Forschung angewendet werden, unterliegt somit verschiedenen Einschränkungen. Ob und wie Gütekriterien in der qualitativen Forschung überhaupt anzuwenden sind, wird in der sozialwissenschaftlichen Literatur eingehend diskutiert (vgl. Abschnitt 3.1).

Interne Validität wird in diesem Zusammenhang in erster Linie über Nachvollziehbarkeit der Analyse erreicht. Dies bedeutet, dass sämtliche Schlussfolgerungen im Material begründet sein müssen. So wurden in der vorliegenden Interviewstudie viele Textbelege gegeben. Zudem liegen sämtliche Interviews in transkribierter Form vor (siehe Anhang). Die Verwendung eines computergestützten Auswertungsverfahrens wird als weiteres Validitätsmerkmal angesehen. Externe Validität im Sinne von Replizierbarkeit und Repräsentativität kann hingegen nicht erreicht werden, schließlich strebt qualitative Forschung keine Generalisierbarkeit der Ergebnisse an. Die Stichprobe der vorliegenden Interviewstudie wurde durch theoretisches Sampling dennoch systematisch geplant, wobei die maximale Kontrastierung unterschiedlich ausgerichtete wissenschaftliche Sichtweisen auf den Untersuchungsgegenstand offenbarten, die stellenweise schwer zu verbinden waren. Entsprechend hätten andere Stichproben gegebenenfalls zu anderen Ergebnissen geführt.

Ferner waren alle Interviewpartner Deutsche, so dass kulturelle Unterschiede nicht berücksichtigt wurden. Im Bereich der Reliabilität ist in der qualitativen Forschung die prozedurale Reliabilität ausschlaggebend und somit die Frage, inwieweit Interpretationen und das Vorgehen des Forschers explizit, also intersubjektiv nachvollziehbar gemacht werden. In der vorliegenden Studie wurden

sowohl die Erhebungs- als auch die Auswertungsmethoden eingehend beschrieben. So existiert eine schriftliche Dokumentation des Leitfadens, der jeweiligen Erhebungssituationen und des Interviewverlaufs, eine Transkription sowie ein Kodierleitfaden mit Definitionen der Kategorien, Ankerbeispielen und Kodierregeln (vgl. Unterkapitel 3.5.2.2). Durch den Einsatz der qualitativen Inhaltsanalyse als Auswertungsmethode wird zudem ein gewisser Grad an Objektivität erreicht. Zusätzlich zu den explizierten Forschungsprozessen wurde das Vorverständnis des Forschenden offengelegt (vgl. Abschnitt 3.2).

Eine zusätzliche Limitierung bezieht sich auf die Rolle des Interviewenden. Diesem kommt bei qualitativen Befragungen eine Schlüsselrolle zu, da dieser flexibel auf die Antworten des Interviewpartners eingehen und gleichzeitig zuhören und Sinn verstehen muss. Hierbei kann es durch methodische Fehler des befragenden Forschers zu Verfälschungen von Antworten, sogenannten Interviewer-Effekten, kommen. Bei Experteninterviews hängt die Güte der erhobenen Daten also direkt mit den methodischen Fähigkeiten und der Person des Interviewers zusammen, was zu Einschränkungen der Reliabilität führen kann (Gläser & Laudel, 2010). Die im Rahmen von Experteninterviews hergestellte Gesprächssituation kann zu einem „dialogischen Bias“ führen, so dass die Wirklichkeit verzerrt wiedergegeben wird. Insbesondere kann es zu „reaktiven Effekten“ kommen, also zu Antwort- oder Verhaltensverfälschungen, die durch den Probanden bewusst oder unbewusst hervorgerufen werden. So spricht man von sozialer Erwünschtheit, wenn Interviewpartner versuchen, während des Gesprächs Verhaltensweisen oder Eigenschaften zu betonen, die ihrer Meinung nach positiv behaftet und gesellschaftlich akzeptiert sind. Negativ Behaftetes wird tendenziell eher ausgeblendet oder nicht angesprochen. Durch das Herstellen einer realen Dialogsituation wurde versucht, das Auftreten eines dialogischen Bias zu vermeiden. Daher erfolgte die überwiegende Anzahl der Experteninterviews im Büro der Interviewpartner.

Weiterhin kann es bei Interviewpartnern zu unbewussten „Wahrnehmungseffekten“ kommen, die den Gesprächsverlauf beeinflussen und so die Güte der erhobenen Daten ebenfalls verfälschen können. Hierzu gehört z. B. das Phänomen, dass zuerst oder zuletzt aufgenommene Informationen einen Einfluss auf die Antworten oder das Verhalten eines Interviewpartners haben können.

Im Rahmen der vorliegenden Interviewstudie wurde durch die Art der Fragestellungen versucht, mögliche Wahrnehmungseffekte zu minimieren, wobei die letzte Frage zu möglichen Risiken von IoT-basierten Lehr- und Lernprozessen unter Umständen umfassender beantwortet worden wäre, wenn es nicht die letzte Frage gewesen wäre. Zugleich kam es gelegentlich zu zeitlichen Engpässen, so dass die Interviewpartner nur wenige Sätze zur letzten Frage formulierten. Dem

Pretest des Interviewleitfadens kam hierbei eine besondere Bedeutung zu, so dass die Fragen im Vorfeld analysiert, getestet und geschärft werden konnten.

Limitationen der Teilstudie 2

Sowohl die Teilstudie 1 wie auch die Teilstudie 2 unterliegen einigen Limitationen im Bereich der externen Validität. Die Erkenntnisse aus Teilstudie 2 sind insofern nur bedingt valide, da eine Validität im Sinne von Replizierbarkeit und Repräsentativität nicht abgebildet werden konnte. Dies liegt an der geringen Stichprobe.

Die wohl größte Schwäche der Teilstudie 2 liegt darin begründet, dass die 46 abgefragten Merkmale, die zu insgesamt sechs Kategorien zugeordnet waren, untereinander nicht unabhängig waren und sich darüber hinaus nicht eindeutig abgrenzen ließen. Ein Pretest hätte unter Umständen zu Verbesserungen führen können, indem die einzelnen Items schärfer abgegrenzt sowie operationalisiert worden wären. Da der quantitative Fragebogen ein Ergebnis des Pretests zur Hauptstudie war, fehlten für einen Pretest der Teilstudie die notwendigen zeitlichen Ressourcen, da die ersten Interviewtermine bereits fixiert waren. Die eingeschränkte Operationalisierung führte stellenweise auch zu einer verminderten Verständlichkeit der abgefragten Items.

Limitationen ergeben sich darüber hinaus in Bezug eines fehlenden Signifikanztests. Wissenschaftlicher Erkenntnisfortschritt ist im Verständnis des Kritischen Rationalismus maßgeblich theoriegetrieben. Auf Basis der aus der Theorie extrahierten und gebündelten Merkmale in einem Bewertungsbogen wäre eine hypothesenprüfende, explanative Studie möglich gewesen, die auf eine Theorieprüfung ausgerichtet gewesen wäre und die die Erfassung, Ausprägung und Beziehungsarten der identifizierten Merkmale wissenschaftlich hätte prüfen können. Eine statistische Hypothesenprüfung kam aufgrund des in Abschnitt 3.5 dargelegten explorativen Charakters nicht zum Tragen. Zum anderen wäre auch aufgrund der geringen Stichprobe ein Signifikanztest bzw. ein hypothesenprüfendes, inferenzstatistisches Verfahren nicht valide gewesen.

Weitere Urteilsverzerrungen bei der Abfrage der Expertenmeinungen können nicht ausgeschlossen werden, da diese unter Umständen nicht „kritisch genug“ bewertet haben, da letztlich alle aufgeführten Aspekte im Fragebogen Einfluss bzw. Auswirkungen auf Lehr- und Lernprozesse haben.

Eine weitere Limitierung ist dem Umstand zu entnehmen, dass die erste hypothetische Modellierung an wissenschaftstheoretische sowie grafische Grenzen stieß. Gläser und Laudel (2009) präzisieren das Vorgehen einer ersten auf theoretischen Vorüberlegungen beruhenden Modellierung. Es wird darauf hingewiesen, dass das Modell im „günstigsten Fall aus definierten und in Dimensionen

strukturierten Variablen besteht, das erste Vermutungen über Kausalmechanismen liefert. In Unterkapitel 3.4. wurde überdies gezeigt, dass sich Modellierungsverfahren in verschiedenen Fachdisziplinen unterschiedlich darstellen. Entsprechend variierten auch die Expertenmeinungen, die sich stellenweise nur schwer vereinen ließen.

Nachdem im vorliegenden Unterkapitel potenzielle Limitationen der Studien aufgezeigt wurden, sollen deren Ergebnisse im Folgenden diskutiert und einer kritischen Bewertung unterzogen werden.

4.4 Diskussion und kritische Bewertung

Ziel der vorliegenden Studien war es herauszufinden, ob und wie man das Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse in Form von intelligenten und hybriden Lernräumen anwenden kann. Und obwohl die Interviewpartner Schwierigkeiten in der Übertragung auf Lernformate bzw. Lernräume hatten, konnten erste Erkenntnisse gewonnen werden. Die Ergebnisse der Teilstudie 1 und Teilstudie 2 stützen die Ergebnisse der qualitativen Interviewstudie, dass der Gestaltungsprozess auf einer interdisziplinären Grundlage erfolgen muss. Die Zusammenhänge im Framework zeigen dabei relevante Querbezüge zwischen der Raumgestaltung und didaktischen Prinzipien (vgl. Abschnitt 3.5.2.3.3). Besonders auffällig ist hierbei eine Ebenen übergreifende Abhängigkeit einzelner Faktoren, die sich über unterschiedliche Fachdisziplinen hinweg erstrecken (vgl. Abbildung 4.3).

Ein weiterer herauszustellender Aspekt ist die Tatsache, dass es sich bei Smart Learning Environments um ein theoretisches Konstrukt handelt. Dennoch ist es den Expert*innen im Rahmen der Teilstudie 1 leichtgefallen, IoT-basierte Lehr- und Lernszenarien zu entwickeln, wahrscheinlich deshalb, weil die Fachexperten als IoT-Trainer*innen bereits sehr mit dem Technologiekonstrukt Internet der Dinge vertraut waren. Darüber hinaus hat auch die Interviewstudie erste konkrete Entwicklungsansätze hervorgebracht, die im Rahmen der exemplarischen SLE-Interaktionen in Abschnitt 3.5.2.3.3 erläutert wurden. Doch obwohl es in der vorliegenden Untersuchung explizit um Anwendungsmöglichkeiten des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse in Form von SLEs ging, sollten in konkreten Planungsvorhaben stets die Lehrenden und Lernenden mit ihren Bedürfnissen im Vordergrund stehen, wobei die zu verwendenden Technologien zweitrangig sind.

