

Bernadette Dilger ·  
Jennifer Erlemann · Claude Müller ·  
Christian Rapp *Hrsg.*

RESEARCH

# Seamless Learning

Grenz- und kontextübergreifendes  
Lehren und Lernen in der  
Bodenseeregion

OPEN ACCESS

 Springer VS

---

# Seamless Learning

---

Bernadette Dilger · Jennifer Erlemann ·  
Claude Müller · Christian Rapp  
(Hrsg.)

# Seamless Learning

Grenz- und kontextübergreifendes  
Lehren und Lernen in der  
Bodenseeregion

*Hrsg.*

Bernadette Dilger  
IWP- Institut für Wirtschaftspädagogik  
Universität St. Gallen  
St. Gallen, Schweiz

Jennifer Erlemann  
Zentrum für Innovative Didaktik  
ZHAW School of Management and Law  
Winterthur, Zürich, Schweiz

Claude Müller  
Zentrum für Innovative Didaktik  
ZHAW School of Management and Law  
Winterthur, Schweiz

Christian Rapp  
Zentrum für Innovative Didaktik  
ZHAW School of Management and Law  
Winterthur, Schweiz



ISBN 978-3-658-34697-3

ISBN 978-3-658-34698-0 (eBook)

<http://doi.org/10.1007/978-3-658-34698-0>

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) 2022. 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

Diese Publikation entstand im Rahmen des IBH-Labs „Seamless Learning“. Die IBH-Labs sind auf Initiative der Internationalen Bodensee-Hochschule (IBH) und der Internationalen Bodenseekonferenz (IBK) entstanden und werden aus Mitteln des Interreg V-Programms „Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein“ gefördert.



---

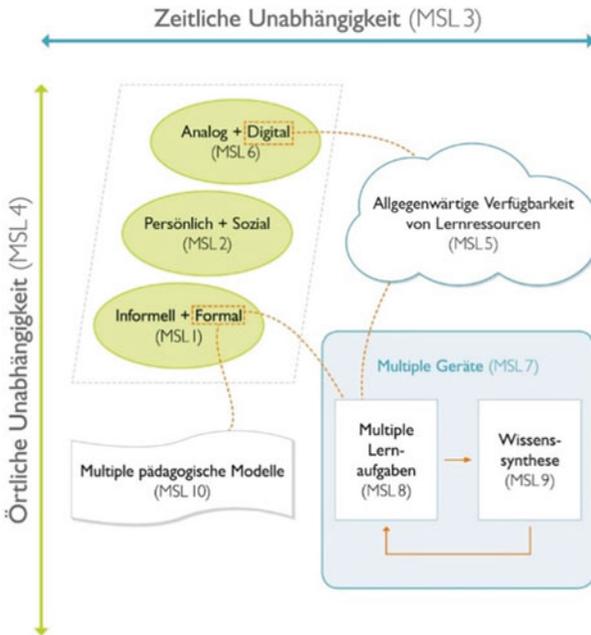
## Editorial<sup>1</sup>

Nicht zuletzt durch, aber besonders mithilfe neuer Technologien kann Lernen beinahe immer und überall und in den verschiedensten Kontexten stattfinden. Dies in formalen, tendenziell eher vorstrukturierten Lehr-/Lernsettings in der Schule, Ausbildung, Hochschule und Weiterbildung, wenn z. B. Vorlesungen mit begleitenden Materialien oder Blended Learning Konzeptionen angereichert werden. Darüber hinaus werden die Möglichkeiten im informellen Kontext zu lernen immer besser verfügbar. Dies durch eine Vielzahl von zugänglichen Ressourcen wie z. B. durch freiverfügbare Texte, Videos, dem Austausch mit anderen Lernern usw. Diese Vielzahl und Optionenfülle kann jedoch zur Fragmentierung von Lernerfahrungen führen – die in verschiedenen Kontexten gemacht werden. Lernerfahrungen werden nicht mehr ausreichend integriert. Diese notwendige Integrationsleistung in und zwischen Lernkontexten betont Sharples: „In order to make sense of different fragments of knowledge, one needs to connect them with each other. There are settings where it is hard to do that, because to understand a certain theme, fragments are needed that are spread out in different contexts.“ (unveröffentlichtes Interview, 2017). Vertreter und Vertreterinnen des erfahrungsbasierten Lernens verweisen stark auf diese Notwendigkeit (exemplarisch Kolb, 2015).

Dem Lernen in verschiedenen Kontexten und zwischen Kontexten, sowie den darin liegenden Chancen und Risiken, widmet sich das Konzept des Seamless Learnings. In seiner ursprünglichen Fassung fragte Kuh (1996) wie man das Lernen im amerikanischen College-Kontext besser mit der Lebenswelt der Studierenden verknüpfen könne z. B. das Hebelgesetz aus der Physik am Fahrrad

---

<sup>1</sup>Die Darstellung des Labs und seines Kontexts basiert auf Dilger et al. (2019b).



**Abb. 1** Zehn Mobile Seamless Learning Dimensionen.  
(Nach Wong, 2015, S. 17)

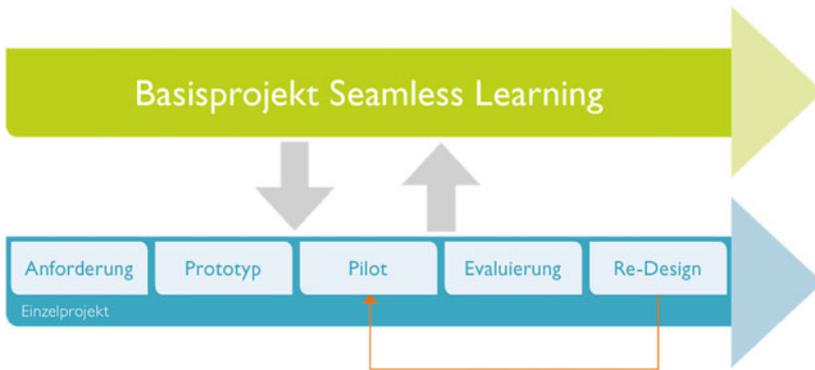
wiederfinden oder in der Natur gemachte Erfahrungen in Biologie wieder aufgreifen kann. Einen starken Schub erfuhr das Konzept durch die zunehmende Verbreitung, die Leistungssteigerung bei mobilen internetfähigen Endgeräten und den preiswerteren, flächendeckenden Internetzugang (Wong, 2015). In einer für Seamless Learning wegweisenden Publikation synthetisierten Wong und Looi (2011) aus der existierenden Literatur zehn typische Bruchstellen (siehe Abb. 1), prägten den Begriff der „Mobile Seamless Learning“ (MSL) Dimensionen und lieferten eine Definition von Seamless Learning: „Seamless learning is when a person experiences a continuity of learning, *and consciously bridges the multifaceted learning efforts*, across a combination of locations, times, technologies or social settings“ (Hervorhebung im Original) (Wong, 2015, S. 10). In zwei Sammelbänden (Wong et al., 2015; Looi et al., 2019) wurde das Konzept sowohl theoretisch weiterentwickelt als auch eine Vielzahl von Projekten in Fallstudien vorgestellt und reflektiert.

Seamless Learning wurde für ein vierjähriges Projekt an Hochschulen, in der Weiterbildung sowie in der Berufsschule in das Zentrum gestellt. Das Projekt (2017–2020) wurde im Rahmen des IBH-Labs „Seamless Learning“ gefördert und stellt wohl das bis dato größte Seamless Learning Projekt im deutschsprachigen Raum dar. Die IBH-Labs sind auf Initiative der Internationalen Bodensee-Hochschule (IBH) und der Internationalen Bodenseekonferenz (IBK) entstanden und werden aus Mitteln des Interreg V-Programms „Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein“ gefördert. Im Lab arbeiten verschiedene Hochschulen und Praxispartner/innen (insbesondere Unternehmen aus der Region) zusammen, um Brüche in den Lehr-/Lernprozessen in der Laufbahn von Lernenden zu überwinden.

Im Verständnis des Seamless Learning Labs (<https://seamless-learning.eu>) ist ein bewusster Umgang mit den Brüchen in Lehr- und Lernprozessen sowohl aus Sicht der Dozierenden an den Hochschulen als auch der Studierenden ein Weg, um Lernprozesse in ihrer Effektivität und Effizienz weiterzuentwickeln. Brüche werden nicht per se als problematisch gesehen, sondern stellen immer auch eine Lernchance dar. Nur ein expliziter Umgang mit den Wechseln von Kontexten hilft jedoch einer Fragmentierung von Lernerfahrungen vorzubeugen. Das bewusste Aufgreifen und Ausgestalten von den Übergängen und den Verbindungen zwischen verschiedenen Lernkontexten stellt den Zugang dazu dar. Deshalb wurde im Rahmen des Projektes auch die konzeptionelle Weiterentwicklung des Seamless Learning Ansatzes zu einem „Seamaware Learning“ (siehe Dilger et al., 2019a) vorgenommen. Das interdisziplinäre Seamless Learning Lab schafft ein Netzwerk für die Entwicklung, Erprobung und Evaluation von Seamless Learning Konzeptionen und für die empirische und konzeptionelle Weiterentwicklung von Seamless Learning. Im Lab wird der Design Based Research (DBR) Ansatz für die parallele Entwicklung von Praxislösungen und wissenschaftlichen Erkenntnissen genutzt (Brown, 1992; Euler, 2014). Ein Basisprojekt begleitet die Einzelprojekte bei der Konzeption, Implementation und Evaluation ihrer Seamless Learning Konzeptionen in spezifischen Lernkontexten (siehe Abb. 2).

Die Arbeit in den Entwicklungsprojekten wird in verschiedene Phasen aufgliedert:

- Anforderungen für die Entwicklung einer Seamless Learning Konzeptionen: In dieser Phase werden die zentralen Brüche (Seams) und der Entwicklungsbedarf identifiziert.



**Abb. 2** Grundlegender Arbeitsprozess im Seamless Learning Lab

- Entwicklung eines Prototyps: Auf der Basis der Anforderungen wird eine möglichst breite Ideensammlung vorgenommen und eine kreative Umsetzung von didaktischen Gestaltungsprinzipien aufgenommen.
- Pilotierung der Konzeption: In der ersten Pilotierung wird die Konzeption in der Lehre eingesetzt und die damit gewonnenen Erfahrungen werden gesammelt.
- Evaluierung der ersten Umsetzung.
- Überarbeitung und Veränderung des Designs aufgrund der Evaluationsergebnisse (Re-Design). Zweite Erprobung: In der zweiten Erprobungsphase wird das überarbeitete Konzept implementiert und die Erfahrungen wiederum systematisch aufgenommen.
- Evaluierung der zweiten Umsetzung: Analog zur ersten Evaluierung.
- Reflexion und Analyse: In der finalen Reflexionsphase werden die gemachten Erfahrungen systematisiert und auf grundlegende Gestaltungsprinzipien verdichtet.

Dieser systematisch aufgebaute Prozess hat das Ziel, möglichst wirksame didaktische Einzelkonzeptionen zu entwickeln. Diese werden in diesem Sammelband vorgestellt. Darüber hinaus werden die darin als Gestaltungsprinzipien wirksamen Zusammenhänge zwischen Brüchen – didaktischen Leitprinzipien und eingesetzten Werkzeugen – als Muster identifiziert, die als „Good Practices“ dienen können. Die theoretische und praktische Auseinandersetzung, Weiterentwicklung und Verbreitung des Seamless Learning Konzept fand u. a. im Rahmen von

Workshops, Konferenzen und Publikationen statt (2019er Higher and Professional Education Forum, „Flexibles Lernen an Hochschulen gestalten“ <https://hpe-forum.sml.zhaw.ch/> siehe zugehöriges Sonderheft ZFHE <https://zfhe.at/index.php/zfhe/issue/view/63>; 2020er Tagung der Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft e. V. „Seamless Learning – lebenslanges durchgängiges Lernen ermöglichen“ <https://gmw2020.ch/> siehe auch Tagungsband <https://gmw2020.ch/>).

Der skizzierte Design Based Research Ansatz zur Beratung der Einzelprojekte durch das Basisprojekt war ressourcenintensiv. Die erarbeiteten Prozessschritte sowie die genutzten Arbeitsmaterialien und Erfahrungen aus Beratungen wurden im Basisprojekt zu einem technologiegestützten Beratungskonzept aufbereitet. Diese Plattform hilft sowohl bei der Sichtung bestehender Seamless Learning Konzepte, der Dokumentation von bestehenden Konzepten und v. a. der technologiegestützten Entwicklung neuer Seamless Learning Konzeptionen. Durch die integrierten Communityfunktionen trägt es zur Dissemination und zum Transfer der im Lab erarbeiteten Ergebnisse bei. Die Beschreibung des technologiegestützten Beratungsansatzes findet sich in Kap. 1 des Bandes.

Die Beiträge in diesem Sammelband dokumentieren den Prozess und die Ergebnisse der einzelnen Entwicklungsprojekte und des Basisprojekts des IBH-Labs „Seamless Learning“ und werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Das *Basisprojekt* legte die wissenschaftlich-konzeptionelle Grundlage zu Seamless Learning (Dilger et al., 2019a) und unterstützte die sieben Entwicklungsprojekte in der didaktisch-konzeptionellen und technischen Entwicklung mithilfe eines Design-Based-Research-Ansatzes (Dilger et al., 2019b). Anforderungen wurden in Workshops gemeinsam analysiert, didaktische Prototypen entwickelt, erprobt und evaluiert. Im ersten Beitrag von Rapp et al. wird aufgezeigt, wie auf Basis der gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse ein toolbasierter Beratungsansatz für Seamless Learning Konzeptionen entwickelt wurde und diesbezügliche Verwendungsoptionen werden vorgestellt und diskutiert.

Die folgenden sechs Beiträge zeigen die Umsetzung von Seamless Learning in unterschiedlichen Wissensdomänen exemplarisch auf. Zu den Entwicklungsprojekten werden jeweils die Ausgangslage geschildert, die konzeptionelle Umsetzung von Seamless Learning im Anwendungsfeld dargelegt und die aus der Evaluation gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse diskutiert.

Im Projekt *MoSeL* wurde Seamless Learning zur Nutzung der Simulation dynamischer Systeme für eine (nachhaltige) Entscheidungsfindung umgesetzt. Modellieren und Visualisieren sind wichtige Kompetenzen für die erfolgreiche Gestaltung von Arbeits-, Entwicklungs- und Entscheidungsprozessen. Im Beitrag von Pickhard et al. wird ein für alle Bildungsbereiche entwickelter Modellierungs-

und Simulationsprozess sowie eine Konzeption für einen durchgängigen Kompetenzaufbau vom Modellieren und Visualisieren im Bildungsverlauf auf Basis von Seamless Learning und narratives Verstehen dargelegt und eines von sechs entwickelten Lernobjekten vorgestellt und diskutiert.

Im Beitrag des Projektes *Agiles Projektmanagement* von Mueller et al. wird der Projekt-Im-Projekt-Ansatz (PIPE) zur Überwindung der Brüche zwischen Theorie und Praxis sowie Hochschule und Beruf beschrieben, damit individuelle Lernerfolge und Kompetenzen der Studierenden optimiert werden können. Neben dem didaktischen Gesamtkonzept einer agil inkrementellen Vorgehensweise mit Fokussierung auf verteilte Kommunikation und Kollaboration werden im Beitrag auch die Evaluationsergebnisse des langjährig praktizierten PIPE-Ansatzes an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung in Konstanz präsentiert.

Im Projekt *Wellen* wurden verschiedene Computersimulationen im Physikunterricht eingesetzt. Im Sinne des Seamless Learning Ansatzes wurden die Studierenden dabei unterstützt, Alltagserfahrungen mit der physikalisch-abstrakten Darstellung in Verbindung zu bringen. Die Wellenphänomene, auf die sich das Projekt fokussiert hat, haben eine örtliche und eine zeitliche Dimension. Die attraktiven Lerneinheiten, die in diesem Projekt erarbeitet wurden, nutzen dies aus und laden die Studierenden zu einer Interaktion mit der virtuellen Realität ein. Die Softwarewerkzeuge werden im Beitrag von Witzig et. al. beschrieben und haben ein großes Potenzial für den Einsatz im orts- und zeitunabhängigen Lernen. Thematisch knüpft der Unterricht an vorhergehende Veranstaltungen an und schlägt eine Brücke auf die spätere Verwendung des Stoffes – zwei natürliche Nahtstellen, die im Seamless Learning Kontext herausgearbeitet wurden.