Es ist zu konstatieren, dass im Zusammenspiel zwischen Technologien und (neuen) Lehr- und Lernformaten stets die Erzeugung von didaktischen Mehrwerten im Zentrum stehen muss. Dabei stellt die verwendete Technologie ein

Mittel zum Zweck dar und ersetzt nicht das zugrundeliegende Ziel. Lernen ist ein komplexer Vorgang, bei welchem v. a. auch Emotionen und intrinsische Motivationen ausschlaggebende Faktoren darstellen, die nicht direkt gesteuert werden können. Indirekte förderliche Rahmenbedingungen, die zu einer didaktisch fundierten Gestaltungsarbeit von SLEs beitragen, wurden im Rahmen des modifizierten Modells in Abschnitt 4.1 zusammengeführt. Dabei konnte eine Vielzahl an involvierten Faktoren identifiziert werden, die ein systematisches Verfahren im Gestaltungsprozess unterstützen können. Gleichzeitig handelt es sich hierbei um einen idealtypischen Gestaltungsprozess. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit geforderten Anforderungen können demzufolge im praktischen Einsatz unter Umständen zu Schwierigkeiten führen. Aufwand und Nutzen einer SLE-Entwicklung müssen in einem ausgewogenen Verhältnis stehen. Entsprechend sind die vorliegenden Ergebnisse als ein Gestaltungsrahmen zu betrachten, der auf Grundlage der organisationalen Belange zu modifizieren ist. Parallel dazu sollten jedoch die identifizierten Mindestanforderungen eingehalten werden, sofern es sich im Gestaltungsprozess um IoT-basierte SLEs handelt.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass Smart Learning Environments eine hohe Differenz zwischen Theorie und Praxis aufweisen. Es konnten keine idealtypischen SLE-Fallbeispiele in der Literatur oder Praxis identifiziert werden. Insofern kann geschlussfolgert werden, dass SLEs wie in der Literatur beschrieben noch nicht existieren. Studien führen zu ersten empirisch gesicherten Befunden, die allerdings nur sehr eingeschränkte SLE- Funktionalitäten in der Praxis untersuchten (Lei u. a., 2013). Selbst die theoretischen Abhandlungen bedürfen aufgrund der noch recht jungen SLE-Forschung mehr gesicherten Erkenntnissen, um derart komplexe Bildungsinnovationen wie SLEs systematischer erforschen und gestalten zu können.

Die vorliegende Untersuchung ist die erste Forschungsarbeit, die sich der Übertragung des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse in Form von SLEs im Umfeld betrieblicher Weiterbildung mit Fokus auf arbeitsplatzorientiertes Lernen widmet. Der theoretische Erkenntnisgewinn äußert sich insbesondere darin, dass festgestellt werden kann, dass eine Übertragung des Internet der Dinge auf Lehr- und Lernprozesse möglich ist. Identifizierte Nutzungskontexte wurden ausführlich in Abschnitt 3.5.2.3 erläutert. Als ein weiterer Erkenntnisgewinn kann der theoretisch hergeleitete Zusammenhang zwischen den Konstrukten „Internet der Dinge“ und „Smart Learning Environments“ aufgeführt werden. Dabei konnte in Abschnitt 2.5 nachgewiesen werden, dass es sich bei IoT-basierten Lehr- und Lernformen um mehr als adaptive und ubiquitäre Lernmethoden handelt, die sich in einem neuen Lehr- und Lernformat mit der Bezeichnung „Smart Learning Environments“ manifestieren. Die vorliegende Arbeit zeichnet ein umfassendes und

holistisches Bild über IoT-basierte Bildungsinnovationen, die bisher in getrennten Fachdisziplinen und voneinander losgelösten Konzepten erforscht wurden.

Der wohl größte Erkenntnisgewinn resultiert demzufolge aus einer transdisziplinären Zusammenführung unterschiedlicher SLE-Gestaltungsansätze in einem Gesamtkonzept. So konnten wesentliche Forschungslücken bisheriger SLE-Forschung (vgl. Abschnitt 2.4.2) adressiert werden, indem die bis dato einseitig entwickelten Konzepte systematisch aufgebrochen und involvierte Fachdisziplinen und SLE-Gestaltungsbereiche ganzheitlich betrachtet wurden. Architektonische Gestaltungsprinzipien sowie auch organisationale Aspekte wurden gezielt analysiert und mit didaktischen und informationstechnischen SLE-Merkmalen verworken. Auf diese Weise entstand ein holistisches, interdisziplinäres und soziotechnisch ausgerichtetes Konzept, das den SLE-Gestaltungsprozess wissenschaftlich fundiert und ganzheitlich begleitet.

Insbesondere die Interviewstudie liefert einen wichtigen Beitrag zum theoretischen Erkenntnisgewinn der SLE-Forschung. So ist das auf Basis der Interviewstudie validierte und re-designte SLE-Modell das erste seiner Art, das die Anwendung von SLEs in der Praxis adressiert und als Analyse- sowie Planungswerkzeug genutzt werden kann. Das darauf aufbauende Framework liefert darüber hinaus einen SLE-Gestaltungsrahmen, der die im Modell zusammengefassten Faktoren innerhalb verschiedener Facetten, also Ebenen, Kategorien und Faktoren auffächert und deutliche Querbezüge untereinander erkennen lässt.

Durch das Literature Review sowie die qualitative Interviewstudie wurde der Versuch unternommen, eine weitgehend einheitliche ontologische Basis mit Kategoriensystem zu konzipieren, die im Rahmen von organisationalen SLE-Gestaltungsprozessen als Handlungsempfehlungen dienen. Einer bisher unzureichenden Systematisierung in der bisherigen SLE-Forschung konnte so begegnet werden, indem Entwurfsmuster für die Konstrukte „Nutzerzentrierung (A)“, „Didaktische Vielfalt (B)“, „Hybrider Lernraum (C)“ und „Hybride Lernassistenz (D)“ entwickelt wurden. Die Identifizierung involvierter Erfolgsfaktoren und die Zuordnung in ein kohärentes Kategoriensystem wurde empirisch validiert und kann als Grundlage für zukünftige Arbeiten im Bereich der Smart Learning Environments-Forschung dienen (vgl. Abschnitt 4.6). Kritisch anzumerken ist, dass das Re-Design der einzelnen Entwurfsmuster sowie die Zusammenführung in eine SLE-Framework (vgl. Abbildungen 4.1 und 4.3) nicht erneut validiert wurden. Eine konkrete Definition der einzelnen Kategorien und eine detaillierte Beschreibung der Faktoren, die stellenweise zu sehr kleinteiligen Differenzierungen in Abschnitt 3.5.2.3.3 führten, operationalisiert die jeweiligen Nutzungskonstrukte in reflektiver Weise.

Diese neuen Erkenntnisse sind nicht zwingend als Indiz zu werten, dass sich die Konstrukte A, B, C und D mithilfe der Entwurfsmuster gestalten lassen, da letztlich nur in realen Kontexten valide Zusammenhänge zwischen Kategorien und Faktoren einerseits sowie zwischen der Verwendung der Entwurfsmuster und den damit erzeugten Realitäten andererseits, nachgewiesen werden können. Das auf Basis probabilistischer Beziehungen beruhende Framework bietet entsprechend viel Potenzial für aufbauende Forschungsarbeiten. Ein wichtiger Schritt in Richtung Praxistransfer ist zudem die kontinuierliche Weiterentwicklung der Erkenntnisse. Dies geht über eine reine Empfehlung von allgemeinen Handlungsempfehlungen hinaus und ermöglicht eine passgenaue Implementierung der Forschungsergebnisse in einem höchst diversifizierten Forschungsfeld (vgl. Abschnitt 4.5).

Ein zusätzlicher Erkenntnisgewinn lässt sich aus dem triangulativen Forschungsprozess der vorliegenden Arbeit ableiten, der in Teilbereichen ein iteratives DBR-Verfahren abbildete, um theoretisch erlangte Erkenntnisse in der Praxis zu evaluieren. Insbesondere die Teilstudie 1 liefert einen wichtigen Beitrag zum theoretischen Erkenntnisgewinn in der Form, dass mögliche Anwendungsszenarien IoT-basierter Lehr- und Lernprozesse innoviert werden konnten. Relevante Erkenntnisse konnten darüber hinaus in Bezug zu organisationalen Rahmenbedingungen erlangt werden.

Bei einem systematischen Vergleich zwischen empirischen Befunden aus der Weiterbildungsforschung (vgl. Abschnitt 2.1.2.1) und den lediglich theoretisch hergeleiteten Annahmen (vgl. Abschnitt 2.1.2.3) konnten keine gravierenden Diskrepanzen festgestellt werden. Es zeigte sich darüber hinaus, dass die theoretischen Konzepte, die überwiegend aus einer langjährigen Berufspraxis der Erwachsenenbildung entstammten und überwiegend in gemeinsamer Autorenschaft reflektiert und expliziert wurden, eine umfassende theoretische Rahmung zur Gestaltung von hybriden Lernformen wie SLEs liefern, ohne dass diese Annahmen empirisch gesichert wären.

Im Gegensatz zu einer sehr umfangreich vorhandenen Aufarbeitung bildungswissenschaftlicher Theorien, die explizit auf eine Nachnutzung bzw. Erweiterung der Erkenntnisse zielt, fehlt es noch immer an empirisch validen Daten zur Weiterbildungsforschung, so dass die geringe Anzahl an gesicherten Erkenntnissen keinen echten Mehrwert für die Bildungspraxis darstellen. Darüber hinaus sind etliche Leitstudien veraltet. In diesem Kontext liefert das Forschungsdesign der vorliegenden Arbeit neue forschungstheoretische Impulse, die eine Nützlichkeit einer praxis- und gestaltungsorientierten Bildungsforschung stützen, die im Rahmen eines Design-Based-Research Ansatzes umgesetzt werden können. Vor diesem Hintergrund ist eine grundsätzliche Diskussion einer zukunftsfähigen

Erwachsenenbildungsforschung mit den entsprechenden Forschungsparadigmen zu überdenken und im Sinne einer gesellschaftlich relevanten Forschung zu optimieren. Denn was nützen die validesten Daten, wenn man damit nichts anfangen kann, da sich die Rahmenbedingungen ständig ändern und es kaum Anknüpfungspunkte in der Weiterbildungspraxis gibt.

Es kann konstatiert werden, dass die vorliegenden Erkenntnisse die Annahme unterstützen, dass es innovativer Forschungsmethoden bedarf, die neue Forschungsstile mit experimentellem Charakter zulassen, die eher dazu geeignet sind, wirkliche Innovationen zu erkunden, die in die Praxis transferiert werden können. Ein bildungs- und gesellschaftspolitischer Nutzen sollte einen deutlich höheren Stellenwert in der aktuellen Forschungslandschaft einnehmen. Dies impliziert auch einen professionelleren Umgang mit „Unsicherheiten“ bzw. ungesicherten Annahmen.

4.5 Implikationen für die Praxis

Da die Weiterentwicklung des Technologiekonstrukts Internet der Dinge in Zukunft weiter zunehmen und sich auf berufliche Tätigkeiten auswirken wird, sind die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung neben der betrieblichen Weiterbildungsbranche insbesondere auch für staatliche Bildungsinstitutionen von großem praktischen Interesse.

Die Studien tragen dazu bei, das Verständnis über IoT-basierte Lehr- und Lernformen zu verbessern und wichtige Einflussfaktoren im Rahmen eines Gestaltungsprozesses zu erkennen. Durch eine Kategorisierung und Strukturierung auf Basis von konkreten Entwurfsmustern wird außerdem ein einheitlicher Bezugsrahmen mit Handlungsempfehlungen aufgezeigt. Unter Rückgriff auf das vorliegende Framework können die Bedürfnisse der jeweiligen Zielgruppe(n) und des Unternehmens analysiert und als Ausgangspunkt zur Gestaltung sinnvoller SLE-Interaktionen genutzt werden. Hierbei hilft wiederum das Wissen um die unterschiedlichen Faktoren, die den entsprechenden Kategorien und Ebenen zugeordnet und innerhalb der Entwurfsmuster präzisiert wurden. Die Kenntnis verschiedener SLE-Ebenen und Faktoren lässt sich somit bei der Konzeption von SLEs direkt anwenden. Bei der Einführung und im Betrieb können die Erkenntnisse aus dem Modell und dem Framework helfen, SLEs innerhalb von Organisationen individuell und zielgruppengerecht zu planen und somit die Akzeptanz und Nutzungsintensität zu erhöhen. Hierbei sollten je nach Zielgruppe verschiedene Möglichkeiten und Vorteile von SLEs herausgestellt und ein Fokus

auf solche Faktoren gelegt werden, die einen großen Einfluss auf die Nutzungsintention haben könnten. Im Fokus müssen grundsätzlich die Bedürfnisse der Nutzer*innen stehen, insbesondere im Hinblick auf didaktische Vielfalt. Lernen muss abwechslungsreicher und aktiver werden, um Emotionen und Kreativität zu fördern, wodurch Lernen als freudiges und nicht lästiges Erlebnis wahrgenommen wird. Auch für arbeitsplatzbezogenes Lernen bedeutet dies, neben PowerPoint-Vorträgen und WBTs innovative Formate wie SLEs zu innovieren, die insbesondere informelles, lebenslanges Lernen am Arbeitsplatz unterstützen und sich leicht mit formalen Lernsettings kombinieren lassen. Ziel sollte es nicht sein, IoT-basierte Lehr- und Lernformate zu entwickeln, sondern das Lernen an sich zu verbessern und mit positiven Emotionen zu verbinden, indem innovative Wege aufgezeigt werden können.

Die Studien verweisen parallel dazu aber auch auf kritische Aspekte. So sollte beispielsweise ein sehr sorgfältiger und nutzerzentrierter Umgang mit personenbezogenen Daten gewährleistet werden. Die Konzeption und Ausgestaltung von SLEs ist ein komplexer und arbeitsintensiver Prozess, der unter Umständen an kulturellen Voraussetzungen scheitern kann. Weiterhin tragen die Forschungsergebnisse dazu bei, dass mit möglichen Hürden offen umgegangen wird. Schließlich müssen nicht alle Faktoren wie z. B. Data Analytics (D22) als positiv empfunden werden. Entsprechend wird empfohlen, offene Diskurse zu befördern, die dazu beitragen, dass SLEs partizipativ gestaltet werden können. Kritische Gesichtspunkte stellen überdies personelle, zeitliche und finanzielle Ressourcen dar, die im Vorfeld zu klären und zu dokumentieren sind.

Das Framework dient im Praxisalltag als eine Empfehlung. Individuelle Anpassungen an unternehmensspezifische Anforderungen sind nicht nur erlaubt, sondern erwünscht. Entsprechend bietet das Modell in Abbildung 4.1 auch eine dynamische Modellierung an, bei welcher die Faktoren in neuen Konstellationen und in neuen Beziehungen untereinander angeordnet werden können, indem die Hexagone im Uhrzeigersinn gedreht werden. Insbesondere im ersten Schritt der Reifegrad-Analysen bietet es sich an, unter Umständen auch unternehmensspezifische Faktoren zu ergänzen und neue Abhängigkeiten herauszuarbeiten.

Zudem wäre es denkbar, im Sinne eines direkten Praxistransfers der vorliegenden Erkenntnisse, das digitale Framework zu vergegenständlichen. Entsprechend könnte das Framework aus Abbildung 4.1 ausgedruckt und beispielsweise während eines Design Sprints als Grundlage der Analysen dienen. Eine nahtlose Verbindung zu einem digitalen Template würde eine zeitgleiche digitale Anpassung und Überarbeitung des Frameworks ermöglichen, welches wiederum ausgedruckt und im Raum ausgehängt zur Analyse der Reifegrade genutzt werden könnte.

Zur Betrachtung von Querverbindungen aus Abbildung 4.3 würde sich eher eine 3D-Modellierung mithilfe eines 3D-Druckers anbieten. So wäre es z. B. möglich, das bereits physisch „ausgedruckte“ 3D-Framework derart mit Sensoren und anderen IoT-Komponenten auszustatten, dass beispielsweise aktuelle Anpassungen des physischen 3D-Modells zeitgleich in eine digitale Version übertragen werden könnten, die dann von virtuellen Teams weiterverarbeitet und ggf. wiederum an anderen Orten ausgedruckt werden könnte. So wäre ein fließender Wechsel aus analogen und digitalen SLE-Modellen möglich.

Wie in Teilstudie 1 deutlich wurde, bedarf es zur fundierten Auseinandersetzung mit SLEs sowie zur didaktisch sinnvollen Gestaltung mehr Zeit. Entsprechend würde es sich anbieten, einen Design Sprint als methodisches Settings zugrunde zu legen, in dessen Rahmen erste SLE-Prototypen entwickelt werden können. Vor dem Design Sprint sind entsprechende Bedarfserhebungen, Tätigkeits- und Kontextanalysen durchzuführen, die als Grundlage für die gestalterische Tätigkeit im Design Sprint genutzt werden können.

Ein Design Sprint ist eine Methode aus der Produktentwicklung und bietet sich insbesondere für das Innovieren von Produkten aus dem digitalen Umfeld an (Banfield, Lombardo & Wax, 2016). Die Autoren Banfield, Lombardo & Wax weisen darauf hin, dass ein Design Sprint nicht das Ende der Produktentwicklung darstellt, sondern vielmehr die Diskussion über ein mögliches, neues Produkt eröffnet (vgl. ebenda, S. 22). Die Bezeichnung „Design Sprint“ kombiniert dabei gezielt methodische Ansätze aus Design Thinking (vgl. Abschnitt 3.3) mit agilen Methoden aus der Softwareentwicklung. Die Autoren definieren einen Design Sprint wie folgt:

“A design sprint has five phases: Understand, Diverge, Converge, Prototype and Test. The names of these phases may vary from company to company, but the overall ethos remains the same: a timeboxed design cycle completed in a collaborative fashion with real user input” (ebenda, S. 13)

Ziel der Methode ist es, den Prozess der Produktentwicklung zu optimieren, indem ein systematisches Verfahren innerhalb von festgelegten Zeiteinheiten („Timeboxing“) zugrunde gelegt wird. Dadurch kann ein effizienter und zielorientierter Designprozess abgebildet werden, der sich in Anlehnung an die Iteration des Design Thinking (vgl. Abbildung 3.1) in der Regel auf fünf Tage mit den folgenden Phasen erstreckt:

1. Verstehen

In der ersten Phase geht es um ein tiefes Verständnis über die Zielgruppe. Für eine didaktisch fundierte SLE-Entwicklung müssen die Bedürfnisse der Lehrenden und Lernenden erhoben und die Nutzungskontexte durchdrungen werden. Eine genaue Definition der Zielgruppe(n) und eine Beschreibung aktueller und zukünftiger Lernkontexte dienen dazu, ein umfassendes Bild über die Nutzer*innen zu erlangen.

2. Aufspüren

In der zweiten Phase geht es um ein exploratives Aufspüren von Möglichkeiten. Im Fokus stehen dabei mögliche Lösungen für Probleme, die in der ersten Phase identifiziert werden konnten. Ideen werden durch Brainstorming Methoden generiert und grob ausgearbeitet, ohne eine Bewertung vorzunehmen.

3. Bewerten

In der dritten Phase werden die generierten Ideen auf Praxistauglichkeit und Nützlichkeit bewerten. Dabei werden die erfolgversprechendsten Ideen mit Klebepunkten markiert. Die so entstehenden „Heatmaps“ geben Auskunft über die besten Lösungsansätze, die dann im Team zu ersten Mockups⁴ und User-Stories verarbeitet werden.

4. Prototypen

In der vierten Phase werden die Ideen prototypisch umgesetzt. Das bedeutet, dass visuelle und haptische Eindrücke zum neuen Produkt simuliert werden. Die Prototypen müssen für die „Tester“ benutzbar sein und sich halbwegs echt anfühlen, um ein möglichst realistisches Feedback erhalten zu können.

5. Testen

In der fünften Phase werden die Prototypen von potentiellen Nutzer*innen ausgiebig getestet und bewertet. Ziel ist es herauszufinden, welche der Ideen tatsächlich funktionieren und welche nicht. Die Ergebnisse fließen dann über iterative Schleifen wieder zurück zu den ersten Phasen.

Charakteristisch für Design Sprints ist es, intensive Einzelarbeiten mit kollaborativen Gruppenarbeiten zu verbinden und externe Sichtweisen bzw. auch

⁴Mockup bezeichnet eine Nachbildung und wird im Webdesign im Zusammenhang digital gestalteter Entwürfe zu einer Website und/oder App verwendet. Mockups dienen in der frühen Konzipierungsphase der Visualisierung von Ideen und Konzepten im Rahmen des Webdesigns. Sie beinhalten Navigationsstruktur, Site- und Design-Elemente im Detail.

interdisziplinäre Perspektiven einzubinden. Dabei ist es wichtig, den Fokus immer auf die Zielgruppe zu lenken, die darüber hinaus in Phase fünf aktiv in den Produktentwicklungsprozess eingebunden wird. Die Autoren Banfield, Lombardo & Wax umschreiben dies mit dem „Co-Creation-Effect“, der unter keinen Umständen zu vernachlässigen sei. Ein weiteres wichtiges Merkmal ist der strikte Umgang mit Zeitvorgaben. Dadurch soll eine intensive und zugleich zielorientierte Arbeitsweise erreicht werden, die Flow-Zustände⁵ befördert (vgl. ebenda, S. 18). Typisch für Design Sprints ist zudem, dass die Effektivität im Produktentwicklungsprozess durch eine ausführliche Vorbereitung gefördert wird, indem eine Vielzahl an Templates im Vorfeld entwickelt werden, die die einzelnen Phasen anleiten und dokumentieren. Das sogenannte „Design Sprint Kit“ beinhaltet alle Übungen und Vorlagen, die im Rahmen des Design Sprints benötigt werden. In Anlehnung an das von Osterwalder⁶ entwickelte „Business Model Canvas“ werden für jede Phase im Design Sprint „Canvases“, also ausdrückbare Arbeitsvorlagen, entwickelt, die wichtige Leitfragen visualisieren, die im Rahmen der Produktentwicklung entlang der fünf Phasen beantwortet bzw. bearbeitet werden müssen.