Im Projekt *CMAN* wurde auf Basis von Seamless Learning ein interaktives Lernobjekt zum Thema Crowdmanagement entwickelt, in dem Tool-unterstützt die Bewegung und Lenkung von Personenströmen simuliert und gelernt werden kann. Im Beitrag von Axthelm et al. wird die Konzeption sowie die Software vorgestellt und diskutiert.

Im Projekt *BiLeSA* wurden Seamless Learning Methoden angewendet, um das Thema Differentiation und ihre Anwendungsrelevanz für Grundlagenunterricht in der Mathematik sichtbar zu verzahnen. Eine passend entwickelte Smartphone-App unterstützt die Umsetzung des didaktischen Konzepts. Der Beitrag von Axthelm stellt ein Schema vor, das sich sowohl von Lernenden als auch von Lehrenden im Detail individuell gestalten lässt.

Das Projekt *Sweetlana* greift den Seamless Ansatz als Basis für Seamless Writing auf. Der Beitrag von Rapp et al. beschreibt anhand des „Thesis Writers“, wie digitale Schreibsoftware das Schreiben von Abschlussarbeiten verändern kann. Es wird dargelegt, wie Teilfunktionen mittels Design-Based-Research-Methode

in Bezug auf ihre Nutzung untersucht werden, um Entscheidungen über die Weiterentwicklung treffen zu können.

Die Aktivitäten, die in den Teilprojekten aufgenommen worden sind, wären nicht möglich gewesen ohne die Förderung der IHB in Form von zusätzlichen Ressourcen für Entwicklungsstunden, Materialienentwicklung, Durchführung mit erhöhter Betreuung sowie systematischem Evaluationsaufwand. Ebenso konnten darüber die Ressourcen erschlossen werden, die für die wissenschaftliche Begleitung im Basisprojekt notwendig waren. Dafür gilt unser Dank den Fördernden der Internationalen Bodenseehochschule. Unser besonderer Dank gilt jedoch insbesondere den Schülerinnen und Schülern, den Studierenden in verschiedenen Studiengängen sowie Teilnehmenden von Workshops in der Weiterbildung. Durch ihre Bereitschaft und ihre Offenheit, uns über ihre Erfahrungen zu berichten, konnten die Seams expliziter in die Gestaltung aufgenommen werden und insbesondere die entwickelten Konzeptionen überarbeitet werden. Sie, die Lernenden und ihre Lernprozesse, sind die Adressaten, denen die Entwicklungsarbeit im Seamless Learning Lab vorrangig galt.

Mit den einzelnen Entwicklungsprojekten sowie dem dargestellten Beratungsansatz wollen die Autorinnen und Autoren dieses Sammelbandes das Verständnis von Seamless Learning „leben“. Lernen findet in Kontexten statt. Es gilt diese Kontexte möglichst lernförderlich zu gestalten und dabei von den Übergängen oder Brüchen zwischen Kontexten in der Gestaltung von Lehr-/Lernkonzeptionen auszugehen. Die Fragen nach den Voraussetzungen, die in ein spezifisches Lehr-/Lernsetting mitgebracht werden und die Verbindungen, insbesondere der Transfer zu zukünftigen Anwendungsfeldern wird konstitutiv. Der Blick auf die Grenzen der einzelnen Lehr-/Lernkontexte und deren Verbindung wird zum Ausgangspunkt der didaktischen Konzeption.

## Literatur

Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Science*, 2, 141–178.

Euler, D. (2014). Design research – A paradigm under development. In D. Euler & P. Sloane (Hrsg.), *Design-based research* (S. 15–44). Steiner. <https://www.alexandria.unisg.ch/232672/>.

Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2nd Aufl.). Pearson Education.

Kuh, G. D. (1996). Guiding principles for creating seamless learning environments for undergraduates. *Journal of College Student Development*, 37(2), 135–148.

Dilger, B., Gommers, L., & Rapp, C. (2019a). The learning problems behind the seams in seamless learning. In C.-K. Looi, L.-H. Wong, C. Glahn, & S. Cai (Hrsg.), *Seamless learning: Perspectives, challenges and opportunities* (S. 29–52). Springer.

Dilger, B., Gommers, L., Rapp, C., Trippel, M., Butz, A., Huff, S., Mueller, R., & Schimkat, R. (2019b). Seamless Learning als Ansatz zum Umgang mit flexiblem Lehren und Lernen – Erfahrungsbericht aus dem Seamless Learning Lab. *Flexibles Lernen an Hochschulen gestalten, Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 14(3), 361–376. <https://doi.org/10.3217/zfhe-14-03/21>.

Looi, C.-K., Wong, L.-H., Glahn, C., & Cai, S. (Hrsg.). (2019). *Seamless learning: Perspectives, challenges and opportunities*. Springer.

Wong, L.-H. (2015). A brief history of mobile seamless learning. In L. H. Wong, M. Milrad, & M. Specht (Hrsg.), *Seamless learning in the age of mobile connectivity* (S. 3–40). Springer.

Wong, L.-H., & Looi, C.-K. (2011). What seams do we remove in mobile-assisted seamless learning? A critical review of the literature. *Computers & Education*, 57(4), 2364–2381.

Wong, L. H., Milrad, M., & Specht, M. (Hrsg.). (2015). *Seamless learning in the age of mobile connectivity*. Springer.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Hinführung und Rahmenbedingungen für die Entwicklung eines toolbasierten Beratungsansatzes für Seamless Learning Konzeptionen</b> .....	<b>1</b>
	Christian Rapp, Bernadette Dilger, Luci Gommers, Andreas Butz, Simon Huff, Michael Lang, Rainer Mueller und R.-D. Schimkat	
<b>2</b>	<b>Modellieren, Visualisieren und die Simulation dynamischer Systeme als Seamless Learning – Ein Beitrag zu diesem Prozess aus der Praxis am Beispiel eines Mathematikmoduls</b> .....	<b>35</b>
	Carola Pickhardt, Hans U. Fuchs, Elisabeth Dumont, Katrin Hügel und Andreas Witzig	
<b>3</b>	<b>Projekt im Projekt: Agiles Vorgehen, Kommunizieren und Lernen</b> .....	<b>65</b>
	Rainer Mueller, Ralf-Dieter Schimkat, Simon Huff und Michael Lang	
<b>4</b>	<b>Einzelprojekt „Wellen“</b> .....	<b>93</b>
	Andreas Witzig	
<b>5</b>	<b>Crowd Management in der Lehre</b> .....	<b>123</b>
	Rebekka Axthelm, Stefan Luppold und Marcus Moroff	
<b>6</b>	<b>BiLeSA: Mathematik mit digitalen Bildern sichtbar machen</b> .....	<b>133</b>
	Rebekka Axthelm	
<b>7</b>	<b>Thesis Writer: Digitale Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten, Schreiben und Denken</b> .....	<b>147</b>
	Christian Rapp, Otto Kruse und Jakob Ott	

---

# Herausgeber- und Autorenverzeichnis

---

## Über die Herausgeber

**Prof. Dr. Bernadette Dilger** ist Professorin für Wirtschaftspädagogik an der Universität St. Gallen, Schweiz und leitet das Institut für Wirtschaftspädagogik (HSG IWP). Sie ko-verantwortet die Ausbildung der Studierenden in der Lehrbildung für Wirtschaft & Recht, Sek II. Sie hat die akademische Leitung des Hochschuldidaktischen Zentrums der Universität St. Gallen inne und ist die Delegierte des Rektorats für Qualitätsentwicklung (inkludiert Evaluation und Akkreditierungsprozesse). Im Kontext von „Seamless Learning“ entwickelt sie gemeinsam mit Projektpartnern die weitergehende konzeptionelle Basis und eine stärkere lerntheoretische Fundierung des Konzepts, sowie einen technologiegestützten Beratungsansatz zu didaktischen Seamless Learning Mustern.

**Jennifer Erlemann, M.Sc**, studierte Medieninformatik an der Beuth Hochschule für Technik in Berlin. Seit 2007 ist das Kerngebiet ihrer Arbeit die Konzeption und Entwicklung von computergestützten Lehr- und Lernumgebungen am Zentrum für Innovative Didaktik der ZHAW.

**Prof. Dr. Claude Müller** studierte Betriebswirtschaft (lic.oec.publ.) und Geographie (dipl.geogr.) an den Universitäten Zürich und Lausanne und absolvierte die diesbezüglichen Ausbildungen zur Lehrbefähigung (Höheres Lehramt). Im Jahre 2007 schloss er seine Dissertation in Pädagogik (Dr. phil.) zum Thema Problem-based Learning ab. Er unterrichtete an Berufs- und Mittelschulen und war als Dozent im Bereich Hochschuldidaktik an verschiedenen Hochschulen tätig. Seit 2013 leitet er das Zentrum für Innovative Didaktik an der ZHAW.

**Dr. Christian Rapp** ist Dozent und leitet das Educational Technology Team am Zentrum Innovative Didaktik der ZHAW. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich Seamless Learning und der Digitalisierung des wissenschaftlichen Schreibens. Er hat mehr Forschungsprojekte in diesen Bereichen koordiniert und ist Fellow der Digitalisierungsinitiative der Zürcher Hochschulen.

---

## **Autorenverzeichnis**

**Prof. Dr. Rebekka Axthelm** ist Professorin für Mathematik an der Hochschule Konstanz für Technik, Wirtschaft und Gestaltung. Sie lehrt Mathematik in der Fakultät Informatik in Bachelor- und Masterstudiengängen. Ihr Forschungsgebiet "Modellbildung und Simulation" beinhaltet praxisnahe Themen und motiviert sie stets, die Anwendungsrelevanz der Mathematik auch für Nichtmathematiker deutlich zu machen. Die Lehre in der Informatik begünstigt ein Verknüpfen von Lehre und Forschung.

**Dr. Andreas Butz** leitet am Zentrum für Innovative Didaktik der ZHAW School of Management and Law in Winterthur den Bereich Competency-based Teaching & Assessment. Er studierte Wirtschaftspädagogik an der Universität Konstanz und promovierte an der Universität Zürich. An der ZHAW unterrichtet er in den Modulen «Einführung in die Betriebswirtschaftslehre» und «BWL Skills». Daneben ist er in der Weiterbildung in mehreren Programmen für das wissenschaftliche Arbeiten verantwortlich, unterrichtet im CAS Higher & Professional Education und berät Lehrpersonen in didaktischen und methodischen Fragen.

**Prof. Dr. Bernadette Dilger** ist Professorin für Wirtschaftspädagogik an der Universität St. Gallen, Schweiz und leitet das Institut für Wirtschaftspädagogik (HSG IWP). Sie ko-verantwortet die Ausbildung der Studierenden in der Lehre für Wirtschaft & Recht, Sek II. Sie hat die akademische Leitung des Hochschuldidaktischen Zentrums der Universität St. Gallen inne und ist die Delegierte des Rektorats für Qualitätsentwicklung (inkludiert Evaluation und Akkreditierungsprozesse). Im Kontext von „Seamless Learning“ entwickelt sie gemeinsam mit Projektpartnern die weitergehende konzeptionelle Basis und eine stärkere lerntheoretische Fundierung des Konzepts, sowie einen technologiegestützten Beratungsansatz zu didaktischen Seamless Learning Mustern.

**Hans Fuchs** hat mehr als 30 Jahre lang Physik und Modellierung Dynamischer Systeme in Ingenieur-Studiengängen unterrichtet. Er hat insbesondere in der

Thermodynamik und der Solartechnik gearbeitet und macht seit gut 15 Jahren Forschung und Entwicklung zu Fragen der Kognition (speziell kognitive Linguistik und Narratologie) im Bereich der physikalischen Naturwissenschaften.

**Luci Gommers** arbeitet als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Wirtschaftspädagogik an der Universität St. Gallen, wo sie sich in den letzten Jahren mit der Forschung und Entwicklung der Hochschullehre beschäftigt hat. Sie hat ihre Doktorarbeit im Kontext des Projekts zum Thema Seamless Learning geschrieben und fokussierte sich dabei insbesondere auf die Studierendenperspektive. Zudem erforschte sie wie Studierenden in die Gestaltung von kontextübergreifenden Lehr- Lernprozesse einbezogen werden können.

**Simon Huff** befindet sich aktuell im Masterstudium Informatik (Schwerpunkt IT-Management) an der HTWG in Konstanz. Darüber hinaus ist er als akademischer Mitarbeiter im Projekt “Seamless Learning – Grenz- und kontextübergreifendes Lehren und Lernen in der Bodenseeregion” bei der Umsetzung des Basisprojekts tätig.

**Prof. Dr. Otto Kruse** promovierte und habilitierte in Psychologie an der Technischen Universität Berlin. Er war lange Zeit als klinischer Psychologe tätig sowie als Professor für Psychologie der sozialen Arbeit und zuletzt als Professor am Departement Angewandte Linguistik der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften. Dort leitete er das Centre for Academic Writing und entwickelte die Schreibplattform Thesis Writer zusammen mit Christian Rapp. Seine Forschungsschwerpunkte: Didaktik des wissenschaftlichen Schreibens, Digitalisierung des Schreibens, kritisches Denken.

**Michael Lang** befindet sich aktuell im Masterstudium Informatik (Schwerpunkt Software Engineering) an der HTWG in Konstanz. Darüber hinaus ist er als akademischer Mitarbeiter im Projekt “Seamless Learning – Grenz- und kontextübergreifendes Lehren und Lernen in der Bodenseeregion” bei der Umsetzung des Basisprojekts tätig.

**Prof. Stefan Luppold**, Studiengangsleiter „Messe-, Kongress- und Eventmanagement“ an der DHBW (Duale Hochschule Baden-Württemberg) in Ravensburg, Herausgeber und Autor verschiedener Fachbücher und Fachbeiträge.

**Marcus Moroff**, Geschäftsführer derPerEx GmbH ([www.perex.biz](http://www.perex.biz)), ist Praktiker und einer der erfolgreichsten und erfahrensten Sicherheits-Experten für Veranstaltungen. Er berät ganzheitlich und lehrt u.a. an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) in Ravensburg.

**Prof. Dr. Rainer Mueller** ist Professor an der Fakultät Informatik der HTWG in Konstanz. Sein Forschungsschwerpunkt umfasst die Kommunikation und Kollaboration in Prozessen und Projekten (KP2), wobei Technologien, Konzepte, Architekturen auf unterschiedlichen Kommunikationsebenen untersucht und entwickelt werden. Ein weiterer Schwerpunkt sind hochskalierbare, verteilte, autonome und selbstlernende Systeme. Darüber hinaus ist er Partner des Konstanzer Institutes für Prozesssteuerung (KIPS). Im Bereich des Projektes “Seamless Learning – Grenz- und kontextübergreifendes Lehren und Lernen in der Bodenseeregion” untersucht er, neben der Arbeit für das Basisprojekt, inwieweit sich Methoden und Praktiken agiler Vorgehensmodelle in der IT für andere Industriezweige im Projekt “Agiles Projektmanagement” eignen.

**Marcus Moroff**, Geschäftsführer der PerEx GmbH ([www.perex.biz](http://www.perex.biz)), ist Praktiker und einer der erfolgreichsten und erfahrensten Sicherheits-Experten für Veranstaltungen. Er berät ganzheitlich und lehrt u.a. an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) in Ravensburg.