Ein Praxistransfer der vorliegenden Erkenntnisse im Rahmen eines Design Sprints würde sich in vielerlei Hinsicht anbieten. Zum einen passt das methodische Setting aus IT und Design zum Grundgedanken eines Smart Learning Environments, welches sukzessive und in engen Rückkopplungsprozessen mit Nutzer*innen zu entwickeln wäre. Zum anderen würde ein Design Sprint die bereits im Forschungsprozess angedachte iterative Methodik des Design-Based-Research-Ansatzes aufgreifen. So könnten nicht nur systematisch SLE-Produkte und Services entwickelt werden, sondern zugleich die im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit entwickelten Analyse- und Planungswerkzeuge kontinuierlich verbessert werden. Weiterhin könnten die bereits vorhandenen Analyse- und Planungswerkzeuge (Entwurfsmuster und Framework) durch ein „SLE-Creation Kit“ ergänzt werden, das dokumentierte SLE-Übungen und SLE-Canvases beinhalten würde. So könnte das Toolkit beispielweise Übungen für eine (SLE-) Learning Journey beinhalten, die zur Erstellung von „Lernweltdiagrammen“ (vgl. Entwurfsmuster A1) genutzt werden könnte. Weitere Vorlagen für SLE-Storyboards, Mockups sowie SLE- Canvases pro Entwurfsmuster würden einen umfassenden SLE-Produktentwicklungsprozess unterstützen können. Ergänzende

⁵Das „Flow-Konzept“ geht zurück auf Mihály Csikszentmihályi, der 1975 das Flow-Erleben im Sinne einer hoch konzentrierten, schöpferischen Leidenschaft der Menschen beschrieben hat.

⁶<https://alexosterwalder.com/>

Hinweise mit weiterführenden Links und Literatur könnten das Toolkit insgesamt abrunden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die Design Sprint-Methodik für einen Transfer der vorliegenden Erkenntnisse eignen würde. Das SLE-Modell mit den Entwurfsmustern sowie das SLE-Framework würden sich insbesondere für die Phasen eins und zwei des Sprints anbieten. Für die Phasen 3–5 müsste darüber hinaus ein SLE spezifisches Toolkit entwickelt werden, so dass sich im Rahmen einer SLE-Produktentwicklung die Potenziale für Praxis und Forschung verbinden lassen könnten. Da das in dieser Untersuchung involvierte Unternehmen seine Bereitschaft zur Weiterentwicklung des vorgelegten Verfahrens bekundet hat, kann mit weiteren praktischen sowie theoretischen Erkenntnissen und Publikationen gerechnet werden.

4.6 Zukünftige Forschungsthemen

Aus den Ergebnissen der Studien wie auch aus deren Limitationen ergeben sich Anknüpfungspunkte für zukünftige Forschungsthemen. Um an Generalisierbarkeit zu gewinnen, sollten die Forschungsfragen auf weitere Bildungsbereiche insbesondere des öffentlichen Sektors wie z. B. auf Hochschulen ausgeweitet werden. In diesem Zusammenhang bietet sich ein Vergleich zwischen betrieblicher/ beruflicher Weiterbildung und (Hoch-)Schulbildung an. Auch klassische Weiterbildungsanbieter oder gar Tagungshotels, die über eine große Anzahl an „Weiterbildungsräumlichkeiten“ verfügen, wären als Forschungsobjekte denkbar und würden die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung um zusätzliche Erkenntnisse erweitern. Ein Vergleich zwischen beruflicher und privater Nutzung von SLEs ist ebenfalls denkbar. SLEs ermöglichen ein fließendes Zusammenspiel von informellen und formalen Lernformen, so dass insbesondere deren Übergänge genauer zu erforschen wären.

Gleiches gilt für mögliche Langzeitstudien, die Tendenzen und Entwicklungen erkennen lassen würden und somit eine der wesentlichen Limitationen der vorliegenden Studien adressieren könnten. Eine weitere Fortführung der Forschung läge in kulturübergreifenden Studien, die nicht nur Ländervergleiche zuließen, sondern auch dazu beitragen könnten, kulturspezifische Einflussfaktoren in Bezug einer didaktisch fundierten SLE-Gestaltung zu entdecken.

Für eine zukünftige SLE-Forschung bieten sich qualitative Forschungsdesigns an, die im Rahmen eines Design-Based-Research-Ansatz konzipiert sind. Eine wesentliche Fragestellung könnte sich darauf beziehen, ob das vorliegende SLE-Modell mit den im Framework herausgearbeiteten Beziehungen und

Querverbindungen als Analyse- und Planungswerkzeug geeignet ist, um SLEs didaktisch fundiert gestalten zu können. Dies könnte im Rahmen einer Erprobung mittels Design Sprint evaluiert werden.

Aufgrund des noch sehr jungen Forschungsfeldes würden sich zudem auch größere Forschungsvorhaben in einem interdisziplinären Verbund anbieten, die z. B. aufbauend auf den Ergebnissen eines ersten Design Sprints die innovierten SLE-Prototypen theoretisch untersuchen. So könnte man beispielsweise mit der Methodik einer Forschungswerkstatt (Augsten & Freigang, 2016) ein Team aus interdisziplinären Masteranden aufsetzen, das im Rahmen eines größeren Forschungsprojektes mögliche SLE-Produkte und -Services auf Basis der Prototypen pro Einflussbereich (Unternehmenskultur, Nutzerzentrierung, Didaktik, Lernraum, Assistenz) erforscht. Auf diese Weise könnten die einzelnen Entwurfsmuster an wissenschaftlicher Tiefe gewinnen. Eine weitere Forschungsaktivität könnte sich damit beschäftigen, welche validen Beziehungen zwischen den einzelnen Faktoren im SLE-Modell empirisch nachgewiesen werden können bzw. welche Faktoren unter Umständen in welcher Bildungsbranche wie modifiziert werden müssten. Grundsätzlich müsste der praktische Einsatz des vorliegenden Modells mit dessen re-designeden Framework erneut validiert und wissenschaftlich fundiert weiterentwickelt werden. Erste theoretische sowie praktische Überlegungen hierzu liefert die Diskussion der Studienergebnisse im aktuellen Kapitel.

Weiterhin ist zu konstatieren, dass insbesondere die SLE-Mikroebene einer näheren Erforschung und Ausarbeitung bedarf. Hier wäre zu überlegen, ob sich das vorliegende Framework mit dem Modell der „Activity Theory“ verbinden lässt, um basierend auf den über Faktor A1 identifizierten Lehr- und Lerntätigkeiten, schneller und fundiertere SLE-Interaktionen generieren zu können. Die „Activity Theory“ bzw. Tätigkeits- oder auch Aktivitätstheorie genannt, ist ein psychologischer Ansatz, der in den 1930er Jahren der damaligen Sowjetunion seinen Ursprung hat und in den 1980er Jahren insbesondere von Yrjö Engeström (1987) weiterentwickelt wurde. Die Tätigkeitstheorie identifiziert Prinzipien und Strukturen menschlicher Tätigkeiten, indem Analyseeinheiten definiert und operationalisiert werden. Die „Activity Theory“ basiert auf einem Modell, das weniger eine Repräsentation von Realität als eine heuristische Hilfe zur Identifizierung und Erkundung der kontextuellen Faktoren darstellt, mithilfe dessen menschliche Tätigkeiten erklärt werden können. Die Aktivitätstheorie identifiziert die in einer Aktivität enthaltenen Tätigkeiten und bewertet, wie sich diese zueinander verhalten. In den letzten Jahren hat sich Engeström insbesondere mit Lernformen am Arbeitsplatz auseinandergesetzt und o.a. Modell (Engeström, 1999) angewendet. Das Modell visualisiert ein Aktivitätssystem, das in Subjekt, Objekt, Werkzeug, Regeln, Rollen sowie Gemeinschaft unterteilt ist. Das Modell wurde

bereits erfolgreich als Rahmen für die Erforschung von Bildungsinnovationen und innovativen Lernräumen (Trish & Du Toit, 2010) sowie als konzeptioneller Rahmen zur Analyse und Gestaltung von computergestütztem kollaborativem Lernen verwendet und könnte sich von daher auch für die Gestaltung von SLEs anbieten. In der Activity Theory spielen wie bei IoT-basierten Lehr- und Lernprozessen die jeweiligen Kontexte eine große Rolle. Das Lernen selbst wird als “tool-mediated, situated, object-directed and collective activity” umschrieben und bietet insofern auch für Lernformate wie eine PLE einen Rahmen (Buchem u. a., 2011), der für die Entwicklung von Bildungsinnovationen wie SLEs angewendet werden könnte.

Gegebenenfalls lassen sich aber auch gänzlich alternative Modelle finden, mit denen Smart Learning Environments noch besser strukturiert, erklärt und entwickelt werden können. Neue Analysen über die Zusammenhänge der einzelnen Faktoren und Einflussbereiche mittels Faktoranalyse würden die bisherigen Erkenntnisse verifizieren oder falsifizieren können. Auch die Ergebnisse der Teilstudie 1 lassen einen Ausblick auf zukünftige Forschungsfragen zu. So könnten durch längere Fokusgruppen-Workshops, die im Rahmen eines Design Sprints durchgeführt werden, SLE-Musterlösungen generiert werden, die im Sinne einer Übertragung und Generalisierung genutzt werden könnten.

Die Teilstudie 2 könnte dahingehend aktualisiert werden, dass die überarbeiteten Kategorien und Faktoren aus dem re-designten Modell über eine große Anzahl an online-basierten Fragebögen validiert werden, um herauszufinden, ob die vorgenommenen Anpassungen auch zu Verbesserungen geführt haben.

Nicht zuletzt liefern auch die explorativen Ergebnisse der Interviewstudie Hinweise auf weitere Forschungsfelder. So könnten die unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten des Internet der Dinge, wie sie von den Interviewpartnern skizziert und in Abschnitt 3.5.2.3.3 dokumentiert wurden, interessante Impulse für die weitere SLE-Forschung liefern, indem diese in einem Workshop in Form von Story Boards ausgearbeitet und von Nutzer*innen bewertet werden würden.

Da damit zu rechnen ist, dass es in den kommenden Jahren einige Weiterentwicklungen im Bereich des Internet der Dinge geben wird, müssten auch visionäre Fragestellung in den Blick zukünftiger Forschungsvorhaben aufgenommen werden, die sich vor allem mit gesellschaftspolitischen Fragen beschäftigen. Insbesondere auch ethische Fragestellungen werden zukünftig wichtiger, wenn Maschinen (oder IoT-basierte Lernsysteme) in der Lage sind, selbständig Entscheidungen zu treffen, die sich direkt auf die Arbeitnehmer*innen, die Bürger*innen oder die Gesellschaft als Ganzes auswirken. Auch die grundsätzliche Frage, inwiefern IoT-basierte Lernsysteme im organisationalen Kontext Trainer*innen ablösen könnten, ist von großer Bedeutung.

Wie die Ausführungen zeigen, eröffnen sich somit im Bereich von intelligenten und hybriden Lernräumen bzw. von Smart Learning Environments noch eine Vielzahl an Themen für zukünftige Forschungsvorhaben, die sowohl für die Wissenschaft als auch für die Praxis von hoher Relevanz sind. Auf dem Gebiet der gestaltungsorientierten Bildungsforschung von IoT-basierten Lehr- und Lernformen im organisationalen Kontext bieten die vorliegenden Studienergebnisse erste Anknüpfungspunkte.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.



Literaturverzeichnis

- Aarts, E. & Harwig, R. S. (2002). Ambient Intelligence. The invisible future: The seamless integration of technology in everyday life, 235–250.
- Abicht, L., Brand, L., Freigang, S., Freikamp, H. & Hoffknecht, A. (2012). Trends und Qualifikationsprofile durch das Internet der Dinge im Bereich „Smart House“. In: L. Abicht & G. Spöttl (Hrsg.), *Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge: Trends in Logistik, Industrie und „Smart House“* (Bd. 15). W. Bertelsmann Verlag.
- Abicht, L. & Freigang, S. (2011). Früherkennung neuer Qualifikationsbedarfe im Kontext technologischer Entwicklung. In: B. Dewe (Hrsg.), *Beruf-Betrieb-Organisation: Perspektiven der Betriebspädagogik und beruflichen Weiterbildung*. Klinkhardt.
- Abicht, L. & Freigang, S. (2013). Innovative Wege bei der Qualifizierung von Beschäftigten am Beispiel des Projektes „Female Smart House Professionals“. In: J. Pfliegerl, M. Vyslouzil & P. Pantucek (Hrsg.), *Passgenau helfen – Sozialarbeit als Mitgestalterin gesellschaftlicher und sozialer Prozesse*. Wien. Lit Verlag.
- Abicht, L., Freikamp, H., Brand, L., Hoffknecht, A. & Freigang, S. (2010). *Internet der Dinge im Bereich Smart House*. Abgerufen am 13.04.2016 von https://www.frequenz.net/uploads/tx_freqprojerg/Abschlussbericht_Id__im_Smart_House_final.pdf
- Alonso, V. & Arranz, O. (2016). Big Data and eLearning: A Binomial to the Future of the Knowledge Society. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 3(6), 29. Abgerufen am 15.08.2016, <https://doi.org/10.9781/ijimai.2016.364>
- Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in *Education Research? Educational Researcher*, 41(1), 16–25. Abgerufen am 23.12.2016, <https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Arnold, P. (2005). Einsatz digitaler Medien in der Hochschullehre aus lerntheoretischer Sicht.
- Arnold, R., Faulstich, P., Mader, W., Nuissl von Rein, E. & Schlutz, E. (2000). *Forschungsmemorandum für die Erwachsenen- und Weiterbildung* (Bd. Im Auftrag der Sektion Erwachsenenbildung der DGfE.). Frankfurt am Main: DIE – Deutsches Institut für Erwachsenenbildung.
- Arnold, R., Lermen, M. & Günther, D. (Hrsg.), (2015). *Lernarchitekturen und (Online-) Lernräume*.
- Ashcraft, M. & Radvansky, G. (2010). *Cognition*. Upper Saddle River: Pearson Education.
- Ashton, K. (2009). That „Internet of Things“ Thing – RFID Journal. Abgerufen am 08.07.2017 von <https://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>

- Augsten, A. & Freigang, S. (2016). Lernende Organisation durch die Gestaltung interdisziplinärer Zusammenarbeit. In: U. Lucke, A. Schwill & R. Zender (Hrsg.), *DeLFI 2016 – die 14. E-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. 11.-14. September 2016 Potsdam, Deutschland* (S. Seite 273–275). Bonn: Gesellschaft für Informatik.
- Back, Andrea. (2014). Competitive Intelligence (CI) mit CID Topic Analyst – Newsmonitoring intelligent und mobil! [Weblog]. Abgerufen am 25.01.2015 von <https://www.aback-blog.ch/newsblog/index.asp?QString=4,0,95,0,0,0>
- Bahner, O. & Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft (Hrsg.). (2017). *Leitlinien für leistungsfähige Schulbauten in Deutschland* (3. Aufl). Bonn: Montag Stiftungen.
- Banfield, R., Lombardo, C. T. & Wax, T. (2016). *Design sprint: a practical guidebook for building great digital products*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.
- Barrasch, E. (2013). *Designbasiertes Lernen. Design Thinking im Unterricht*. Abgerufen am 25.03.2015 von https://dl.dropboxusercontent.com/content_link/xzFwCmJ5kcPAlyL2Qp vBBdkdUD4qkX6NZVnbkgll0BMFPR3s2fBCQH5IMbP04xOM?dl=1
- Baumgartner, P. (2014). *Taxonomie von Unterrichtsmethoden: ein Plädoyer für didaktische Vielfalt*. Waxmann Verlag.
- Berns, K., Schürmann, B. & Trapp, M. (2010). *Eingebettete Systeme: Systemgrundlagen und Entwicklung eingebetteter Software* (1. Aufl). Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- Bitter, T., Buchmüller, C. & Uecker, P. (2014). Datenschutzrecht. In: *Big Data und Recht* (S. 81–116). Verlag CH Beck.
- Blendinger, A. & Herden, S. (2009). *Modell und Modellbildung im Kontext von Very Large Business Applications* (Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik OVG Universität Magdeburg). Abgerufen am 12.12.2016 von https://www.inf.ovgu.de/inf_media/downloads/forschung/technical_reports_und_preprints/2009/TechReport01.pdf
- BMWi. (2010). *Fünfter Nationaler IT-Gipfel. Programm – Personen – Projekte*. Dresden. Abgerufen am 10.02.2016 von https://www.post-und-telekommunikation.de/PuT/1Fundus/Dokumente/5._Nationaler_IT-Gipfel_2010_Dresden/it-gipfel-2010-programm-per-sonen-projekte.pdf
- BMWi (Hrsg.). (2017). *Die digitale Transformation im Betrieb gestalten – Beispiele und Handlungsempfehlungen für Aus- und Weiterbildung*. Abgerufen am 13.12.2017 von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industrie-4-0-die-digitale-transformation-im-betrieb-gestalten.pdf?__blob=publicationFile&v=12
- Bogner, A. & Menz, W. (2002). Das theoriegenerierende Experteninterview. In *Das Experteninterview* (S. 33–70). Springer.
- Bollnow, O. F. (2010). *Mensch und Raum* (11. Aufl.). W. Kohlhammer Stuttgart.
- Bommsdorf, B. (2005). Adaptation of learning spaces: Supporting ubiquitous learning in higher distance education. In: *Mobile computing and ambient intelligence*. Abgerufen am 19.07.2015 von <https://drops.dagstuhl.de/volltexte/2005/371/>
- Borowiak, Y. & Herrmann, T. (2011). Wann ist ein Enterprise 2.0 reif? – Soziotechnische Erfolgsfaktoren der Wirksamkeit von Web 2.0 am Beispiel von technisch unterstützter Innovationsarbeit. Gehalten auf der GeNeMe 2011. Abgerufen am 03.09.2017 von https://webvpn.zih.tu-dresden.de/+CSCO+0h756767633A2F2F6A6A6A2E64687062666E2E7172++/fileadmin/data/qucosa/documents/I4364/GeNeMe2011_211-218.pdf
- Bothof, A. & Bovenschulte, M. (2009). *Das „Internet der Dinge“- Die Informatisierung der Arbeitswelt und des Alltags*. (Erläuterung einer neuen Basistechnologie. Arbeitspapier,

- Globalisierung und Europäisierung, Arbeitspapier 176). Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung. Abgerufen am 25.07.2015 von https://ernaehrungsdenkwerkstatt.de/fileadmin/user_upload/EDWText/TextElemente/Medien/RFID_Internet_der_Dinge_Arbeit_All_tag_Boeckler_2009.pdf
- Bremer, C. (2012). *Zwischenbilanz Internet of Things – OPCO12*. Abgerufen am 18.08.2015 von <https://opco12.de/files/2012/07/Zwischenbilanz-Internet-of-things.pdf>
- Bremer, C. (2013). *Massive Open Online Courses*. Univ.-Bibliothek Frankfurt am Main.
- Breuer, F. (1996). Theoretische und methodologische Grundlinien eines Forschungsstils. In: *Qualitative Psychologie* (S. 14–40). Springer.
- Bronfenbrenner, U. (1979). *The ecology of human development: Experiments by design and nature*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Brosius, H.-B., Haas, A. & Koschel, F. (2016). *Methoden der empirischen Kommunikationsforschung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. Abgerufen am 03.02.2017 von <http://link.springer.com/10.1007/978-3-531-19996-2>
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178.
- Broy, (2010a). *Cyber-Physical Systems: Innovation durch softwareintensive eingebettete Systeme, acatech-Deutsche Akademie der Technikwissenschaften*. Germany.
- Broy, M. (2010b). Cyber-physical systems – Wissenschaftliche Herausforderungen bei der Entwicklung. *Cyber-Physical Systems*, 17–31.
- Brusilovsky, P. & Peylo, C. (2003). Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*.
- Buchem, I., Attwell, G. & Torres, R. (2011). Understanding Personal Learning Environments: Literature review and synthesis through the Activity Theory lens. In: *Proceedings of the PLE Conference 2011, 10th – 12th July 2011, Southampton, UK*. Abgerufen am 25.03.2015 von https://journal.webscience.org/658/1/PLE_SOU_Paper_Buchem_Attwell_Torress.doc
- Cachelin, J. L. (2016). Hypervernetzung. Disruption der Arbeitswelt durch technologische, soziale und ökonomische Vernetzung. Abgerufen am 06.03.2016 von <https://www.wissensfabrik.ch/hypervernetzung/>
- Chatti, M. A., Agustawan, M. R., Jarke, M. & Specht, M. (2012). Toward a personal learning environment framework. *Design, implementation, and evaluation of virtual learning environments*. IGI Global, 20–40.
- Chatti, M. A., Jarke, M. & Specht, M. (2010). The 3P Learning Model. *Educational Technology & Society*, 13(4), 74–85.
- Cisco. (2015). *New Opportunities, New Risks: The Internet of Things and Business Innovation*. Abgerufen am 15.04.2016 von <https://de.slideshare.net/CiscoBusinessInsights/new-opp-ortunities-new-risks-the-internet-of-things-and-business-innovation-german?related=1>
- Collins, A. (1992). Toward a Design Science of Education. E. Scanlon & T. O’Shea (Hrsg.), *New directions in educational technology* (S. 15–22). New York: Springer-Verlag.
- Corbin, J. & Strauss, A. (1990). Grounded theory research: Procedures, canons and evaluative criteria. *Zeitschrift für Soziologie*, 19(6), 418–427.
- Davis, E. (2017). The problems of big data, and what to do about them. Abgerufen am 23.03.2017, von <https://www.weforum.org/agenda/2017/02/big-data-how-we-can-manage-the-risks/>