**Prof. Dr. Carola Pickhardt** ist Professorin für ingenieurs- und naturwissenschaftliche Grundlagenfächer mit Propädeutik an der HAW Albstadt-Sigmaringen. Mit dem Sigmaringer Mathematik-Programm SIGma-P hat sie den Wandel von einer inhaltsbezogenen zu einer kompetenzorientierten Mathematiklehre an der Hochschule gestaltet und eine Konzeption für diesen Wandel vorgestellt. Darüber hinaus gilt ihr Interesse der MINT-Bildung. Mit der Initiative Sigmaringer MINTCycle ermöglichen sie Schülerinnen und Schülern das naturwissenschaftliche Arbeiten gemeinsam mit Studierenden. Stationen ihrer wissenschaftlichen Ausbildung sind die Gesamthochschule Universität Kassel (Chemiestudium), das Forschungszentrum Jülich (Anfertigung der Dissertation im Bereich der anorganischen Massenspektrometrie) und die Johannes Gutenberg-Universität Mainz (Promotion).

**Jakob Ott** ist Fullstack-Softwarearchitekt und -entwickler im Zentrum für Innovative Didaktik der ZHAW. Er verfügt über insgesamt 25 Jahre Erfahrung in der Software-Entwicklung bei Unternehmen und an der ZHAW mit Fokus auf E-Learning-Projekte

**Dr. Christian Rapp** ist Dozent und leitet das Educational Technology Team am Zentrum Innovative Didaktik der ZHAW. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich Seamless Learning und der Digitalisierung des wissenschaftlichen Schreibens. Er hat mehrere Forschungsprojekte in diesen Bereichen koordiniert und ist Fellow der Digitalisierungsinitiative der Zürcher Hochschulen.

**Prof. Dr. Ralf-Dieter Schimkat** ist Professor an der Fakultät Informatik der HTWG in Konstanz. Sein Schwerpunkt sowohl in der Lehre wie auch der Forschung ist das Software Engineering, dabei insbesondere die agile Softwareentwicklung mit Scrum und Kanban. Im Bereich des Projektes “Seamless Learning – Grenz- und kontextübergreifendes Lehren und Lernen in der Bodenseeregion” untersucht er, neben der Arbeit für das Basisprojekt, inwieweit sich Methoden und Praktiken agiler Vorgehensmodelle in der IT für andere Industriezweige im Projekt “Agiles Projektmanagement” eignen.

**Prof. Dr. Andreas Witzig** ist Leiter des Institute of Computational Physics (ICP) an der ZHAW. Er ist Gründer der Firma Vela Solaris und war rund 10 Jahre deren Geschäftsführer. Die Firma erstellt Software zur Simulation von dezentralen Energiesystemen und unterstützt die Baubranche darin, die digital unterstützte Planung und das Building Information Modeling (BIM) voranzutreiben. Andreas Witzig hat an der ETH Zürich studiert und im Bereich der Simulation von Halbleiterstrukturen und Optoelektronik promoviert, war als wissenschaftlicher Gast an der University of California Santa Barbara und hat in den Firmen ISE Integrated Systems Engineering und Synopsys einige Jahre Industrieerfahrung gesammelt. Im Didaktik-Kontext interessiert sich Andreas Witzig speziell dafür, im Physikunterricht die Studierenden mit virtuellen und realen Experimenten zu aktivieren. Er setzt dabei moderne Simulationstechnik ein und nutzt gleichermaßen mit viel Engagement die Hardware-Experimente der Physik-Sammlung der ZHAW.



# Hinführung und Rahmenbedingungen für die Entwicklung eines toolbasierten Beratungsansatzes für Seamless Learning Konzeptionen

Christian Rapp, Bernadette Dilger, Luci Gommers, Andreas Butz, Simon Huff, Michael Lang, Rainer Mueller und R.-D. Schimkat

Im Rahmen des Basisprojekts des IBH-Labs „Seamless Learning“ wurden verschiedene einzelne Entwicklungsprojekte zur Gestaltung, Implementation und

---

C. Rapp (✉) · A. Butz

Zentrum für Innovative Didaktik, ZHAW School of Management and Law, Winterthur, Schweiz

E-Mail: [rapp@zhaw.ch](mailto:rapp@zhaw.ch)

A. Butz

E-Mail: [butz@zhaw.ch](mailto:butz@zhaw.ch)

B. Dilger · L. Gommers

IWP - Institut für Wirtschaftspädagogik, Universität St. Gallen, St. Gallen, Schweiz

E-Mail: [bernadette.dilger@unisg.ch](mailto:bernadette.dilger@unisg.ch)

L. Gommers

E-Mail: [luci.gommers@unisg.ch](mailto:luci.gommers@unisg.ch)

S. Huff · M. Lang · R. Mueller · R.-D. Schimkat

Fakultät Informatik, HTWG Hochschule Konstanz – Technik, Wirtschaft und Gestaltung, Konstanz, Deutschland

E-Mail: [simon.huff@htwg-konstanz.de](mailto:simon.huff@htwg-konstanz.de)

M. Lang

E-Mail: [michael.lang@htwg-konstanz.de](mailto:michael.lang@htwg-konstanz.de)

R. Mueller

E-Mail: [rainer.mueller@htwg-konstanz.de](mailto:rainer.mueller@htwg-konstanz.de)

R.-D. Schimkat

E-Mail: [ralf.schimkat@htwg-konstanz.de](mailto:ralf.schimkat@htwg-konstanz.de)

Evaluation von Seamless Learning Konzeptionen begleitet (Dilger et al., 2019b). Dies geschah in verschiedenen Verbänden von Hochschulen und Unternehmen im Bodenseeraum. Das Basisprojekt hatte mehrere Ziele. Das erste Ziel war die konzeptionelle Schärfung des Konzepts „Seamless Learning“ und dessen Nutzbarmachung für die weitere Entwicklung von hochschulischen Unterrichtsszenarien. Die Konzeptionen helfen, fragmentierte Lernerfahrungen für Lernende stärker zu integrieren. Ein weiteres Ziel bestand in der konkreten Unterstützung der Entwicklungsprozesse der einzelnen Unterrichtsszenarien. Hierfür wurden Materialien bereitgestellt, eine Workshop-Reihe implementiert sowie Beratungsgespräche durchgeführt. Als weiteres Ziel wurde die Erforschung von Seamless Learning Konzeptionen und die Gewinnung von empirisch erprobten Gestaltungsprinzipien verfolgt. Als eine praktische Zusammenführung dieser verschiedenen Zielsetzungen und der durchgeführten Aufgaben wurde ein toolbasierter Beratungsansatz als konkretes Handlungsziel im Basisprojekt verfolgt. Mit diesem Ansatz sollen, auf die gewonnenen Erfahrungen aufbauend, die weiteren Entwicklungsarbeiten zu Seamless Learning Konzeptionen an Hochschulen unterstützt werden. Erfahrungen und Entwicklungsergebnisse aus dem Begleitprojekt wurden kritisch reflektiert und in Form des toolbasierten Beratungsansatzes für einen weiteren Nutzerkreis webbasiert aufbereitet.

---

## 1.1 Funktionen eines toolbasierten Beratungsansatzes im Seamless Learning Basisprojekt

Mit der Entwicklung eines toolbasierten Beratungsansatzes werden verschiedene Funktionen verbunden:

- Als erstes ist der toolbasierte Beratungsansatz ein Zugang, der die Erfahrungen und Aktivitäten während der Projektlaufzeit in verschiedenen einzelnen Entwicklungsprojekten bündelt und hieraus die zentralen Merkmale und Prozesse für die Arbeit in Seamless Learning Konzeptionen zieht. Im toolbasierten Beratungsansatz kristallisieren sich die zentralen Punkte der Arbeit und der Arbeitsweise im gesamten IBH-Lab Seamless Learning inhaltlich heraus. Zu den wichtigsten Punkten zählen dabei die Beschäftigung mit den Problemen, die entstehen, wenn Lernerfahrungen in fragmentierten Lernepisoden bei Lernenden aufgenommen werden. Diese Probleme entstehen an den Brüchen in und zwischen Lernerfahrungen. Brüche entstehen überall dort, wo in verschiedenen, nicht aufeinander bezogenen Kontexten Wissen erworben wird und dies

nicht miteinander verbunden werden kann (wie typischerweise bei den Lernerfahrungen, die als bruchstückhaft zwischen Theorie und Praxis wahrgenommen werden).

- Ein zweiter zentraler Punkt ist die Auseinandersetzung mit verschiedenen didaktischen Prinzipien, die leitend für die Gestaltung der didaktischen Konzeption in Seamless Learning sind. Solche didaktischen Prinzipien können als eine Art „Leitplanke“ für die Herangehensweise in der Entwicklung des Kurses gesehen werden. In den einzelnen Entwicklungsprojekten wurden verschiedene solcher didaktischen Prinzipien (wie z. B. erfahrungsbasiertes Lernen, problembasiertes Lernen, forschungs- und gestaltungsorientiertes Lernen) genutzt, um die Gestaltung der Lernangebote, welche die verschiedenen Brüche zu überwinden helfen, zu unterstützen.
- Die dritte zentrale Funktion ist die Unterstützung und Ermöglichung von Seamless Learning Konzeptionen durch die integrative Nutzung von digitalen Tools in Lehr- und Lernprozessen. Diese verschiedenen technologiebasierten Tools helfen, spezifische Funktionen im Lehr- und Lernprozess zu unterstützen und anzureichern. So stellen z. B. Simulationen eine Möglichkeit dar, authentische Tätigkeiten in einem „Modellraum“ erfahrbar zu machen. Die technologiebasierten Tools wurden dabei einerseits in ihrer Reichweite (Unterstützung einzelner Funktionen oder die Unterstützung von verschiedenen Funktionen im Lehr- und Lernprozess) geordnet und andererseits in ihrer Einbindung in verschiedenen Seamless Learning Konzeptionen entwickelt und erprobt. Die Problemidentifikation und die Auseinandersetzung mit den didaktischen Prinzipien sowie mit den technologiebasierten Tools helfen bei der konzeptionellen Klärung und Schärfung des Konzepts von Seamless Learning.

In einem zweiten Schritt ist der toolbasierte Beratungsansatz durch das mehrfache Durchlaufen und Reflektieren von Arbeitsschritten – iterativ inkrementell – erarbeitet worden. Die Aufgabe dieses Ansatzes ist es, die pro Entwicklungsprojekt spezifisch ausgestalteten Entwicklungsschritte hinsichtlich ihrer Gemeinsamkeiten und Unterschiede auf der Prozessebene zu durchleuchten. Dabei werden die typischen Fragestellungen und Entscheidungen bei der Entwicklung von Seamless Learning Konzeptionen identifiziert und in einen „idealtypischen“ Ablauf gebracht. Damit ist die Idee verbunden, die in der hochschuldidaktischen Landschaft oftmals eher intuitiv verlaufenden Planungsprozesse stärker zu explizieren und diese in ein Prozessschema zu überführen. Dafür wurde die Arbeitsstruktur innerhalb des Seamless Learning Labs und die verschiedenen Unterstützungsprozesse und -materialien aufgenommen und systematisiert. Das Potential solcher, aus den konkreten Entwicklungsprojekten heraus gewonnenen Prozessabläufen

ist, dass sie sich stärker in der Handlungspraxis verankern lassen. Von daher hat der toolbasierte Beratungsansatz den Anspruch, auf der Prozessebene die grundlegenden Planungsprozesse für die Entwicklung von Seamless Learning Konzeptionen aus dem jeweiligen Original-Kontext heraus zu de-kontextualisieren und sie für eine mögliche Re-Kontextualisierung in einer weiteren hochschulischen Gestaltungspraxis aufzubereiten. Mit dem zweiten Zugang zum toolbasierten Beratungsansatz ist die Intention verbunden, Entwicklungsprozesse in Seamless Learning Konzeptionen für den Transfer aufzubereiten.

---

## **1.2 Zielsetzungen bei der Entwicklung eines toolbasierten Beratungsansatzes**

Das Ziel der Entwicklung eines toolbasierten Beratungsansatzes für Seamless Learning Konzeptionen lässt sich aus verschiedenen Motiven heraus begründen: Es ist ein Anliegen des Basisprojekts im IBH-Lab Seamless Learning, die Entwicklungen wie auch die Entwicklungsprozesse einem weiteren Kreis als den direkten Projektpartnern zu öffnen. Damit ist die Perspektive der Dissemination und der Wirkung der vorgenommenen Entwicklungen für einen weiteren Interessentenkreis adressiert. Die konkreten Projekterfahrungen und -materialien werden in einem öffentlich zugänglichen toolbasierten Beratungsansatz aufbereitet und bündeln damit die produkt- und prozessbezogenen Projektaufgaben. Sie werden in einer solchen Weise aufbereitet, dass auch die weitere Öffentlichkeit von diesen Erfahrungen Nutzen ziehen kann. Über den toolbasierten Beratungsansatz werden vorgenommene Entwicklungen dokumentiert und exemplarisch zugänglich gemacht. Durch die dem Beratungstool inhärente Prozessstruktur werden auch Einblicke in die Arbeitsschritte und konkrete Arbeitsweisen für Nutzerinnen und Nutzer zugänglich. Die Dissemination schließt die Prozessebene mit ein und beschränkt sich nicht nur auf entwickelte Ergebnisse. Durch die „Übersetzung“ in einen toolbasierten Beratungsansatz geht hier der Disseminations-Ansatz noch einen Schritt weiter als nur die Verfügbarkeit zu gewährleisten. Mit dem Beratungsansatz können und sollen die vorhandenen Erfahrungen nutzbar gemacht werden. Diese Erfahrungen und Ergebnisse werden damit zur Grundlage für weitere Entwicklungen und zur Basis für die generative Nutzung.

Das Vorhaben der Entwicklung eines toolbasierten Beratungsansatzes schließt an die Diskussionen zu didaktischen Entwurfsmustern (vgl. Baumgartner & Bergner, 2014; Kohls, 2017; Reinmann, 2019) an. Mit dem Vorhaben ist die Intention verbunden, dass unter Nutzung eines didaktischen Entwurfsmusteransatzes die Dokumentation und das Teilen bzw. das Kommunizieren von didaktischen

Gestaltungsansätzen verbessert wird. Didaktische Entwurfsmuster stellen systematisierte Beschreibungskategorien dar, mithilfe derer die Grundideen und -prinzipien von didaktischen Konzeptionen möglichst einfach zugänglich und von Dritten nachvollzogen werden können. Und dies soll in ihrem jeweiligen Kontext erfolgen.

„Ein gutes Entwurfsmuster ist konkret genug, um Designentscheidungen und Umsetzungsschritte aufzuzeigen. Gleichzeitig darf die Lösung nicht zu spezifisch oder exemplarisch sein. Denn es handelt sich keineswegs um Rezepte, die sich einfach kopieren lassen. Vielmehr zeigen sie Handlungsspielräume auf und sind flexibel genug, um mit eigenen Ideen angereichert zu werden. Entwurfsmuster lassen sich miteinander und mit eigenen Ansätzen kombinieren, um neuartige Lehrszenarien individuell zu kreieren.“ (Kohls, 2017, o. S.).

Der aus der Architektur, von Christoph Alexander stammende Ansatz der Muttersprache wird dabei in und für das didaktische Design nutzbar gemacht.

„Die Idee für eine gewinnbringende Übertragung, Interpretation oder Übersetzung liegt aus unserer Sicht in einer Isomorphie (Strukturgleichheit) der beiden Gebiete Architektur und Pädagogik begründet: Wenn – so unsere Annahme – beide Berufsfelder es mit Design bzw. Gestaltung zu tun haben, dann sollten gewisse abstrakte Gestaltungsprinzipien sich von einem Fachgebiet in das andere transferieren lassen.“ (Baumgartner & Bergner, 2014, S. 163).