- Dewey, J. (1916). *Democracy and education: An introduction to the philosophy of education. Textbook series in education.*
- Dewey, J. & Dewey, E. (1962). *Schools of Tomorrow.* Inc.
- Domingo, M. G. & Forner, J. A. M. (2010). Expanding the Learning Environment: Combining Physicality and Virtuality – The Internet of Things for eLearning (S. 730–731). IEEE. Abgerufen am 25.07.2016 <https://doi.org/10.1109/ICALT.2010.211>
- Doorley, S. & Witthoft, S. (2012). *Make space: how to set the stage for creative collaboration.* Hoboken, N.J: John Wiley & Sons.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation.* Springer.
- Ebner, M., Schön, S. & BIMS (Hrsg.). (2011). *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien: [L3T],* Abgerufen am 05.05.2014. Norderstedt: Books on Demand.
- Edinger, E.-C. (2015). BESUCHER? NUTZER? KUNDE? – MENSCH! Raumsociologische Perspektiven auf Bibliotheksgestaltung im Sinne des Human Centered Designs. In: R. Arnold, M. Lermen & D. Günther (Hrsg.), *Lernarchitekturen und (Online-) Lernräume.* EDUCAUSE Learning Initiative (ELI). (2015). 2015 *Horizon Report* (Horizon Report). Louisville, USA / Washington DC, USA: Educause. Abgerufen am 11.11.2016 von <https://library.educase.edu/resources/2015/2/2015-horizon-report>
- Eigenbrod, O. & Stang, R. (Hrsg.). (2014). *Formierungen von Wissensräumen: Optionen des Zugangs zu Information und Bildung.* Berlin; Boston: De Gruyter Saur.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by Expanding: An Activity Theoretical Approach to Developmental Research.* Helsinki: Orienta Konsultit.
- Engeström, Y. (1999). Activity theory and individual and social transformation. In: R. Miettinen, R. Punamäki & Y. Engeström (Hrsg.), *Perspectives on activity theory.* (S. 19–38). New York: Cambridge: Cambridge University Press.
- Erpenbeck, J. & Sauter, W. (2013). *So werden wir lernen! Kompetenzentwicklung in einer Welt fühlender Computer, kluger Wolken und sinnsuchender Netze.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Abgerufen am 29.11.2017 von <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-37181-3>
- Erpenbeck, J. & Sauter, W. (2015). *Kompetenzentwicklung mit humanoiden Computern. Die Revolution des Lernens via Cloud-Computing und semantischen Netzen.* Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Abgerufen am 21.02.2016 von <http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-09935-0>
- Erpenbeck, J. & Von Rosenstiel, L. (2011). *Handbuch Kompetenzmessung: Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis.* Schäffer-Poeschel Verlag für Wirtschaft Steuern Recht.
- Estrin, D., Culler, D., Pister, K. & Sukhatme, G. (2002). Connecting the Physical World with Pervasive Networks. IEEE Pervasive Computing, 1(1), 59–69.
- Feiler, L. & Fina, S. (2013). Datenschutzrechtliche Schranken für Big Data. Medien und Recht (MR), 10–7.
- Fell, M. (2015). Andragogische Grundüberlegungen zu einer lernförderlichen Gestaltung von umbauten Bildungsräumen. *Lernräume. Gestaltung von Lernumgebungen für Weiterbildung.* 31–64.
- Fischer, G. N. (1990). *Psychologie des Arbeitsraumes.* Campus Verlag.
- Fischer, M. & Spannagel, C. (2012). Lernen mit Vorlesungsvideos in der umgedrehten Mathematikvorlesung. In: *DeLFI 2012* (S. 225–236).

- Fleisch, E. & Thiesse, F. (2014). Internet der Dinge – Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik [Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Electronic Government, Universität Potsdam]. Abgerufen am 20.08.2015 von <https://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/technologien-methoden/Rechnernetz/Internet/Internet-der-Dinge/index.html/?searchterm=internet%20der%20dinge>
- Flick, U., von Kardorff, E., Keupp, H., von Rosenstiel, L. & Wolff, S. (Hrsg.). (1995). *Handbuch qualitative Sozialforschung* (3. Aufl.). BELTZ. Abgerufen am 29.11.2016 von <https://doi.org/10.17877/DE290R-13021>
- Fraunhofer IOSB. (2013). *Big Data und Big Business – Chancen und Potenziale großer Datenmengen*. Abgerufen am 19.01.2017 von <https://www.vvs.fraunhofer.de/servlet/is/10271/>
- Freigang, S. (2014). Personal Learning Environment: Die eigenen Ressourcen im Griff. In: *wissensmanagement – Das Magazin für Führungskräfte*, (2/2014).
- Freigang, S. (2016). The Personal Learning Assistant [Weblog]. Abgerufen am 27.05.2016 von <https://sirkkafreigang.wordpress.com/2016/04/08/the-personal-learning-assistant/>
- Freigang, S., Schlenker, L. & Köhler, T. (2017). Gestaltung von Smart Learning Environments in der betrieblichen Weiterbildung als interdisziplinäre Herausforderung. In: T. Köhler, E. Schoop, & N. Kahnwald (Hrsg.), *Wissensgemeinschaften in Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlicher Verwaltung*. 20. Workshop GeNeMe'17 Gemeinschaften in Neuen Medien.
- Freigang, S., Schlenker, L. & Köhler, T. (2018). An interdisciplinary Framework for Designing Smart Learning Environments. In: M. Chang, E. Popescu, Kinshuk & J. M. Spector (Hrsg.), *Challenges and Solutions in Smart Learning: Proceeding of the International Conference on Smart Learning Environments 2018*. Abgerufen am 25.03.2018 von <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=1728365>
- Gabriel, P., Gaßner, K. & Lange, S. (2010). *Das Internet der Dinge – Basis für die IKT-Infrastruktur von morgen Anwendungen, Akteure und politische Handlungsfelder*. Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE-IT. Abgerufen am 22.11.2015 von https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/das-internet-der-dinge-basis-fuer-die-ikt-infrastruktur-von-morgen/at_download/download
- Galis, A. & Gavras, A. (Hrsg.). (2013). *The Future Internet* (Bd. 7858). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Abgerufen am 29.01.2016 von <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-38082-2>
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (2011). Konstruktivistische Ansätze in der Erwachsenenbildung und Weiterbildung. In: *Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung* (S. 169–178). Springer.
- Glaser, B. & Strauss, A. (1967). Grounded theory: The discovery of grounded theory. *Sociology. The Journal Of The British Sociological Association*, 12, 27–49.
- Gläser, J. & Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. Springer-Verlag.
- Gómez, J., Huete, J. F., Hoyos, O., Perez, L. & Grigori, D. (2013). Interaction System based on Internet of Things as Support for Education. *Procedia Computer Science*, 21, 132–139. Abgerufen am 19.11.2016, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.019>
- Handke, J. & Sperl, A. (2012). *Das Inverted Classroom Model: Begleitband zur ersten deutschen ICM-Konferenz*. München: Oldenbourg.
- Helferich, C. (2004). *Die Qualität qualitativer Daten*. Springer.

- Herrmann, T. (2003). Learning and teaching in socio-technical environments. In: *Informatics and the Digital Society* (S. 59–71). Springer.
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J. & Ram, S. (2004). Design Science in Information Systems Research. *MIS Q.*, 28(1), 75–105.
- Horvath, S. (2013). Aktueller Begriff-Big Data. *Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages*, 37, 13.
- Hwang, G.-J. (2014). Definition, framework and research issues of smart learning environments – a context-aware ubiquitous learning perspective. *Smart Learning Environments*, 1(1). Abgerufen am 11.11.2016 von <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0004-5>
- Hwang, G.-J., Chin-Chung, T. & Yang, S. J. (2008). Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning. In: *Journal of Educational Technology & Society*, 11(2).
- Jennings, C. (2017). 70–20–10: Origin, Research, Purpose. Abgerufen am 21.09.2017 von https://charles-jennings.blogspot.com/2017/07/70-20-10-origin-research-purpose_10.html
- Johnson, L., Adams, S. & Cummins, M. (2012). NMC Horizon Report: 2012 K–12 Education. Austin, TX: *The New Media Consortium*.
- Kanagarajan, S. & Ramakrishnan, S. (2017). Ubiquitous and Ambient Intelligence Assisted Learning Environment Infrastructures Development – a review. *Education and Information Technologies*. Abgerufen am 29.11.2017 von <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9618-x>
- Katzlinger, E. (2007). *Big Brother beim Lernen: Privatsphäre und Datenschutz in Lernplattformen*. Wien. Abgerufen am 03.05.2016 von https://www.musiklexikon.ac.at:8000/buecher/Organisationseinheiten/_id10508e_ita_manu_scripts/ita_07_02.pdf
- Kaufmann, T. (2015). Industrie 4.0 – ein Überblick. In: T. Kaufmann, *Geschäftsmodelle in Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge* (S. 1–10). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Abgerufen am 13.07.2017 von http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-10272-2_1
- Kejcz, Y. (1979). Lernen an Erfahrungen. *Eine Fallstudie über Bildungsarbeit mit Industrie-arbeiterinnen*. Frankfurt am Main.
- Kelkar, O., Heger, R. & Dao, D.-K. (2014). Studie „Industrie 4.0 – Eine Standortbestimmung der Automobil- und Fertigungsindustrie“. MHP – A Porsche Company. Abgerufen am 08.11.2016 von https://www.mhp.com/fileadmin/mhp.de/assets/studien/MHP-Studie_Industrie4.0_V1.0.pdf
- Kerres, M. (2016). E-Learning vs. Digitalisierung der Bildung: Neues Label oder neues Paradigma. *Handbuch E-Learning*, 61.
- Kerres, M. (2017). Lernprogramm, Lernraum oder Ökosystem? Metaphern in der Mediendidaktik. In *Jahrbuch Medienpädagogik 13* (S. 15–28). Springer.
- Kerres, M., De Witt, C. & Stratmann, J. (2003). E-Learning. Didaktische Konzepte für erfolgreiches Lernen. *Jahrbuch Personalentwicklung & Weiterbildung*, 131–139.
- Kinshuk & Graf, S. (2012). Ubiquitous Learning. In: N. M. Seel (Hrsg.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Boston, MA: Springer US. Abgerufen am 03.02.2017 von <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6>
- Knoll, J. H. (1995). *Architektur und Erwachsenenbildung*. Böhlau.