Eine der treibenden Ideen hinter dem Musteransatz ist es, implizites Wissen oder auch „tacit knowledge“ aus der Berufspraxis von Hochschullehrenden zu explizieren und darüber eine Zugänglichkeit und Kommunizierbarkeit zu schaffen. Mit didaktischen Entwurfsmustern sind dabei kategoriale Beschreibungen von didaktischen Konzeptionen gemeint, welche die grundlegende möglichst holistische Sichtweise auf die Konzeption und damit auch das „Gespür“ für die gesamte komplexe Situation zu vermitteln helfen. Didaktische Entwurfsmuster beziehen sich dabei nicht nur auf die methodische Gestaltung oder zeigen Lösungsansätze für spezifische Fragestellungen auf. Sie helfen, ein möglichst umfassendes Bild für eine didaktische Gestaltung zu entwickeln. Dabei steht neben der Beschreibung des Lösungsansatzes insbesondere die Problemsensibilisierung und das Problembewusstsein im Vordergrund. „Entwurfsmuster haben also nicht nur die Funktion, gute Lösungen zu sammeln und zu teilen, sondern auch Probleme überhaupt erst aufzuzeigen“ (Kohls, 2017, o. S.). Didaktische Entwurfsmuster gehen damit über die Beschreibung von didaktischen Methoden oder Kursplanungen hinaus. Sie zeigen auf, wo und warum sie eingesetzt werden sollten. Sie nehmen die

Verwendungsperspektive mit auf. Bei der Entwicklung von didaktischen Entwurfsmustern liegt ein besonderer Fokus auf den Zusammenhang von definierten Problemen und gewählten Lösungsansätzen. Die Muster geben weitere Einsichten in Begründungen und in die Zusammenhänge von Problemen und Lösungen. Darüber können Lösungsansätze kontextspezifisch erklärt und die Bedingungen für den Transfer transparent gemacht werden. Mit dieser Sichtweise und der Kernidee der Strukturierung des Beratungsansatzes mit Hilfe von Kategorien didaktischer Entwurfsmuster war im Projekt die Zielsetzung verbunden, Praxiswissen und -erfahrung in seiner Komplexität und in seinen Kontextabhängigkeiten sichtbar zu machen. Dies kann auch für die weitere Entwicklung von neuen Seamless Learning Konzeptionen genutzt werden, indem Lösungsansätze in ihrer Funktionsweise erklärt werden und sich darüber Gestaltungsräume für weitere Entwicklungen öffnen.

---

### **1.3 Problemaspekte bei der Entwicklung eines toolbasierten Beratungsansatzes für Seamless Learning Konzeptionen**

Die Entwicklung des toolbasierten Beratungsansatzes war ein herausforderndes Projekt für alle Beteiligten. Es wurde im Projektteam als Reflexionsobjekt genutzt, um die Erfahrungen in der Beratung der Einzelprojekte kritisch zu hinterfragen und die wesentlichen Schritte herauszuarbeiten. Mit der Entwicklung des toolbasierten Beratungsansatzes waren auch mehrfache Problemstellungen verbunden:

Die kontextspezifische Ausgestaltung von einzelnen Seamless Learning Konzepten führte zu sehr individualisierten und spezifischen Ausprägungen in einzelnen didaktischen Gestaltungsfeldern und bedurfte auch je eines spezifischen Unterstützungsbedarfs. Diese sehr klare Fokussierung im IBH-Lab „Seamless Learning“ auf die konkreten einzelnen Entwicklungsprojekte in verschiedenen Disziplinen, zu verschiedenen Phasen im Studienverlauf, mit verschiedensten beteiligten Partnern und unterschiedlichen Lernzielen macht jedes einzelne Entwicklungsprojekt zum komplexen Einzelfall, der sehr kontextspezifisch ist. Die beteiligten Akteure gestalten nach ihren Ressourcenmöglichkeiten und wahrgenommenen Handlungsspielräumen und auch aufgrund ihrer didaktischen Kompetenzen die Seamless Learning Konzeptionen sehr unterschiedlich aus. Dabei stellen oft gerade die Kontextbedingungen (z. B. vorab definierte Prüfungsmodalitäten) limitierende Faktoren dar. Für den Beratungsansatz galt es dabei, das Typische und Individuelle im gewählten Ansatz mit geeigneten Kategorien zu

strukturieren, damit diese auch als Beispiele und handlungsleitende Idee für weitere Entwicklungen nutzbar sind.

Zur Beschreibung des differenzierten Aufbaus des Beratungsansatzes dienen die Ausführungen im Kap. 2. Diese Strukturierung entlang von drei grundlegenden Prozessschritten und leitenden Fragen, die diese Schritte jeweils differenzieren helfen sollen, wurden in der konkreten Entwicklungsarbeit von einzelnen Entwicklungsprojekten in Teilen auch als hinderlich im Prozess wahrgenommen. Dies liegt insbesondere daran, dass der Beratungsansatz sehr stark auf eine Verbindung von Problemstellungen und Lösungsalternativen baut und eine vertiefte Problemanalyse in didaktischen Entwicklungsprozessen oftmals übersprungen wird zu Gunsten des didaktischen Kreierens oder der Umsetzung einer Idee. Der gewählte systematisierende Ansatz mag von daher in Teilen als künstlich oder auch verlangsamernd wahrgenommen werden, wenn zunächst auf eine differenzierte Analyse von Problemlagen eingegangen wird.

Das Konzept von Seamless Learning ist als Grundidee weniger herausfordernd, betont es doch v. a. die Kontextabhängigkeit von einzelnen Lernerfahrungen. Bei den didaktischen Konzeptionen wird sehr viel Wert auf die Gestaltung des Kontexts und dessen Einfluss auf die Lernprozesse gelegt. In der konkreten Ausgestaltung werden Seamless Learning Konzepte jedoch sehr komplex, da sie von der Nutzung verschiedener Kontexte mit je eigener Gestaltung ausgehen und dabei auch noch die Verbindung zwischen den Kontexten als gestaltbar und gestaltungsnotwendig aufzeigen. Damit erhöht sich die Komplexität sprunghaft und die Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung der verschiedenen einzelnen Kontexte innerhalb einer Seamless Learning Konzeption sind noch stärker miteinander verknüpft.

Für die Strukturierung und Anleitung wird im toolbasierten Beratungsansatz mit didaktischen Kategorien gearbeitet, die ggf. nicht identisch sind mit der Sprache der Nutzerinnen und Nutzer. Didaktische Konzeptionen nutzen in Teilen fachliche Begrifflichkeiten, die evtl. nicht bekannt sind oder, da sie alltagssprachlichen Begriffen ähnlich sind, auch das Potential zu Fehlinterpretationen haben. Eine dieser didaktischen Kernkategorien stellen z. B. Lehr- bzw. Lernziele dar, insbesondere wenn diese kompetenzorientiert beschrieben werden sollen. Intuitiv können viele Hochschullehrende gut beschreiben, was sie als Lernziele erwarten. Wird jedoch gefordert diese in kompetenzorientierter Form und möglichst prägnant zu formulieren, treten Schwierigkeiten auf. Im toolbasierten Beratungsansatz wird diese Zielformulierung durch zusätzliche Erläuterungen und Informationen unterstützt.

Für die didaktische Gestaltung wird im Beratungsansatz vorgeschlagen, sich an leitenden, didaktischen Prinzipien (wie z. B. dem erfahrungsbasierten Lernen) zu orientieren und diese als Leitplanken für die Gestaltung zu nutzen. Dieses prinzipienorientierte Vorgehen in der didaktischen Gestaltung ist teilweise für hochschuldidaktisch weniger erfahrene Dozierende herausfordernd. Die didaktischen Prinzipien selbst sind mit Leitvorstellungen und Kernideen verbunden, die nicht als Rezept angewandt werden können, sondern der Ableitung von Massnahmen bedürfen, die dem Prinzip gerecht werden, dabei jedoch viele Handlungsspielräume aufweisen können. So gibt z. B. das Prinzip des erfahrungsbasierten Lernens vor, dass eine konkrete Lernerfahrung mit der systematischen fachwissenschaftlich strukturierten Reflexion zu verbinden ist. Ob jedoch der Lernprozess eher mit der konkreten Erfahrung oder mit der Einführung eines abstrakten Modells startet, muss von den entwickelnden Personen selbst entschieden werden.

Mit dem toolbasierten Beratungsansatz soll die didaktische Beratungsleistung personenunabhängiger und materialbasierter erfolgen. Dies beinhaltet die Problematik der erforderlichen Explikation von didaktischer Expertise von Hochschuldidaktikerinnen und Hochschuldidaktikern. Dabei stellt sich die Herausforderung, das implizite Handlungswissen in eine explizite und für weniger erfahrene Nutzerinnen und Nutzer zugängliche Weise zu übertragen und in Materialien „zu gießen“. Diese „Objektivierung“ und „Materialisierung“ von Prozesswissen ist dabei nicht trivial, insbesondere wenn damit die Zielsetzung verbunden ist, dass mithilfe des Beratungsansatzes zukünftige Nutzerinnen und Nutzer selbst aktiv ihre eigene Konzeption entwickeln können und entsprechende Prozessunterstützung durch den toolbasierten Beratungsansatz zugänglich gemacht wird.

In den Überlegungen zur Gestaltung des toolbasierten Beratungsansatzes sind diese verschiedenen Punkte als Diskussionspunkte und auch als wichtige Reflexionspunkte aufgenommen worden, welche die Ausgestaltung des Beratungsansatzes geprägt haben. Die konkrete Vorstellung des Beratungsansatzes wird im folgenden Abschnitt vorgenommen.

---

## **1.4 Die Seamless Learning Plattform – konzeptioneller Teil**

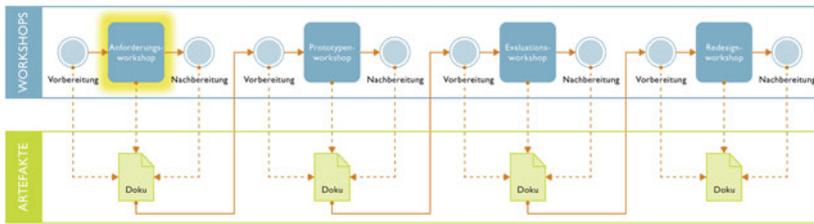
Die Seamless Learning Plattform besteht aus nachfolgenden, miteinander verknüpften Bereichen:

- einem Konzeptionstool, hier werden Seamless Learning Konzepte *erstellt bzw. dokumentiert*,
- einer Suchfunktion, wo Nutzerinnen und Nutzer nach bereits dokumentierten *Seamless Learning Konzepten suchen* können, um sich für die eigene Praxis anregen zu lassen,
- einem sogenannten Showroom, wo man technische Lösungen zur Unterstützung von *Seamless Learning Konzepten ausprobieren kann*.

Wie oben beschrieben wurden Kolleginnen und Kollegen des IBH-Labs „Seamless Learning“ in Workshops unterstützt, eigene Seamless Learning Konzeptionen zu erstellen. Die Plattform dient dazu, bereits fertiggestellte Konzeptionen zu dokumentieren und sie anderen zugänglich zu machen. Die Beratung bei der Konzeptionserstellung war jedoch, wie oben beschrieben, sehr ressourcenaufwendig. Aus diesem Grund wurde ein zweiter Teil der Plattform implementiert, der sogenannte „didaktische Wizard“, um diesen Erstellungsprozess toolbasiert über das Web zu unterstützen. Wichtig ist nun, dass dabei jeweils auf bereits vorhandene Konzeptionen zugegriffen werden kann. Man kann z. B. recherchieren, welche bestehenden Konzeptionen im gleichen Fachgebiet erstellt wurden oder ähnliche Brüche adressieren. Mit zunehmender Anzahl gespeicherter Konzeptionen kann daher bei der Neuerstellung einer Konzeption auf bereits vorhandenes Material der Community zugegriffen werden. Es gibt daher viele Verlinkungen bei der Neuerstellung von Konzeptionen auf einschlägige bereits bestehende Konzepte. Dafür wurde eine relativ fein differenzierte Suchfunktion implementiert – sowohl beim Erstellen einer Konzeption als auch bereits einen Schritt vorher bei der Recherche zu bestehenden Konzeptionen.

Bei identifizierten Brüchen im Sinne des Seamless Learning wird oft versucht diese mit technischen Lösungen zu adressieren und zu überwinden, was jedoch Limitationen aufweist (Dilger et al., 2019a). Die Integration von Technologie in die Lehre scheidet oft aus verschiedenen Gründen (Gülbahar et al., 2017). Im sogenannten Showroom der Plattform werden daher verschiedene Tools vorgestellt und man kann sie auch direkt ausprobieren, ohne sich vorgängig um Logins, Infrastruktur etc. kümmern zu müssen. Auch die technische Dimension ist in die oben beschriebene Suchfunktion integriert. Sie wird flankiert von der sogenannten Toolmap. Diese mappt typische Brüche auf Tools – man sieht also welcher Bruch mit welchem Tool in anderen Seamless Learning Konzeptionen angegangen wurde.

Nach dieser kurzen Vorstellung der gesamten Seamless Learning Plattform wird nun der konzeptionelle Teil des toolbasierten Beratungsansatz (der „didaktische Wizard“) vorgestellt. Für die technischen Aspekte der Umsetzung des



**Abb. 1.1** Prozesslandkarte Beratungsansatz

„didaktischen Wizards“ als auch der Suche nach bestehenden dokumentierten Konzeptionen ist auf das nächste Kap. 4 verwiesen. Die Seamless Learning Konzeptionen der Einzelprojekte im Seamless Learning Lab wurden jeweils zusammen mit dem Basisprojekt entwickelt. Das Basisprojekt unterstützte dabei die Lehrenden sowohl aus didaktischer als auch aus technischer Perspektive. Der Prozess gliederte sich in vier Schritten (siehe Abb. 1.1). Pro Prozessschritt wurde den Einzelprojekten jeweils eine Arbeitshilfe vorab zur Verfügung gestellt. Diese bestand vor allem aus Leitfragen zur Vorbereitung des jeweiligen Workshops. Im Nachgang wurde das Dokument mit den Ergebnissen des Workshops ergänzt – zum einen zur Sicherung der Ergebnisse, zum anderen um den Vergleich über die Projekte hinweg im Rahmen der Begleitforschung zu unterstützen. Im Rahmen der Projektlaufzeit haben die meisten Projekte ihre Seamless Learning Konzeption nicht nur implementiert und evaluiert, sondern auf dieser Basis noch einmal in einem Re-Designworkshop umgestaltet und erneut implementiert. Dieser letzte Schritt wird im Wizard nicht unterstützt.

Im Folgenden wird nun jeder einzelne Schritt kurz vorgestellt, mit Beispielen aus den Projekten illustriert und jeweils die Zielsetzung, konzeptionelle Überlegungen und die Umsetzung besprochen.

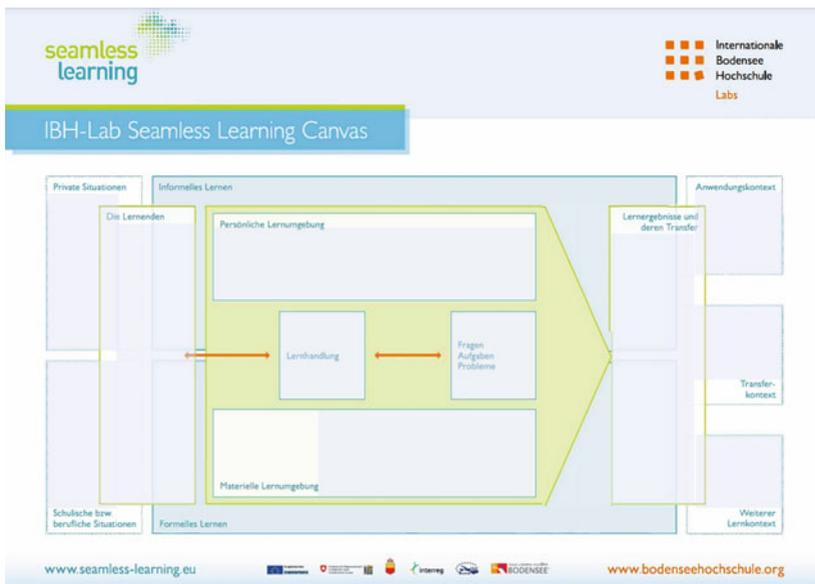
## Schritt „Anforderungen definieren“

Im ersten Schritt „Anforderungen definieren“ des Wizards wird die Nutzerin oder der Nutzer unterstützt, die Ausgangslage inklusive der bestehenden Probleme zu analysieren und die Ziele zu definieren – „Wo stehen wir? Welche Probleme treten auf? Wo soll die Reise hingehen?“ Zu Beginn werden Eckpunkte der bisherigen Konzeption abgefragt:

- Wer ist die Zielgruppe?
- Was ist die Zielsetzung (output- bzw. anwendungsorientiert)? Als Hilfestellung werden mögliche Taxonomiestufen und Beispiele gegeben.
- Welches ist der Kontext, in dem die Veranstaltung eingebunden ist (Stellung der Veranstaltung im Curriculum)?
- Welche Methoden, Medien und Techniken werden verwendet?
- Was sind die vorgesehenen Prüfungsleistungen?