- Kohls, C., & Münster, G. (2017). Hybride Lernräume für Innovationsprozesse. In: C. Igel, C. Ullrich, & W. Martin (Hrsg.), *Bildungsräume 2017* (S. 39–50). Gesellschaft für Informatik, Bonn.
- Koper, R. (2014). Conditions for effective smart learning environments. *Smart Learning Environments*, 1(1), 1–17.
- Kuckartz, U. (2012). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Beltz Juventa.
- Kyndt, E., Dochy, F., Struyven, K. & Cascallar, E. (2011). The perception of workload and task complexity and its influence on students' approaches to learning: A study in higher education. *European journal of psychology of education*, 26(3), 393–415.
- Lamnek, S. (1995). *Qualitative Sozialforschung*. Psychologie Verlags Union Weinheim.
- Langheinrich, M. (2001). Privacy by design – principles of privacy-aware ubiquitous systems. In: *Ubicomp 2001: Ubiquitous Computing* (S. 273–291). Springer.
- Lei, C.-U., Wan, K. & Man, K. L. (2013). Developing a Smart Learning Environment in Universities via Cyber-Physical Systems. In: *Procedia Computer Science*, 17, 583–585. Abgerufen am 29.11.2017 von <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.075>
- Lombardo, M. M. & Eichinger, R. W. (1996). *The Career Architect Development Planner*. Minneapolis, MN: Lominger International, a Korn/Ferry Company.
- Lucke, U. & Rensing, C. (2014). A survey on pervasive education. *Pervasive and Mobile Computing*, 14, 3–16.
- Ludwig, J. (2001). Die Kategorie „subjektive Lernbegründung“ als Beitrag zur empirischen Differenzierung der Vermittlungs- und Lernerperspektive mit Blick auf das Forschungs memorandum für die Erwachsenen- und Weiterbildung. In: P. Faulstich & Deutsche Gesellschaft für Erziehungswissenschaft (Hrsg.), *Wissen und Lernen, didaktisches Handeln und Institutionalisierung: Befunde und Perspektiven der Erwachsenenbildungsforschung; Dokumentation der Jahrestagung 2000 der Sektion Erwachsenenbildung der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Ludwig, J. (2008). Die Forschungslandkarte Erwachsenen- und Weiterbildung als neues Steuerungsmedium. *Hessische Blätter für Volksbildung*, 2, 105–113.
- Ludwig, J. (2012). Architektur aus Sicht der Bildungstheorie: Anforderungen an Bildungsräume. In: *DIE Zeitschrift für Erwachsenenbildung*, (3), 26–29.
- Luhmann, N. (1984). *Soziale Systeme* (Bd. 478). Suhrkamp Frankfurt am Main.
- Maas, H., & Rohleder, B. (2016). *Fitness-Tracker und Datenschutz*. Berlin. Abgerufen am 29.11.2017 von <https://www.bitkom.org/Presse/Anhaenge-an-PIs/2016/Bitkom-Charts-PK-Safer-Internet-Day-E-Tracker-und-Datenschutz-09-02-2016-final.pdf>
- Mandl, H., Kopp, B. & Dvorak, S. (2004). Aktuelle theoretische Ansätze und empirische Befunde im Bereich der Lehr-Lern-Forschung. In: *Deutsches Institut für Erwachsenenbildung*. Abgerufen am 29.11.2017 von http://www.die-bonn.de/esprid/dokumente/doc-2004/mandl04_01.pdf.
- Martin, E., Trigwell, K., Prosser, M. & Ramsden, P. (2003). Variation in the experience of leadership of teaching in higher education. In: *Studies in Higher Education*, 28(3), 247–259.
- Mattern, F. & Flörkemeier, C. (2010). Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge. *Informatik-Spektrum*, 33(2), 107–121.
- Maturana, H. & Varela, F. (1987). *Der Baum der Erkenntnis*.

- Mayer-Schönberger, V. & Cukier, K. (2013). *Big Data: die Revolution, die unser Leben verändern wird*. Redline Wirtschaft.
- Mayer-Schönberger, V. & Cukier, K. (2014). *Lernen mit Big Data: Die Zukunft der Bildung*. Redline Wirtschaft.
- Mayring, P. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung* (5. Aufl.). BELTZ.
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. *Handbuch qualitative Forschung in der Psychologie*, 601–613.
- Mehrabian, A. (1987). *Räume des Alltags: wie die Umwelt unser Verhalten bestimmt*. Campus-Verlag.
- Menold, N., Bogner, K. & GESIS-Leibniz Institute For The Social Sciences. (2014). *Gestaltung von Ratingskalen in Fragebögen*. SDM-Survey Guidelines (GESIS Leibniz Institute for the Social Sciences). Abgerufen am 15.09.2016 von https://doi.org/10.15465/sdm-g_015
- Metz-Göckel, S., Kamphans, M. & Scholkmann, A. (2012). Hochschuldidaktische Forschung zur Lehrqualität und Lernwirksamkeit. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(2), 213–232.
- Meuler, E. (1994). Didaktik der Erwachsenenbildung/Weiterbildung als offenes Projekt. In: *Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung* (S. 615–628). Springer.
- Mistele, P. & Trolle, A. (2006). *Zur Konstruktion von Lernräumen in Hochleistungssystemen*. Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft. (o. J.). *Pädagogische Architektur – Ein Kind hat drei Lehrer: Der erste Lehrer sind die anderen Kinder, der zweite Lehrer ist der Lehrer und der dritte Lehrer ist der Raum*. Abgerufen am 29.11.2017 von https://www.montag-stiftungen.de/fileadmin/Redaktion/Jugend_und_Gesellschaft/Bilder/Projekte/P%C3%A4dagogische_Architektur_-_Internetsite_Relaunche/VOE_PaedArch_PPT_DH.pdf
- Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft. (2012). *Schulen planen und bauen. Grundlagen und Prozesse*. Berlin: Jovis.
- Muckel, P. (1996). Selbstreflexivität und Subjektivität im Forschungsprozess. In: *Qualitative Psychologie* (S. 61–78). Springer.
- Mumford, E. (2006). The story of socio-technical design: Reflections on its successes, failures and potential. In: *Information Systems Journal*, 16(4), 317–342.
- Neumann, L. (2014). Politische Lösungen für eine sichere Zukunft der Kommunikation | Heinrich-Böll-Stiftung. Abgerufen am 21.04.2016, von <https://www.boell.de/de/2014/08/06/politische-loesungen-fuer-eine-sichere-zukunft-der-kommunikation>
- North, K. (2002). *Wissensorientierte Unternehmensführung: Wertschöpfung durch Wissen* (3., aktualisierte und erw. Aufl.). Wiesbaden: Gabler.
- Nuissl, E. (2006). Vom Lernen Erwachsener. Empirische Befunde aus unterschiedlichen Disziplinen. In: E. Nuissl (Hrsg.), *Vom Lernen zum Lehren: Lern- und Lehrforschung für die Weiterbildung*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Nuissl, E. (2010). Rezension zu Peter Faulstich, Christine Zeuner: *Erwachsenenbildung – Resultate der Forschung*. In: C. Schiersmann (Hrsg.), *Vertikale und horizontale Durchlässigkeit im System lebenslangen Lernens*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Ohrtmann, J.-P. & Schwiering, S. (2014). Big Data und Datenschutz–Rechtliche Herausforderungen und Lösungsansätze. In: *Neue Juristische Wochenschrift*, 2984.
- Peng, H., Chou, C. & Chun-Yu, C. (2008). From virtual environments to physical environments: Exploring interactivity in ubiquitous-learning systems. In: *Journal of Educational Technology & Society*, 11(2).

- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. In: *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), 52–69.
- Reinmann, G. (2012). *Tablets, Apps und das Internet der Dinge – Der weite Weg von der technischen Invention zur didaktischen Innovation – Vortrag, abgerufen 05.05.2015 von https://webvpn.zih.tu-dresden.de/+CSCO+0h756767633A2F2F746E6F762D657276617A6E61612E7172++/wp-content/uploads/2012/05/Vortrag_Trier_Mai_2012.pdf*
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1998). Lernen in Unternehmen: Von einer gemeinsamen Vision zu einer effektiven Förderung des Lernens. In: P. Dehnbostel (Hrsg.), *Berufliche Bildung im lernenden Unternehmen. Zum Zusammenhang von betrieblicher Reorganisation, neuen Lernkonzepten und Persönlichkeitsentwicklung*. Berlin.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: B. Weidemann & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 601–646). Weinheim: Beltz.
- Robinson, F. P. (1978). *Effective Study* (6. Auflage). New York.
- Rummler, K. (2014). *Lernräume gestalten-Bildungskontexte vielfältig denken*. Waxmann. Abgerufen am 29.11.2017 von <https://www.waxmann.com/fileadmin/media/zusatztexte/3142Volltext.pdf>
- Sauter, W. & Sauter, S. (2013). *Workplace Learning*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Abgerufen am 29.11.2017 von <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-41418-3>
- Schaar, P. (2014). Datenschutz in Zeiten von Big Data. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 51(6), 840–852. Abgerufen am 29.11.2017 von <https://doi.org/10.1365/s40702-014-0086-0>
- Schaller, R. R. (1997). Moore's law: past, present and future. In: *IEEE Spectrum*, 34(6), 52–59., abgerufen am 19.03.2016 von <https://doi.org/10.1109/6.591665>
- Scheele, B., & Groeben, N. (1988). *Dialog-Konsens-Methoden zur Rekonstruktion Subjektiver Theorien: die Heidelberger Struktur-Lege-Technik (SLT), konsuale Ziel-Mittel-Argumentation und kommunikative Flussdiagramm-Beschreibung von Handlungen*. Francke.
- Schiersmann, C., Iller, C. & Remmele, H. (2001). Aktuelle Ergebnisse zur betrieblichen Weiterbildungsforschung. In: H. Siebert, E. Nuissl, & C. Schiersmann (Hrsg.), *REPORT Literatur- und Forschungsreport Weiterbildung*. Abgerufen am 29.11.2017 von https://www.researchgate.net/profile/Gerald_Straka/publication/37927094_Selbstgesteuertes_Lernen_in_der_beruflichen_Weiterbildung_-_ein_Selbstlaeufer/links/55df101b08ae79830bb6ccee.pdf
- Scholz, P. (2006). *Softwareentwicklung eingebetteter Systeme: Grundlagen, Modellierung, Qualitätssicherung*. Springer-Verlag.
- Schön, S. & Döring, N. (Hrsg.). (2011). *Mobile Gemeinschaften: erfolgreiche Beispiele aus den Bereichen Spielen, Lernen und Gesundheit*. Salzburg: Salzburg Research.
- Schrader, J. & Berzbach, F. (2005). Empirische Lernforschung in der Erwachsenenbildung/Weiterbildung. *Deutsches Institut für Erwachsenenbildung*.
- Schreier, M. (2014). Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: *Ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten*. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research. Abgerufen am 29.11.2017 von <https://doi.org/10.17169/fqs-15.1.2043>
- Schulz, A. (Hrsg.). (2009). *Work! best of office design* (2. ed). Salenstein: Braun.

- Schulz, M. (2012). Quick and easy!? Fokusgruppen in der angewandten Sozialwissenschaft. In: M. Schulz, B. Mack, & O. Renn (Hrsg.), *Fokusgruppen in der empirischen Sozialwissenschaft* (S. 9–22). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. Abgerufen am 13.11.2017 von https://doi.org/10.1007/978-3-531-19397-7_1
- Schüssler, I. (2012). Zur (Un-)Möglichkeit einer Wirkungsforschung in der Erwachsenenbildung. Kritische Analysen und empirische Befunde. *REPORT* 35 (3), 53–65.
- Schütze, F. (1983). Biographieforschung und narratives Interview. *neue praxis*, 13(3), 283–293.
- Seel, N. M. (Hrsg.). (2012). *Encyclopedia of the sciences of learning*. New York: Springer.
- SensFloor. (2017). [Homepage] Abgerufen am 21.07.2017 von <https://future-shape.com/>
- Sesink, W. (2007). Raum und Lernen. *Education Permanente. Schweizerische Zeitschrift für Weiterbildung*, 41(1), 16–18.
- Sesink, W. (2014). Überlegungen zur Pädagogik als einer einräumenden Praxis. In: R. Arnold, M. Lermen, & D. Günther (Hrsg.), *Lernarchitekturen und (Online-) Lernräume*.
- Seufert, S., Fandel-Meyer, T., Meier, C., Diesner, I., Fäckeler, S. & Raatz, S. (2013). *Informelles Lernen als Führungsaufgabe: Problemstellung, explorative Fallstudien und Rahmenkonzept*.
- Siebert, H. (2004). Sozialkonstruktivismus: Gesellschaft als Konstruktion. *Onlinejournal für Sozialwissenschaften und ihre Didaktik*, 2(2004), 2004–2.
- Siebert, H. (2006). Lernforschung—ein Rückblick. In: *Literatur- und Forschungsreport Weiterbildung* (S. 9–14). Abgerufen am 29.11.2017 von https://www.die-bonn.de/doks/rep ort06_01.pdf#page=9
- Siemens. (2014a). Internet der Dinge: Fakten und Prognosen. Abgerufen 21.08.2015 von <https://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/digitalisierung-und-software/internet-of-things-fakten-und-prognosen.html>
- Siemens, G. (2014b). Connectivism: A learning theory for the digital age.
- Siemers, C. & Rosenlechner, B. (2011). *Handbuch Embedded Systems Engineering. TU Clausthal, FH Nordhausen*.
- Singh, R. P. (2014). The 70–20–10 Model – Today, Tomorrow and Beyond. Abgerufen 21.09.2017 von <https://elearningindustry.com/the-70-20-10-model-today-tomorrow-and-beyond>
- Specht, M., Ebner, M. & Löcker, C. (2013). Mobiles und ubiquitäres lernen – Technologien und didaktische Aspekte. In: *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien*. Abgerufen am 29.11.2017 von <https://l3t.tugraz.at/index.php/LehrbuchEbner10/article/view/113>
- Spector, J. M. (2014). Conceptualizing the emerging field of smart learning environments. *Smart Learning Environments*, 1(1), 1–10.
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*.
- Stang, R. (2014). Multifunktionalität als Option: Gestaltung von Lern- und Informationsräumen. In: *Formierungen von Wissensräumen: Optionen des Zugangs zu Information und Bildung*. Berlin: De Gruyter (S. 81–93). Abgerufen am 29.11.2017 von <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=tZzoBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA81&dq=%22zum+Lernen+anregen,+wird+so+zu+einer+gro%C3%9Fen+Herausforderung+bei+der+%22nicht+geringem+Ma%C3%9F+davon+ab,+zu+welchen+R%C3%A4umen+und+zu+welchen+darin+%22+nachhaltig.+Und+wenn+man+die+Perspektive+>

- noch+im+Hinblick+auf%22+&ots=dY61N4MuY4&sig=MThiQo8UFckq-TXXDZtWmD62qvs
- Stang, R., Dollhausen, K. & Schuldt, K. (2012). Stichwort: „Erwachsenenbildung und Architektur“. *DIE Zeitschrift für Erwachsenenbildung*, (3), 20–21.
- Stang, R. & Strahl, A. (2016). Flexible Lernraumgestaltung für Studierende: das Learner-Lab der Hochschule der Medien. In: R. Arnold, M. Lermen, & D. Günther (Hrsg.), *Lernarchitekturen und (Online-) Lernräume* (S. 167–184).
- Statista. (2017). Volumen der weltweit generierten Daten 2025. Abgerufen am 20.07.2017 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/267974/umfrage/prognose-zum-weltweit-generierten-datenvolumen/>
- Steelcase (Hrsg.). (2015). Platz schaffen für die Macher im Bildungswesen. In: *360 Magazin*. Steelcase (Hrsg.). (2016a). Intelligente und vernetzte Räume. Das Wohlbefinden der Menschen stärken. In: *360 Magazin: Aktuelle Forschungen, Einblicke und Trends rund um den Arbeitsplatz. Die Renaissance des Büros*.
- Steelcase (Hrsg.). (2016b). Setzen Sie auf Ihre fünf Sinne. In: *360 Magazin: Aktuelle Forschungen, Einblicke und Trends rund um den Arbeitsplatz. Die Renaissance des Büros*.
- Steigleder, S. (2008). Die strukturierende qualitative Inhaltsanalyse im Praxistest. *Eine konstruktiv kritische Studie zur Auswertungsmethodik von Philipp Mayring*. Marburg: Tectum Verlag.
- Steuer, G., Renatus, R., Pfanstiel, J., Keller, I. & Uhlmann, F. (2014). Gestaltung eines individuellen Lernraums. Konzept eines ubiquitären Bildungs- und Informationssystems (Visionen & Konzepte). In: K. Rummler (Hrsg.), *Lernräume gestalten-Bildungskontexte vielfältig denken*. Waxmann. Abgerufen am 29.12.2016 von <https://www.waxmann.com/fileadmin/media/zusatztexte/3142Volltext.pdf>
- Straka, G. (2001). Selbstgesteuertes Lernen in der beruflichen Weiterbildung – ein Selbstläufer? In: H. Siebert, E. Nuissl, & C. Schiersmann (Hrsg.), *REPORT Literatur- und Forschungsreport Weiterbildung*. Abgerufen am 02.16.2015 von https://www.researchgate.net/profile/Gerald_Straka/publication/37927094_Selbstgesteuertes_Lernen_in_der_beruflichen_Weiterbildung_-_ein_Selbstlaeuer/links/55df101b08ae79830bb6ccee.pdf
- The Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. In: *Educational Researcher*, 5–8.
- Trish, A., & Du Toit, L. (2010). Utilising Activity theory and Illuminative Evaluation as a Theoretical Framework for ACTS Learning Space.
- Trochim, S. (2002). Situiertes Lernen in Augmented-Reality-basierten Trainingssystemen am Beispiel der Echokardiographie.
- Uebornickel, F., Brenner, W., Pukall, B., Naef, T. & Schindlholzer, B. (2015). *Design Thinking: das Handbuch* (Erste Auflage). Frankfurt am Main: Frankfurter Allgemeine Buch.
- Uzelac, A., Gligoric, N., & Krco, S. (2015). A comprehensive study of parameters in physical environment that impact students' focus during lecture using Internet of Things. In: *Computers in Human Behavior*, 53, 427–434.
- Wang, F. & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational technology research and development*, 53(4), 5–23.
- Warner, D., Christie, G. & Choy, S. (1998). Readiness of VET clients for flexible delivery including on-line learning. *Brisbane: Australian National Training Authority*.
- Weber, F. & Conrad, N. (2015). *Mind the room! Workplace design predicts responses to negative feedback and interpersonal trust*. Unveröffentlichtes Manuskript.

- Weber, G. (2012). Adaptive Learning Systems. In: N. M. Seel (Hrsg.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Boston, MA: Springer US. Abgerufen am 05.11.2017 von <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6>
- Weber, R. H. (2013). Internet of things – Governance quo vadis? *Computer Law & Security Review*, 29(4), 341–347. Abgerufen am 13.10.2017 von <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2013.05.010>
- Weiser, M. (1991). The Computer for the 21 st Century. *Scientific american*, 265(3), 94–105.
- Weller, K. (2009). Ontologien: Stand und Entwicklung der Semantik für WorldWideWeb. In: M. Schulz, B. Kaden & M. Kindling, (Hrsg.). Humboldt-Universität zu Berlin, abgerufen am 29.04.2017 von <https://doi.org/10.18452/8936>
- Winkler, T., Scharf, F. & Herczeg, M. (2014). Ambiente Lernräume: Lernen mit vernetzten, interaktiven, körper- und raumbezogenen Medien. In: *Informatik-Spektrum*, 37(5), 445–448. Abgerufen am 01.11.2016 von <https://doi.org/10.1007/s00287-014-0817-1>
- Winnicott, D. W. (1974). *Vom Spiel zur Kreativität*. M. Ermann. Stuttgart (Klett-Cotta).
- Winteler, A. & Forster, P. (2008). Lern-Engagement der Studierenden: Indikator für die Qualität und Effektivität von Lehre und Studium. In: *Das Hochschulwesen, HSW*, 56(6), 162–170.
- Wittwer, W. (2001). Aktuelle Ergebnisse zur betrieblichen Weiterbildungsforschung. In: H. Siebert, E. Nuissl & C. Schiersmann (Hrsg.), *In: REPORT Literatur- und Forschungsreport Weiterbildung*. Abgerufen am 05.08.2017 von https://www.researchgate.net/profile/Gerald_Straka/publication/37927094_Selbstgesteuertes_Lernen_in_der_beruflichen_Weiterbildung_-_ein_Selbstlaeufer/links/55df101b08ae79830bb6ccee.pdf
- Witzel, A. (1982). *Verfahren der qualitativen Sozialforschung: Überblick und Alternativen*. Campus-Verlag.
- Wolf, S. (2001). *Wissenschaftstheoretische und fachmethodische Grundlagen der Konstruktion von generischen Referenzmodellen betrieblicher Systeme*. Shaker Verlag, Aachen, Herzogenrath.
- Wong, L.-H. & Looi, C.-K. (2011). What seems do we remove in mobile-assisted seamless learning? A critical review of the literature. In: *Computers & Education*, 57(4), 2364–2381.
- Zeuner, C. & Faulstich, P. (2009). *Erwachsenenbildung – Resultate der Forschung: Entwicklung, Situation und Perspektiven*. Weinheim: Beltz.
- Zhu, Z.-T., Yu, M.-H. & Riezebos, P. (2016). A research framework of smart education. *Smart Learning Environments*, 3(1). Abgerufen am 18.09.2017 von <https://doi.org/10.1186/s40561-016-0026-2>
- Zivadinovic, D. (2007). IPv6: Das Mega-Netz | IPv6 wird Wirklichkeit. In: Heise Online. Abgerufen am 14.03.2016 von <https://www.heise.de/netze/artikel/IPv6-Das-Mega-Netz-221708.html>

Open Access Dieses Buch wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Buch enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