Einen ergänzenden Zugang zu den oben genannten Punkten, die tabellarisch abgearbeitet werden, stellt der Seamless Learning Anforderungs-Canvas dar (Abb. 1.2).

Er eröffnet nochmals weitere Perspektiven auf das Lehr-/Lernszenario (Dreitteilung von links nach rechts und horizontale Teilung im mittleren Bereich) und ist sehr stark lernerzentriert. Er unterstützt die Visualisierung der verschiedenen Kontexte, in denen Lernen stattfindet. Das erleichtert die Identifikation von Seams



**Abb. 1.2** Seamless Learning Anforderungs-Canvas: Problem spezifizieren

in einem späteren Schritt. Die Erfahrung zeigt, dass der Canvas nicht selbsterklärend ist. In der PDF-Version finden sich daher Erläuterungen und Beispiele zu den einzelnen Bereichen. Im Gegensatz zu einer Listenabfrage ergibt sich aber hier eher das Gesamtbild und die Lehrenden werden unterstützt, Verbindungen und Auswirkungen zwischen einzelnen Bereichen zu erkennen. Nutzerinnen und Nutzer des Wizards können den Canvas elektronisch ausfüllen oder ausdrucken, ausfüllen, fotografieren und dann hochladen.

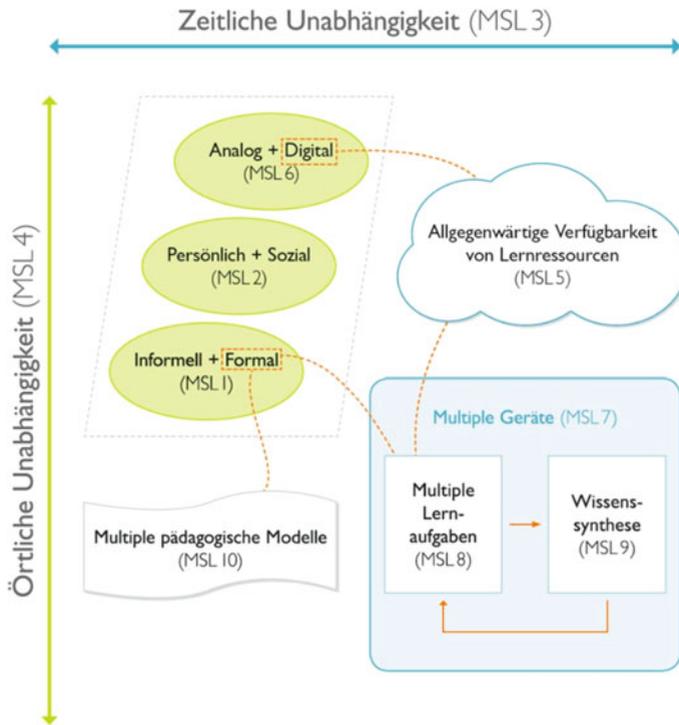
Im nächsten Schritt der Erfassung der Ausgangslage werden andere Perspektiven betrachtet. Das könnte die Sicht der Studierenden sein, die Perspektive von Kolleginnen und Kollegen, die in einem vergleichbaren Kontext unterrichten, Praxispartnerinnen und -partner usw. Entsprechende Daten können aus Evaluationen, Interviews oder Umfragen gewonnen werden. Im Rahmen des Projekts wurden z. B. Fokusgruppen mit Studierenden durchgeführt.

Nach den Eckdaten der bisherigen Konzeption wird der Fokus auf Probleme und den Veränderungsbedarf gelenkt:

- Wo treten Probleme im Lernprozess auf und woran werden sie erkannt?
- Was ist an den Problemen ursächlich, zu welchen Konsequenzen führen sie im Lehr-/Lernprozess?
- Wie entstehen diese Probleme, was könnten Ursachen sein?
- Auf Basis der oben genannten Problembeschreibung wird in einem nächsten Schritt der Veränderungsbedarf definiert: Worin liegt der Bedarf für die Weiterentwicklung? Welche konkreten Aspekte sollen verändert werden und warum ist dies notwendig?

Die letzte Etappe in diesem ersten Schritt „Anforderungen definieren“ des Wizards ist die Rückbindung der Analyse an das Seamless Learning Konzept. Nutzerinnen und Nutzer werden dabei eingeladen, die zuvor erarbeiteten Probleme in das Modell der zehn MSL-Dimensionen (mobile seamless learning) nach Wong und Looi (2011) einzuordnen (Abb. 1.3). Im Wizard werden die zehn Kategorien kurz erklärt und mit Beispielen angereichert.

Vor dem Hintergrund werden dann die Ziele der zu entwickelnden Konzeption final definiert und auch erste Überlegungen angestellt, welche Messinstrumente die Zielerreichung sicherstellen.



**Abb. 1.3** Modell der zehn MSL-Dimensionen. (Wong & Looi, 2011)

## Schritt „Gestalten und Entwickeln“

Der zweite Schritt im Wizard unterstützt Nutzerinnen und Nutzer dabei, die erhobenen Anforderungen aus dem vorherigen Schritt in eine didaktische Feinplanung zu überführen. Dem im Projekt angewendeten Design Based Research Ansatz (Euler, 2014) folgend beginnt dieser Schritt mit Informationen zur Prototypenentwicklung und dem anschließenden Bau eines solchen. Darauf aufbauend werden Hintergrundinformationen zu didaktischen Prinzipien und den technischen Komponenten einer möglichen Umsetzung gegeben. Aus all den genannten Schritten wird schließlich eine didaktische Feinplanung für das neue Lehr-/Lernszenario entwickelt.

Der Bau von Prototypen hat sich in verschiedenen Bereichen, insbesondere der Softwareentwicklung, als sinnvoll erwiesen (Cohn, 2009). Der Bau eines Prototyps hat eine starke Lenkungsfunktion, er hilft, idealerweise unter Einbezug der zukünftigen Nutzerinnen und Nutzer, Anforderungen zu definieren, zu priorisieren und zentrale Gestaltungsentscheidungen zu treffen. Beim Bau des Prototyps darf und soll durchaus kreativ vorgegangen werden. Teilnehmerinnen und Teilnehmer werden ermuntert, „begreifbares“ Material zu verwenden, wie Knete, Playmais, Lego, Bauklötzchen usw. Abb. 1.4 zeigt das Beispiel eines Prototyps für eine Software, die das Verfassen von Abschlussarbeiten unterstützt. Im Wizard werden den Nutzerinnen und Nutzern der Hintergrund zum Bau von Prototypen (Warum Prototypen? Welche Arten von Prototypen gibt es? Wie erstelle ich einen?) bereitgestellt und es sind jeweils Beispiele hinterlegt.

In einem Zwischenschritt auf dem Weg zur didaktischen Feinplanung im Wizard werden vertiefende Informationen zu didaktischen Prinzipien und technischen Umsetzungsmöglichkeiten angeboten. In Bezug auf die didaktischen

**Abb. 1.4** Beispiel eines Prototyps



Prinzipien werden nicht einzelne Methoden in den Fokus gerückt, sondern didaktische Prinzipien (z. B. problem-based learning, situated learning, project-based learning ...), die leitend für die Konzeption sein sollen. Da Seamless Learning sich auf die Rolle des Kontexts, in dem Lernen stattfindet, fokussiert, werden in diesem Schritt passende didaktische Prinzipien zur Verfügung gestellt, die sich aus der Literatur und den Erfahrungen im Projekt ergeben. Die didaktische Feinplanung wird wiederum durch Leitfragen und einen didaktischen Canvas (Abb. 1.5) unterstützt. Leitfragen betreffen unter anderem: die Zielgruppe, deren Vorwissen, die Lernziele, den Gesamtaufbau der Veranstaltung inklusive zeitlichem Ablauf, wo und wie und mit welchem Ziel die identifizierten Seamless Learning Brüche adressiert werden sollen und mit welcher Begründung, die Rahmenbedingungen, das Lehrmaterial. Die Intention, auch hier einen didaktischen Canvas zur Verfügung zu stellen, ergibt sich aus den oben beschriebenen Überlegungen. Wenn man ihn entlang der vertikalen Linien faltet und zusammenklappt (dann verschwindet die mittlere Spalte) fokussiert man auf die Grobplanung der Veranstaltung. Im mittleren Bereich wird die didaktische Umsetzung und die Rückbindung ans Seamless Learning fokussiert.



**Abb. 1.5** Seamless Learning didaktischer Canvas: didaktische Konzeption

In der letzten Etappe des zweiten Schritts im Wizards wird ein chronologischer Ablaufplan (Template didaktische Disposition als Tabelle) zur Verfügung gestellt.

## Schritt „Reflektieren und Evaluieren“

Metaphorisch gesprochen soll der dritte Schritt dazu führen, die Ernte einzufahren und noch ungehobene Schätze zu heben. Dafür wird Unterstützung in drei Bereichen angeboten: 1) In einem ersten Schritt wird die Relevanz der Reflexion und Evaluation in der Entwicklung von Seamless Learning Konzeptionen aufgezeigt. Ein zweiter Schritt 2) gibt einen Überblick über mögliche Evaluationsgegenstände. Abschließend 3) werden Nutzerinnen und Nutzer dabei unterstützt, ein eigenes Evaluationsdesign zu entwickeln.

Systematische Reflexionen und Evaluationen wirken:

- Explorativ: um Informationen darüber zu erhalten, was gelungen ist und wo es Verbesserungspotential gibt.
- Differenzierend: um genauere Informationen auf die Wirksamkeit und die Wirkweisen von Seamless Learning Konzeptionen gewinnen zu können.
- Kommunikativ: um mit Lernenden und Lehrenden ein konstruktives Gespräch über die Konzeption und die Weiterentwicklung führen zu können.
- Perspektivisch: um Informationen aus den verschiedenen Perspektiven einholen zu können.
- Didaktisch: um das Verständnis von Zusammenhängen und Aspekten wirksamer Lehre zu erhöhen.

Im Projekt erfolgte die Evaluation zu drei Zeitpunkten (pre/während/post) mit quantitativen (Fragebogen) und qualitativen Methoden (Fokusgruppen, Teaching Analysis Poll) (Tab. 1.1):

In diesem letzten Schritt werden Nutzerinnen und Nutzer dabei unterstützt, Evaluationsgegenstände und mögliche Indikatoren (Items) zur Erhebung zu definieren. Typische Evaluationsgegenstände in Seamless Learning Konzeptionen

**Tab. 1.1** Evaluationsverfahren

	<b>Vor</b>	<b>Während</b>	<b>Nach</b>
<b>Qualitative Verfahren</b>	Fokusgruppen	Teaching-Analysis Poll	Fokusgruppen
<b>Quantitative Verfahren</b>	Pre-Befragung		Post-Befragung

sind Indikatoren zum Lernverhalten, zu Anforderungen bzw. Herausforderungen oder zu den Kompetenzen und insbesondere auch zu den bisher wahrgenommenen Problemstellungen beim Lernen, dies sowohl aus Sicht der Lernenden als auch der Lehrenden.

Für die Pre-/Postbefragung werden den Nutzerinnen und Nutzern jeweils Items und konkrete Beispiele aus den Auswertungen der Einzelprojekte des Labs zur Verfügung gestellt. Das qualitative Verfahren „Teaching Analysis Poll“ ermöglicht es, die Sichtweise der Studierenden während des Semesters offen zu legen, zu prüfen, wie das geänderte Design „ankommt“ und wo man ggf. nachjustieren muss. Die leitenden Fragen sind: 1) Was ist für mein eigenes Lernen förderlich?, 2) Was behindert mein eigenes Lernen?, 3) Welche Maßnahmen können ergriffen werden, damit die lernhinderlichen Faktoren abgeschwächt oder beseitigt werden können? Nutzerinnen und Nutzer können Erklärungen und Materialien zur Durchführung downloaden und sich Beispiele aus den Projekten ansehen.

Im letzten Schritt werden Lehrende dabei unterstützt, ein eigenes Reflexions- und Evaluationsdesign zu entwickeln. Es wird ein ähnliches Setting wie bei der Entwicklung der Prototypen vorgeschlagen. Mögliche Leitfragen sind:

- Welches sind die Spezifika in Ihrer Seamless Learning Konzeption? Worauf soll in der Reflexion und Evaluation ein besonderer Schwerpunkt gesetzt werden?
- Welche spezifischen Lernziele haben sie in Ihrer Seamless Learning Konzeption definiert? Welche besonderen Brüche wollen sie bearbeiten?
- Welche Informationen sollen von den Lernenden vor der Durchführung erhoben werden?
- Welche Informationen z. B. spezifische Bedingungen, besondere Rahmen- einflüsse, ... (aber auch eigene Erwartungen und Vorhaben) sind aus der Lehrendenperspektive vor der Durchführung festzuhalten?
- Welche Informationen sollen von den Lernenden während der Durchführung erhoben werden?
- Welche zentralen Erfahrungen (Stärken und Schwächen) sind aus Sicht der Lehrenden während der Durchführung festzuhalten? (z. B. was ist besonders gut gelungen, wo gab es Missverständnisse? Wo gab es Korrekturbedarf?)
- Welche Informationen sollen von den Lernenden nach der Durchführung erhoben werden?
- Welche Informationen sollen aus der Perspektive der Lehrenden nach der Durchführung festgehalten werden? Was sind die zentralen Erfahrungen über



**Abb. 1.6** Seamless Learning Evaluations-Canvas

die Wirkungen (Stärken und Schwächen, erwartungskonforme oder auch nicht-erwartete Ergebnisse, beabsichtigte oder nicht-beabsichtigte Wirkungen und Folgen) der eigenen Seamless Learning Konzeption?

Wie auch in den ersten beiden Schritten des Wizards wird ein Evaluations-Canvas (Abb. 1.6) zur Verfügung gestellt, der von der linearen Abfolge der Leitfragen den Blick auf die Gesamtsicht lenkt.

Nachdem dieser letzte Schritt abgeschlossen ist, kann das gesamte Design ausgedruckt oder auch geteilt werden.

## 1.5 Toolbasierter Beratungsansatz – technologische Perspektive

Nach der Hinführung und Erläuterung des konzeptionellen Teils der Seamless Learning Plattform erfolgt nun die Beschreibung der digitalen, webbasierten Umsetzung. Die Ziele der Plattformentwicklung liegen darin, die bisherige

manuelle und physische Entwicklung solcher Konzeptionen, unter Einbezug entsprechender Expertinnen und Experten, durch eine digitalisierte Lösung zu vereinfachen und die Lehrenden bei den Entwicklungs- und Beratungsprozessen mithilfe digitaler Werkzeuge zu unterstützen. Gleichzeitig fallen weitere Nutzungsszenarien (siehe Kap. 5) auf, bei welchen eine digitale Plattform unterstützend wirken kann. Durch den dreiteiligen Aufbau der Plattform können diese Aspekte digital bedient werden. Das Basisframework unterstützt die Suche und Erstellung von Seamless Learning Konzepten, der Beratungswizard ermöglicht die digitale Unterstützung bei der Entwicklung entsprechender Konzeptionen. Der Fokus in diesem Abschnitt liegt auf der technischen Umsetzung des Beratungskonzepts. Die im konzeptionellen Teil beschriebenen Schritte („Anforderungen definieren“, „Gestalten und Entwickeln“, „Reflektieren und Evaluieren“) werden in einer digitalen Form als Wizard umgesetzt. Existiert also noch kein abgeschlossenes Konzept, können sich Lehrende mit Hilfe der digitalen Prozessunterstützung helfen lassen und Schritt für Schritt die für den Fachbereich des Lehrenden relevanten Grundlagen erarbeiten (Huff et al., 2020). Die folgende Abb. 1.7 zeigt die Startseite des Wizards. Die Nutzerin oder der Nutzer kann den Wizard von Beginn an durchlaufen oder an einer beliebigen Stelle einsteigen. Mit der Betätigung des Buttons wird der entsprechende Schritt der Beratungsunterstützung gestartet. Darüber hinaus ist es möglich, die eigene Konzeption an einer beliebigen Stelle temporär abzuspeichern und zu einem späteren Zeitpunkt weiterzuführen – der Wizard muss nicht in einer einzigen, durchgängigen Arbeitssession durchlaufen werden.

Das entwickelte didaktische Grundkonzept für den digitalen Wizard ist in allen drei betreffenden Schritten aus technischer Sicht sehr ähnlich und damit einheitlich aufgebaut. Die einzelnen Schritte sind dabei nach dem Design Based Research Ansatz, iterativ und inkrementell, entwickelt worden (Huff et al., 2020). Wie in der folgenden Abb. 1.8 dargestellt, besteht jeder dieser Schritte aus mehreren Unterschritten, durch welche sich mithilfe einer horizontal ausgerichteten Navigationsleiste bewegt werden kann. Diese soll dem Lehrenden einen Überblick über den potenziellen Aufwand pro Unterschritt, sowie die noch zu bewältigende Arbeit geben. Gleichzeitig besteht jeder Unterschritt aus mehreren Fragen, die den Lehrenden gezielt bei der Entwicklung eigener Konzepte unterstützen. Das Fragensystem ist grundsätzlich einheitlich aufgebaut und besteht aus dem Frage-Text, einem Textfeld, in welchem die Nutzenden ihre eigenen Ideen einpflegen können und einem Button, um sich vorgefertigte Beispiele ad hoc in der Web-Oberfläche anzeigen zu lassen. Die eingeblendeten Beispiele geben zusätzliche konzeptionelle Anstöße und Tendenzen für die eigene didaktische Entwicklung.

# Seamless Learning-Konzept

## Beratung

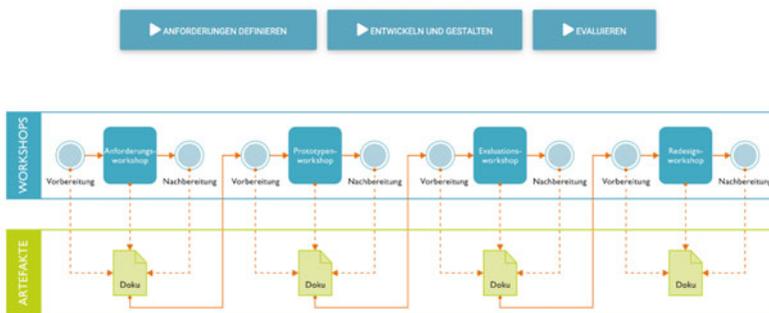
Hier haben Sie die Möglichkeit sich bei der Erstellung Ihres Seamless Learning-Konzepts unterstützen zu lassen.

In diesem Bereich der Plattform möchten wir Sie dabei unterstützen, selbst mit Seamless Learning zu arbeiten. Wir möchten Sie durch einen Prozess leiten, was Ihnen dabei hilft eine Seamless Learning Konzeption / Intervention / Massnahmen zu entwickeln. Der angeleitete Prozess besteht aus 4 Schritten:

- Anforderungen definieren (Problem analysieren)
- Prototyp entwickeln
- Konzipieren und planen
- Pilotieren und evaluieren

Wenn Sie auf den jeweiligen Schritt klicken, öffnet sich ein Tutorial. Die Tutorials bieten jeweils eine Struktur mit Fragenstellungen und Tools um den Schritt zu gehen. Über die Schritte hinweg, bauen Sie (in zwei Schleifen) eine fundierte Konzeption auf, testen und evaluieren diese.

Sie können die Antworten auf die Fragen direkt ins System eingeben. Am Ende gibt es die Funktion die eigene Arbeit auszudrucken. Sie können Ihre Arbeit immer speichern und unterbrechen, um an einem anderen Zeitpunkt weiter zu machen.



**Abb. 1.7** Startseite des Wizards

Neben den standardmäßigen Fragestellungen sind weitere Ausprägungen der Dateneingabe definiert und implementiert. Dropdown-Menüs, Dateneingabefelder und zusätzliche Hilfestellungen helfen bei der Konzeptionierung. Weiterführende Materialien, wie z. B. die verschiedenen Seamless Learning Canvas, können beliebig oft heruntergeladen und ebenfalls bearbeitet werden. Darüber hinaus helfen ausführliche Informationstexte, sowie verschiedene Grafiken bei der Einführung in die Thematik. Ebenfalls sind weitere Unterstützungsmöglichkeiten implementiert, wenn die Lehrenden sich bspw. nicht mit den grundlegenden Eigenschaften

# Seamless Learning-Konzept

## Beratung

Hier haben Sie die Möglichkeit sich bei der Erstellung Ihres Seamless Learning-Konzepts unterstützen zu lassen.



### Willkommen zum Tutorial 'Anforderungen definieren'

**Erfahrungen aufnehmen, unterschiedliche Perspektiven berücksichtigen,  
Problem spezifizieren, Problemverständnis explizit machen.**

In diesem Tutorial führen wir Sie durch den ersten von drei Schritten des Entwicklungsprozesses – der Definition von Anforderungen. Das Tutorial bietet eine Struktur mit Fragenstellungen und Materialien um die Ausgangslage (inkl. das Problem) und die Ziele Ihrer Seamless Learning Konzeption zu spezifizieren und festzulegen. Damit legen Sie die Basis für die Entwicklung eines Prototypen im nächsten Schritt.

Bitte geben Sie den Titel ein.



**Abb. 1.8** Navigation im Wizard

(z. B. den Brüchen oder didaktischen Prinzipien) des Seamless Learning Konzepts auskennen – hierbei sind Verlinkungen eingebaut, die zur Übersichtsseite des Basisframeworks leiten und die Grundlagen von Seamless Learning im Detail erläutern. Ebenfalls sind auch die weiteren Tools des Frameworks, wie z. B. die Toolmap und der Showroom, verlinkt, um auch aus technischer Sicht eine passende Entwicklung vorantreiben zu können. Nach dem Abschluss der einzelnen Schritte besteht die Möglichkeit, alle Schritte in Form eines Dossiers zusammenzufügen und auszudrucken – stets mit dem Ziel, den Lehrenden einen Gesamtüberblick über alle Schritte geben zu können. Fallen nach einiger

Zeit Punkte auf, die optimiert werden sollen, kann die bis dahin entwickelte Konzipierung einfach bearbeitet werden. Lehrende können durch die dauerhafte Persistierung ihrer Konzepte an mehreren Seamless Learning Konzepten gleichzeitig arbeiten.

Für die Implementierung des vorliegenden Basisframeworks wurden verschiedene aktuelle Technologien eingesetzt. Die mehrstufige Softwarearchitektur unterteilt sich prinzipiell in das Frontend und Backend. Das Frontend wurde dabei mit klassischen Internettechnologien wie HTML, CSS, TypeScript (spezielle Form des JavaScript) und Angular implementiert. Das Spring Backend wurde in erster Linie in der Programmiersprache Java entwickelt. Für die angebundene relationale Datenbank zur Verwaltung der Konzepte aller Lehrenden wird eine Postgres-Datenbank eingesetzt.

Neben dem erläuterten Wizard und den entsprechenden Verlinkungen zur Übersichtsseite, sowie der Toolmap und dem Showroom, sind ebenfalls weitere digitale Unterstützungsfeatures für die Lehrenden in der Plattform realisiert. Speziell nachdem die Konzeptentwicklung mit Hilfe des Wizards durchlaufen wurde, sollte das Konzept erstellt und im Idealfall auf der Plattform veröffentlicht werden, damit auch andere Lehrende von dieser Entwicklung profitieren können. Den Lehrenden ist es möglich, parallel an mehreren dieser Konzeptionen zu arbeiten. Beispielsweise könnte die Übersichtsseite über die eigenen Konzeptionen wie in Abb. 1.9 aussehen.

## Seamless Learning Konzepte

Hier finden Sie eine Auflistung Ihrer bereits erstellten Seamless Learning Konzepte.

The screenshot displays two concept cards side-by-side. Each card has a title, instructor name, location, semester, status, and two action buttons: 'LÖSCHEN' (Delete) and 'FINALISIEREN ZURÜCKNEHMEN' (Finalize/Withdraw). The first card is titled 'Modellierung von Informationssystemen' and was created on 16.08.2020 at 16:07. The second card is titled 'Programmieren 1' and was created on 25.02.2021 at 08:24.

Titel	Dozent	Ort	Zeitraum	Status	Erstellt
Modellierung von Informationssystemen	Simon Huff	Konstanz	WS 19/20	PUBLISHED	16.08.2020 16:07
Programmieren 1	Prof. Dr. Schimkat	HTWG	WS 19/20	PUBLISHED	25.02.2021 08:24

**Abb. 1.9** Übersichtsseite eigener Konzeptionen im Wizard

Auch für den Schritt der Konzepterstellung und -veröffentlichung bietet die Plattform eine digitale Unterstützung. In der folgenden Abb. 1.10 ist ein Teil des Standardformulars dargestellt, mit welchem die Lehrenden das zuvor entwickelte Konzept in eine standardisierte und aufbereitete Form bringen können.

In Abb. 1.11 ist ein erstelltes Konzept für eine Veranstaltung *Software Engineering* im Web-Browser der Plattform dargestellt. Neben den grundsätzlichen

## Seamless Learning-Konzept

### Konzept erstellen

Falls Sie bereits eine Seamless Veranstaltung durchgeführt haben, können Sie diese Veranstaltung in diesem Bereich dokumentieren. Ihre dokumentierte Veranstaltung wird dabei der Konzept-Suche hinzugefügt. Gleichzeitig unterstützen Ihre Informationen eine qualitative Beratung neuer Konzepte, die bei der Entscheidung helfen, welche didaktischen Prinzipien und Technologien sinnvoll in der Lehre eingesetzt werden können.

#### Allgemeine Informationen

Bitte geben Sie hier allgemeine Informationen zu Ihrer Veranstaltung an

Konzept Ersteller

Ralf

Veranstaltung(\*)

Kommunikation und Kollaboration



Dozent(\*)

Dozent der Veranstaltung



Zeitraum

Zeitraum der Veranstaltung

Ort

Ort der Veranstaltung

Was war der Kontext Ihrer Veranstaltung?(\*)



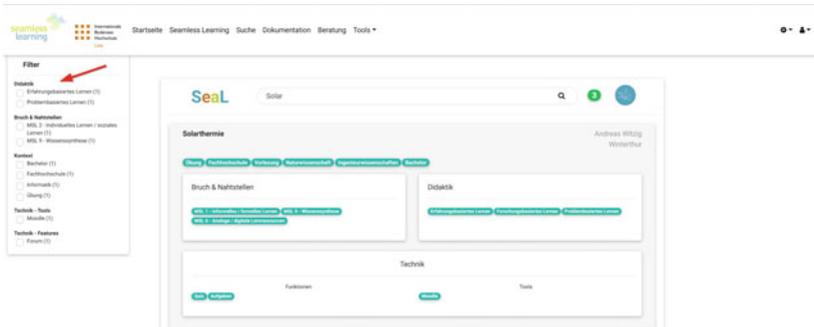
**Abb. 1.10** Auszug Standardformular für die Konzepterstellung

The image displays two screenshots of a digital learning environment for 'Software Engineering 1'. The left screenshot provides an overview of the course structure, including sections like 'Grund', 'Methoden & Werkzeuge', 'Didaktische Prinzipien', and 'Verwendete Tool-Funktionen'. The right screenshot is a detailed view of the course page, showing the instructor 'Prof. Dr. Traft Schwanitz', the course context (Hochschule, Universität, Naturwissenschaften), learning outcomes (MSL 5-8), didactic principles (Peer Learning, Spielbasiertes Lernen, Projektbasiertes Lernen, Enquiry Based Learning, Problemorientiertes Lernen), and used tool functions (Eclipse, Forum, Moodle, Mentimeter).

**Abb. 1.11** Überblick und Detailinformationen zum Konzept einer Veranstaltung zum Thema Software Engineering

Informationen (Veranstungstitel, Dozierende, Zeit, Ort) sind auch Informationen zu den thematisierten Brüchen, eingesetzten didaktischen Prinzipien sowie den verwendeten Tools aufgeführt. Während auf der linken Seite der Abbildung ein Überblick über das gesamte dokumentierte Konzept dargestellt ist, sind auf der rechten Seite der Abbildung die Ebenen der didaktischen Prinzipien und verwendeten Tools aufgeführt und beschrieben.

Nachdem die entsprechenden Informationen bereitgestellt wurden, können die Lehrenden entscheiden, ob das Konzept für andere Nutzerinnen und Nutzer öffentlich zugänglich gemacht werden soll. Ist ein Konzept veröffentlicht,



**Abb. 1.12** Suche von dokumentierten Konzepten auf Basis von Filterkriterien

kann die Veröffentlichung jedoch wieder rückgängig gemacht werden, um z. B. Änderungen in den eingesetzten Tools im Rahmen einer Veranstaltung vorzunehmen. Jede/jeder Lehrende kann dabei beliebig viele solcher Konzepte erstellen und veröffentlichen (Huff et al., 2020).

Neben der Konzeptentwicklung und -erstellung wird Lehrenden ebenfalls die Möglichkeit geboten, nach bereits bestehenden Konzepten zu *suchen*. Diese Funktionalität lebt von dem erfolgreichen Durchlaufen der bereits beschriebenen Schritte, da so die Abdeckung verschiedenster Konzeptsuchparametern bedient werden kann. In der „Google-like“ Suchleiste der Plattform können die Anwender – Lehrende, Lernende und fachlich Interessierte – verschiedene Suchbegriffe eingeben, um mögliche, thematisch passende Seamless Learning Konzepte aufgezeigt zu bekommen, wie in Abb. 1.12 aufgezeigt. Darüber hinaus wurde eine intelligente Suche, sowie eine „Amazon-like“ Suchunterstützung auf Basis von Filterkriterien implementiert. Den suchenden Personen werden somit unterschiedliche Möglichkeiten geboten, die Recherche individuell und so präzise wie möglich zu gestalten.

## 1.6 Nutzungsszenarien

Der vorgängig dargestellte Aufbau der Seamless Learning Plattform ermöglicht unterschiedliche Nutzungsszenarien. Die dreiteilige Struktur in den Inhalten bietet drei Einstiegsmöglichkeiten, die nachfolgend beschrieben werden. Die unterschiedlichen Unterstützungsmöglichkeiten für die Implementation von Seamless Learning Konzepten werden danach beschrieben.

## Die dreiteilige Struktur in den Inhalten

- *Szenario 1: Ein problemorientierter Einstieg über die Brüche*  
Wenn ein Problem in der eigenen Unterrichtspraxis vorliegt, z. B. Lernen in unterschiedlichen (Arten von) Kontexten, findet man Informationen und Beispiele, die so aufbereitet wurden, dass man die Probleme in die Seamless Learning Theorie einordnen kann.
- *Szenario 2: Ein Einstieg über den Wunsch, mit anderen didaktischen Prinzipien zu arbeiten*  
Wenn man mit einem bestimmten didaktischen Prinzip („pedagogical approach“) arbeiten möchte, und wissen möchte, welche typische Bruchstellen mit dem didaktischen Prinzip behoben werden können, findet man dazu Informationen und Erfahrungen.
- *Szenario 3: Ein Einstieg über den Wunsch, mit digitalen Tools zu arbeiten*  
Wenn man mit einem bestimmten Tool arbeiten und wissen möchte, für die Behebung welcher Bruchstellen dieses Tools schon (erfolgreich) eingesetzt wurde, findet man dazu Informationen und Erfahrungen.

## Unterschiedliche Unterstützungsmöglichkeiten bei der Implementierung von Seamless Learning Konzepten

Diese Arten von Fragestellungen können auf der Webseite unterschiedlich angegangen werden. Erstens können – wie oben beschrieben – allgemeine Informationen zu den Brüchen, didaktischen Prinzipien oder technischen Tools gewonnen werden. Diese Informationen helfen dabei, die Teilaspekte im Rahmen des Seamless Learning zu verstehen. Die Informationen können helfen, ein Problem einem Bruch zuzuordnen oder didaktische Prinzipien und Tools kennenzulernen, welche das nahtlose Lernen unterstützen.

Innerhalb der digitalen Unterstützungsplattform wurde das genannte Szenario durch eine Übersichtsseite (siehe Abb. 1.13) für jeden Lehrenden zugänglich gemacht. Durch ein übersichtliches Design können alle wichtigen Informationen einfach und praktikabel auf einen Blick eingesehen werden. Diese Übersichtsseite kann unabhängig davon, an welcher Stelle sich die Nutzerin oder der Nutzer auf der Plattform befindet, per Navigationsleiste erreicht werden, um den Lehrenden die entsprechenden Informationen zur Verfügung zu stellen. Gleichzeitig wird an relevanten Stellen (z. B. im Verlauf des Wizards) auf die Übersichtsseite verlinkt, um auf die mögliche Unterstützung hinzuweisen.

# Seamless Learning Übersicht

Hier finden Sie alle Informationen rund um das Seamless Learning...

[Brüche](#)

[Didaktische Prinzipien](#)

[Technologische Dimensionen](#)

## Allgemeine Einführung «Brüche»

**Verständnisziel: Antwort auf der Frage: Was ist ein Bruch?**

Kontexte können sich auf unterschiedlicher Art und Weise voneinander unterscheiden. Der Kontext kann sich unterscheiden (Ort, Zeit), aber auch die Art und Weise worauf im Kontext gelernt/gearbeitet wird (formell, informell, alleine, zusammen, digital, analog, mit unterschiedlichen pädagogischen Modellen und Aufgaben, etc.). Die verschiedenen Faktoren nehmen einen Einfluss darauf, wie eine bestimmte Lernerfahrung wahrgenommen wird, bzw. wie das Gelernte gespeichert wird (Lernerfahrungen sind kontextgebunden). Bei der Erinnerung an die Lernerfahrung spielt der Kontext eine wichtige Rolle. So kann es dazu führen, dass zwei Lernerfahrungen, die in unterschiedlichen Kontexten gemacht werden, nicht miteinander verknüpft / verbunden werden. Wenn die gespeicherten Informationen in der Gehirnstruktur nicht vernetzt werden, kommt es nicht zu einer Integration, die aber für das Gesamtverständnis wichtig wäre. Somit wird der Lernerfolg eingeschränkt.

**Verständnisziel: Antwort auf die Frage: Wie kommen wir auf die Kategorisierung, bzw. warum behandeln wir bestimmte Brüche und andere nicht?**

Um mit den vielen potenziellen Brüchen arbeiten zu können, verwenden wir die Kategorisierung von Wong & Looi. Sie haben untersucht, zu welchen Seamless Learning Fragestellungen in den letzten Jahrzehnten geforscht wurde. Es resultierte eine Übersicht von typischen Problemen, bzw. Problembereiche, die häufiger auftreten, wenn in unterschiedlichen Kontexten gelernt wird (und somit forschungswürdig empfunden wurde). Auf diese Problembereiche / Dimensionen basiert unser Angebot.

[Bruch 1: Lernen in formellen und informellen Kontexten](#) ▼

[Bruch 2: Lernen in individuellen und sozialen Kontexten](#) ▼

[Bruch 3: Lernen anywhere](#) ▼

[Bruch 4: Lernen anytime](#) ▼

[Bruch 5: Lernen mit unterschiedlichen Ressourcen](#) ▼

[Bruch 6: Lernen in analogen und digitalen Kontexte](#) ▼

[Bruch 7: Lernen mit multiplen Geräten / Learning Hub](#) ▼

[Bruch 8: Lernen anhand unterschiedlicher Lernaufgaben](#) ▼

[Bruch 9: Lernen mit unterschiedlichen Wissensarten](#) ▼

[Bruch 10: Lernen mit unterschiedlichen pädagogischen Modellen](#) ▼

### Abb. 1.13 Übersichtsseite Plattform

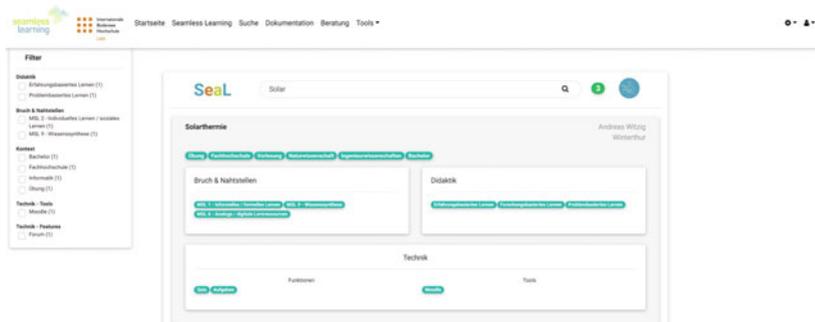
Neben den Informationen zu Seamless Learning können über die Suchfunktion Beispiele gefunden werden (*Szenario 4*). Diese Funktion wird in Form einer einfachen „Google-like“ Suchunterstützung ermöglicht. Damit ist es möglich, alle veröffentlichten Konzepte aufzufinden. Ebenfalls ist eine intelligente Suchfunktionalität geboten (siehe Abb. 1.14). Dem Lehrenden wird somit über die normale Suche hinaus die Möglichkeit geboten, mittels einer speziellen Anfragesyntax

The screenshot shows the 'Seamless Learning Suche' website. At the top, there is a navigation bar with the logo and menu items: 'Startseite', 'Seamless Learning', 'Suche', 'Dokumentation', 'Beratung', 'Tools'. Below this is a search bar containing the text 'z.B. Projektbasiertes Lernen' and two buttons: 'SUCHEN' and 'WEISER KÖNIG?'. The main content area features a diagram with three columns of text and corresponding icons. The first column, 'EDUKATIONALE PRINZIPIEN', lists items like 'Projektbasiertes Lernen', 'Einfache Strukturierung', 'Kollaboration', 'Kommunikation', 'Selbstbestimmtes Lernen', 'Interdisziplinäre Zusammenarbeit', 'Kultur der Fehler', and 'Kultur der Offenheit'. The second column, 'BRÜCHE UND KONZEPTELLIN', lists 'Didaktische Brüche', 'Didaktische Konzepte', 'Didaktische Konzepte', 'Didaktische Konzepte', 'Didaktische Konzepte', 'Didaktische Konzepte', 'Didaktische Konzepte', and 'Didaktische Konzepte'. The third column, 'TECHNISCHE ÜBERBRÜCKUNG', lists 'Technische Überbrückung', 'Technische Überbrückung', 'Technische Überbrückung', and 'Technische Überbrückung'. The diagram uses blue triangles, green squares, and red circles connected by lines. At the bottom, there are logos for 'www.seamless-learning.eu', 'European Union', 'interreg', and 'BODENSEE'. The footer contains copyright information: '© 2020 HTWK Konstanz | Dienstleistung | Impressum | Version 2.0.0' and social media icons for Facebook, Twitter, and Email.

**Abb. 1.14** Suchfunktionalität der Plattform

(z. B. *name*: Programmieren für die Suche nach einer Veranstaltung „Programmieren“) nach spezifischen Schlagworten innerhalb der bisher existenten Konzepte zu suchen und passende Ergebnisse zu erlangen. Die gezielte Suche nach möglicherweise relevanten Seamless Learning Konzepten ist somit durch unterschiedlich komplexe Suchmöglichkeiten gegeben.

Es können Konzeptionen gefunden werden, welche bestimmte Brüche, didaktische Prinzipien und/oder Tools in Konzeptionen zusammen bearbeitet worden sind. Die Aufbereitung dieser Beispiele dient dem Teilen von Wissen und Erfahrungen. Dies fördert das kollektive Lernen der Community von Forschenden, Didaktikerinnen und Didaktikern und Lehrenden, die das Seamless Learning vorantreiben. Dazu tragen alle bei, die ihre Konzeptionen auf der Webseite verfassen. So können Konzeptionen systematisch dokumentiert und weitergegeben werden (*Szenario 5*). Innerhalb der digitalen Unterstützungsplattform wurde dies wie in der folgenden Abb. 1.15 umgesetzt. Alle zum Suchbegriff passenden Konzepte werden in einer übersichtlichen Form dargestellt. Die Nutzerin oder der Nutzer ist in der Lage, eine Art Zusammenfassung der einzelnen Konzeptionen auf einen Blick zu bekommen – welche Brüche, didaktischen Prinzipien oder technischen Aspekte wurden z. B. in deren jeweiligen Konzeptionen berücksichtigt. Durch



**Abb. 1.15** Konzeptsuche auf der Plattform

Anklicken eines Konzepts wird dessen ausführliche Version geladen. Darüber hinaus können anhand der Liste die Suchergebnisse weiter verfeinert werden. Ein „Amazon-like“ Suchfilter hilft dabei, die möglicherweise hohe Anzahl an Konzeptionen weiter zu unterteilen und individuell gemäß den eigenen Ansprüchen der Lehrenden zu verfeinern.

Um eine neue Konzeption zu entwickeln (*Szenario 6*), kann das beschriebene Beratungstool verwendet werden. Dieses unterstützt einen systematischen Prozess, um eine Seamless Learning Konzeption für die eigene Unterrichtspraxis zu entwickeln, umzusetzen und zu evaluieren. Über die Nutzung des Tools wird automatisch die oben beschriebene Dokumentation erweitert.

Zusammengefasst bietet der toolbasierte Beratungsansatz:

- Informationen und Erfahrungsbeispiele, die dabei helfen, Seamless Learning verstehen und anwenden zu können.
- Die Möglichkeit, eigene Seamless Learning Erfahrungen zu dokumentieren und zu teilen.
- Die Möglichkeit, mittels technologie-gestützter Beratung eine Seamless Learning Konzeption für die eigene Unterrichtspraxis zu entwickeln.

Darüber hinaus bietet der toolbasierte Beratungsansatz die Möglichkeit, mit anderen Interessierten, Erfahrungsexpertinnen und -experten und der Community in Kontakt zu treten.

## 1.7 Verwendungsoptionen für den toolbasierten Beratungsansatz

In der Entwicklung des toolbasierten Beratungsansatzes hat das Team vom Basisprojekt verschiedene Verwendungsoptionen für den Ansatz diskutiert. Aus diesen Diskussionen haben sich drei typische Anwendungsszenarien herauskristallisiert. Die erste Option, ein für sich stehendes Beratungstool, erscheint dabei als diejenige, die intuitiv gedacht zunächst zu priorisieren wäre. Die Überlegungen zeigen jedoch, dass die Autorinnen und Autoren hier Einschränkungen sehen und eher die Verwendungsoptionen zwei und drei zur weiteren Implementierung vorschlagen.

### Ein für sich stehendes Beratungstool

Die Szenarien, wie oben beschrieben, können von einzelnen Nutzerinnen und Nutzern, z. B. Lehrenden, Didaktikerinnen und Didaktikern oder Bildungsforschenden, direkt verwendet werden. Der Wert der Nutzung hängt dabei stark von der Reichhaltigkeit und der Qualität der Informationen und den Konzepten auf der Webseite ab. Zudem hängt der Wert von der Passung der Informationen und Erfahrungsbeispiele auf das eigene Problem ab (Nutzungsszenarios 1-4). Wenn unterschiedliche Konzepte dokumentiert sind, sind auch unterschiedliche Kontexte abgedeckt, welche die Wahrscheinlichkeit der Passung von einem Beispiel zum eigenen Anwendungskontext erhöhen. Dies verbessert die Auffindbarkeit von relevanten Informationen und erleichtert den Transfer auf die eigene Unterrichtspraxis.

Die Erfahrung zeigt allerdings, dass ein solches Beratungskonzept eine Schwelle der Nutzungszahlen überwinden muss, um eine gewisse Breite an Kontexten und Brüchen abdecken zu können. Diese Breite wird den Wert der Nutzung beeinflussen und Lehrende an die Plattform binden. Erst wenn eine ausreichende Anzahl von Nutzerinnen und Nutzern mit der Plattform arbeitet, ist der Verbreitungsgrad ausreichend, um eine sinnvolle und nutzenstiftende Auswahl und Passung von Informationen bereitzustellen. Nur über das Erreichen der Schwelle kann sich das Konzept zum Selbstläufer entwickeln und als Beratungstool allein Wirkung erzielen. Auch wenn sich diese Verwendungsoption durchsetzt, müssen dennoch Maßnahmen ergriffen werden (z. B. Aktualisierungen, Kontrolle von unstimmgigen Informationen), welche die Qualität der Informationen aufrechterhalten. Aus den Ausführungen kann abgeleitet werden, dass der entwickelte toolbasierte Beratungsansatz, worüber insbesondere die Dokumentation sichergestellt

werden kann, ein Betriebskonzept und eine redaktionelle Betreuung benötigt. Folgend werden zwei Konzepte vorgeschlagen, welche die Reichhaltigkeit (Breite) und Qualität der Informationen weiter vorantreiben könnten.

## **Ein integriertes Beratungskonzept**

Der toolbasierte Beratungsansatz kann als eine Arbeitsmethode in Aus- oder Weiterbildungen für Lehrende oder Didaktikerinnen und Didaktiker in verschiedenen Bildungsinstitutionen eingesetzt werden. Wo ein nicht betreutes reines Onlineformat Nachteile vor allem hinsichtlich des Austausches und Feedbacks mit sich bringt, kann der toolbasierte Beratungsansatz die didaktischen Trainerinnen und Trainer in Aus- und Weiterbildungen entlasten. Die aufgearbeiteten Informationen können von den Lehrenden teilweise selbst erarbeitet werden. Der Entwicklungsprozess ist vorstrukturiert. Dies kann den Raum für Austausch und Feedback innerhalb der Aus- oder Weiterbildung stärken, was dem Grundgedanken der Flipped Classroom Konzeption entspricht. Darüber hinaus kann auch die individuelle Beratungs- und Begleitungsleistung intensiviert werden.

Die Qualität der entwickelten Konzepte wird über den Austausch und die Betreuung im Rahmen der didaktischen Aus- und Weiterbildungen zunehmen, was wiederum dazu beiträgt, die Plattform mit reichhaltigeren Dokumentationen der Seamless Learning Konzepte zu bestücken. Dies wiederum steigert die Qualität des Gesamtansatzes.

## **Ein Publikationskonzept**

Eine andere Herangehensweise, um die Anzahl der Konzepte und deren Qualität zu erhöhen, ist die Steigerung der Motivation der Nutzerinnen und Nutzer. Noch immer ist für viele Lehrende das Teilen der eigenen Arbeit, und damit auch ein Einblick in die eigene Vorgehensweise, nicht selbstverständlich. Der Austausch von Lehrmaterialien funktioniert nur beschränkt. Einen Anreiz gibt es dafür allerdings auch nur selten. Um den Austausch und die Kollaboration unter Dozierenden zu fördern, kann mithilfe des toolbasierten Beratungsansatzes ein System etabliert werden, das ein Anreiz für die Entwicklung und das Teilen von Lehrkonzepten und Materialien bietet. Analog zu der Publikationslogik in Forschungsprojekten kann das Publizieren (und Teilen) von Lehr-Konzepten unterstützt werden. Der toolbasierte Beratungsansatz bietet hier einen Weg zur

Veröffentlichung der eigenen Konzeption. Die vorgegebene Dokumentationsstruktur und das Beratungstool können den Nutzerinnen und Nutzern im Prozess helfen.

Die externe Motivation, ein Konzept zu veröffentlichen, steigert die Qualität der entwickelten Konzepte, dies führt zu mehr dokumentierten Konzepten auf der Plattform.

---

## 1.8 Kritische Reflexion

Der toolbasierte Beratungsansatz wurde wie vorgängig beschrieben aus einem analogen, sehr personengestützten Begleit-Forschungsprozess heraus entwickelt. Die Umstellung auf ein technologiegestütztes Format hat komplexe Fragestellungen mit sich gebracht, die vor, während und nach der Implementierung des Beratungstools diskutiert und reflektiert werden müssen. Die Leitfragen, die den Entwicklungsprozess steuern, wurden in begleiteten, analogen Prozessen getestet. Die Veränderung zu einem digitalen Format, welches mit weniger direkter Interaktion (Begleitung) auskommen muss, führt zu einem neuen Kontext. Es müssen folgende Fragen (neu) gestellt werden:

Will man eine möglichst breite Nutzergruppe ansprechen oder fokussiert man sich auf einen spezifischen Anwenderkreis, damit die notwendige Adaption an die Zielgruppe nicht verloren geht? Aus der Theorie ist bekannt, dass die Verarbeitung von Informationen am besten funktioniert, wenn die Informationen für die primär relevante Zielgruppe bzw. Personen (Cooper, 1999) aufbereitet sind. Das heißt z. B., dass auf dem Vorwissen der Zielgruppe aufgebaut wird. Bei einer breiten und somit heterogenen Gruppe wird eine zielgruppenspezifische Aufbereitung erschwert. Wenn die Informationen zu allgemein werden, besteht die Gefahr, dass die Anwendung oder der Transfer auf die eigene Unterrichtspraxis für die Nutzergruppe erschwert (oder sogar verunmöglicht) wird. Mit der Entscheidung, sich auf eine spezifische Zielgruppe zu fokussieren (wie zum Beispiel im Betriebskonzept vorgeschlagen wurde), verliert man die Breite, welche man gerne hätte, um die Lehre so durchgängig wie möglich gestalten zu können. Aufgrund dieses Spannungsfeldes stellen sich weitere Fragen:

- Wie viele Informationen müssen zu welchem Detaillierungsgrad zur Verfügung gestellt werden, um eine Balance zwischen Zugänglichkeit (Niederschwelligkeit) und Reichhaltigkeit erreichen zu können?

- Wie kann man Personen „ins Boot holen“, welche Probleme zum Seamless Learning angehen möchten, dieses Konzept aber nicht kennen und sich somit nicht angesprochen fühlen?
- Wie eng orientiert man sich an dem Konzept Seamless Learning? Da die Auseinandersetzung mit dem komplexen Konzept eine eher aufwendige Einarbeitung verlangt, wird die Zugänglichkeit (Niederschwelligkeit) des Beratungstools negativ beeinflusst.

Die grundsätzliche Überlegung des Projekts ist es, Seamless Learning Konzepte zur Förderung von durchgängigem Lernen zu entwickeln. Dieses Paradigma beeinflusst die Struktur und die Aufbereitung der didaktischen Materialien im Beratungsansatz. Für Lehren und Lernen, das seamless sein soll, ist ein möglichst breites Publikum aus verschiedenen Disziplinen und Kontexten das Ziel. Insofern muss die Übertragung der persönlichen Begleitung bei der Konzepterstellung auf den toolbasierten Beratungsansatz kontinuierlich evaluiert werden, damit es hier nicht zu neuen Brüchen kommt. Nur so kann die richtige Balance in den beschriebenen Spannungsfeldern kalibriert werden und der toolbasierte Ansatz möglichst viele potenzielle Anwender unterstützen.

---

## Literatur

- Baumgartner, P., & Bergner, I. (2014). Lebendiges Lernen gestalten – 15 strukturelle Empfehlungen für didaktische Entwurfsmuster in Anlehnung an die Lebenseigenschaften von Christopher Alexander. In K. Rummmler (Hrsg.), *Lernräume gestalten – Bildungskontexte vielfältig denken* (S. 163–173). Waxmann.
- Cohn, M. (2009). *Succeeding with agile: Software development using scrum*. Addison-Wesley Professional.
- Cooper A. (1999). The inmates are running the asylum. In U. Arend, E. Eberleh, & K. Pitschke (Hrsg.), *Software-Ergonomie '99. Berichte des German Chapter of the ACM* (bd. 53, S. 17). Vieweg+Teubner. [https://doi.org/10.1007/978-3-322-99786-9\\_1s](https://doi.org/10.1007/978-3-322-99786-9_1s).
- Dilger, B., Gommers, L., & Rapp, C. (2019a). The learning problems behind the seams in seamless learning. In C. -K. Looi, L. -H. Wong, C. Glahn, & S. Cai (Hrsg.), *Seamless learning: Perspectives, challenges and opportunities* (S. 29–51). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-3071-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3071-1_2).
- Dilger, B., Gommers, L., Rapp, C., Trippel, M., Butz, A., Huff, S., Müller, R., & Schimkat, R. (2019b). Seamless Learning als Ansatz zum Umgang mit flexiblem Lehren und Lernen – Erfahrungsbericht aus dem Seamless Learning Lab. *Flexibles Lernen an Hochschulen gestalten*, 14(3), 361–376.
- Euler, D. (2014). Design research – A paradigm under development. In D. Euler & P. Sloane (Hrsg.), *Design-Based Research* (S. 15–44). Franz Steiner.

- Gülbahar, Y., Rapp, C., Kilis, S., & Sitnikova, A. (2017). Enriching higher education with social media: Development and evaluation of social media toolkit. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning (IRRODL)*, 18(1), 23–39.
- Huff, S., Keh, T., Lang M., Mohr G., Trippel M., Mueller R., & Schimkat R. (2020). Seamless Learning Plattform – Digitale Unterstützung der Lehrenden bei der Konzipierung, Entwicklung, Erstellung von und der Suche nach Lehr-/Lernkonzepten. In C. Müller Werder & J. Erlemann (Hrsg.), *Seamless Learning – lebenslanges, durchgängiges Lernen ermöglichen* (S. 231–234). Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830992448>
- Kohls, C. (2017). *Gute Lösungen finden und teilen mit Entwurfsmustern*. Blogbeitrag Hochschulforum Digitalisierung. <https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/blog/gute-loesungen-finden-und-teilen-mit-entwurfsmustern>.
- Reinmann, G. (2019). *Wessen Problem?* <https://gabi-reinmann.de/?p=6492>.
- Wong, L.-H., & Looi, C.-K. (2011). What seams do we remove in mobile-assisted seamless learning? A critical review of the literature. *Computers & Education*, 57(4), 2364–2381.

**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.





# Modellieren, Visualisieren und die Simulation dynamischer Systeme als Seamless Learning – Ein Beitrag zu diesem Prozess aus der Praxis am Beispiel eines Mathematikmoduls

# 2

Carola Pickhardt, Hans U. Fuchs, Elisabeth Dumont,  
Katrin Hügel und Andreas Witzig

## 2.1 Einleitung

Das Schreiben dieses Artikels fällt in eine Zeit, welche durch die Ausbreitung der Covid-19 Pandemie geprägt ist. Diese Pandemie stellt Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger aus Politik und Gesundheitswesen täglich aufs Neue vor die Herausforderung mit geeigneten Maßnahmen die Dynamik der

---

C. Pickhardt (✉)

Fakultät Life Sciences, Hochschule Albstadt-Sigmaringen, Sigmaringen, Deutschland  
E-Mail: [pickhardt@hs-albsig.de](mailto:pickhardt@hs-albsig.de)

H. U. Fuchs

Faculty of Education, University of Bolzano, Bozen, Italien  
E-Mail: [hansulrich.fuchs@unibz.it](mailto:hansulrich.fuchs@unibz.it)

E. Dumont

Institut für Angewandte Mathematik und Physik (IAMP), ZHAW School of Engineering,  
Winterthur, Schweiz  
E-Mail: [dumo@zhaw.ch](mailto:dumo@zhaw.ch)

K. Hügel

Institut für Modellbildung und Simulation, Fachhochschule St. Gallen (FHS), St. Gallen,  
Schweiz  
E-Mail: [katrin.huegel@fhsg.ch](mailto:katrin.huegel@fhsg.ch)

A. Witzig

Institute of Computational Physics, ZHAW School of Engineering, Winterthur, Schweiz  
E-Mail: [wita@zhaw.ch](mailto:wita@zhaw.ch)

© Der/die Autor(en) 2022

B. Dilger et al. (Hrsg.), *Seamless Learning*,  
[https://doi.org/10.1007/978-3-658-34698-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-658-34698-0_2)

35

Pandemie einzudämmen. Diese Entscheidungen werden im engen Dialog mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern getroffen, welche Daten sammeln, auswerten und zur Simulation des Infektionsgeschehens verwenden. Diese Tage zeigen wie wichtig es ist Simulationsmodelle zu entwickeln, zu verstehen und zur Entscheidungsfindung heranzuziehen. Für die Kommunikation zwischen Wissenschaft und Politik muss hierbei eine gemeinsame Sprache gefunden werden, denn „to understand the value of COVID-19 models, it’s crucial to know how they are made and the assumptions on which they are built“ (Adam, 2020). Das Projekt MoSeL bietet Lösungsansätze für durchgängige Bildungs- und Arbeitsprozesse, welche zur Nutzung der Simulation dynamischer Systeme für eine (nachhaltige) Entscheidungsfindung befähigen. Hierzu gehört ein durchgängiger Kompetenzaufbau vom Modellieren zur Simulation dynamischer Systeme ebenso wie die Befähigung zur Kommunikation zwischen verschiedenen Berufsgruppen.

Für die Entwicklung und eine verständnisorientierte Nutzung der Simulation dynamischer Systeme zur (nachhaltigen) Entscheidungsfindung sind Modellieren und Visualisieren grundlegende Kompetenzen. „Modellbildung und Simulation sind [...] unentbehrliche Hilfsmittel für das Verständnis unserer Welt und für den ‚vernünftigen‘ Umgang mit ihr geworden“ (Bossel, 2004). Daher kommen dem Aufbau und der Vermittlung dieser Kompetenzen eine besondere Bedeutung zu. Es ist jedoch festzustellen, dass die Vermittlung dieser Kompetenzen im Verlauf einer Bildungsbiographie nicht nahtlos erfolgt. Die konstruktive Gestaltung der Übergänge zwischen verschiedenen Bildungseinrichtungen (Schule-Hochschule, Hochschule-Betrieb) ist für alle Bildungsinhalte und auch sozialen Aspekte des Lernenden als wichtiger Aspekt für das Gelingen einer Bildungsbiographie erkannt worden (Hemkes & Wilbers, 2019). Im Falle des Kompetenzaufbaus Modellieren und Visualisieren hin zur Nutzung der Simulation dynamischer Systeme zur Entscheidungsfindung wird die Kontinuität in der Ausbildung noch nicht realisiert, da in der Praxis noch kein übergeordnetes Verständnis für die verschiedenen – in den Bildungseinrichtungen behandelten -Teilaspekte des Modellierens, Visualisierens und der Simulation definiert sind. In der Bodenseeregion ist es von zusätzlichem Interesse neben den Übergängen der Lernkontexte zwischen Bildungseinrichtungen auch die Übergänge zwischen den Ländern konstruktiv zu gestalten, um Modellierungs-, Visualisierungs- und Simulationsprozesse auch länderübergreifend wirtschaftlich erfolgreich einzusetzen. Das Projekt MoSeL (Modellieren, Visualisieren und die Simulation dynamischer Systeme als Seamless Learning) befasste sich daher mit der Entwicklung von (im Bodenseeraum länderübergreifenden) Konzepten für einen nahtlosen (seamless) Bildungs- und Arbeitsprozess, der zum Modellieren, Visualisieren und zur Nutzung sowie

Gestaltung der Simulation dynamischer Systeme befähigt. Wichtige Meilensteine und Entwicklungen des Projektes sind

- Entwicklung eines für alle Bildungsbereiche geltenden Modellierungs- und Simulationsprozesses, welcher einen nahtlosen Kompetenzaufbau vom Modellieren hin zur Simulation dynamischer Systeme sowie ein durchgängiges Arbeiten in diesen Bereichen über verschiedene Bildungskontexte hinweg ermöglicht
- Erarbeitung einer Konzeption, welche die in verschiedenen Bildungsstufen erlernten Kompetenzen nahtlos miteinander verknüpft
- Exemplarische Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse zu Modellierungs- und Simulationsprozessen unter Berücksichtigung der erarbeiteten Konzeption in verschiedenen Bildungsbereichen der Hochschule sowie Implementierung mittels Design-Based Research (Entwicklung geeigneter Lernobjekte)

## Modellierungs- und Simulationsprozess

Mathematisches Modellieren ist eine der sechs allgemeinen mathematischen Kompetenzen, die in den Bildungsstandards Mathematik ausgewiesen sind. Als Reaktion auf die PISA-Studie wurden 2003 die Bildungsstandards durch einen Beschluss der deutschen Kultusministerkonferenz eingeführt. Die Bildungsstandards beschreiben die fachbezogenen Kompetenzen, welche Schülerinnen und Schüler im Verlauf ihrer Schullaufbahn bis zum Schulabschluss erwerben sollen (Blum, 2012). Die zu erwerbende Modellierungskompetenz ist die Fähigkeit nötige Prozessschritte beim Wechsel zwischen Realität und Mathematik problemadäquat durchzuführen, um eine realitätsbezogene Situation durch den Einsatz mathematischer Mittel einer Lösung zuzuführen. Die Analyse und die vergleichende Beurteilung verwendeter Modelle ist ebenfalls Gegenstand dieser Kompetenz (Blum, 2007a). In diesem Kontext ist ein mathematisches Modell als ein vereinfachtes mathematisches Abbild der Realität zu verstehen, welches den zu bearbeitenden Sachverhalt einer Bearbeitung zugänglich macht (Henn, 2002). Um mathematisches Modellieren zu lehren und zu lernen ist ein Modell des Modellierungsprozesses nützlich. Der gesamte Modellierungsprozess wird in den vorhandenen Modellen meist als Kreislauf dargestellt (Greefrath et al., 2013). In der Praxis wird häufig ein siebenschrittiger Modellierungskreislauf verwendet, welcher im Vergleich zu den sonstigen Modellen um eine mentale Repräsentation der Situation erweitert wurde (Blum & Leiß, 2007). Für die Entwicklung des

Modellierungs- und Simulationsprozesses wurde dieser siebenschrittige Modellierungskreislauf als Grundlage verwendet, u. a. um so zur Erreichung einer Durchgängigkeit beim Kompetenzaufbau an schulische Lernerfahrungen anknüpfen zu können. Der Teilprozess der Konstruktion eines mentalen Modells als erster Schritt dieses Modellierungskreislaufes ermöglicht darüber hinaus eine Anbindung an einen narrativen Ansatz zur Modellbildung über die Simulation dynamischer Systeme (Fuchs, 2015). In diesem Ansatz wird die Simulation dynamischer Systeme als Narration verstanden (Wise, 2017). Stories und Story Worlds der modernen Narratologie (Herman, 2002) spielen hierbei eine zentrale Rolle. Story Worlds sind die Welten, welche in unseren Köpfen entstehen, wenn wir eine Geschichte hören – sind somit mentale Modelle. Die Story ist eine konkrete Handlung, welche in der Story World abläuft. Aus gehörten oder gelesenen Geschichten in der realen Welt werden mentale Modelle, die sich der Rezipient – aufbauend auf seinen bereits gemachten Erfahrungen – selbst bildet, um die Geschichte zu verstehen. An diese Fähigkeit wird angeknüpft, wenn die Simulation komplexer Systeme als Narration betrachtet wird. Hierbei werden die verwendeten Modelle als Story Worlds betrachtet und die Simulation, die mit ihnen durchgeführt wird, sind wie die Stories (Handlungen/Erzählungen), die vor dem Hintergrund der Modellwelt ablaufen (Fuchs, 2015).

Der Wechsel von einem in einem physikalischen Experiment beobachteten dynamischen System bzw. einer Simulation dieses dynamischen Systems zum (mathematischen) Modell entspricht somit dem von früher Kindheit an erlernten Prozess des Wechsels zwischen einer realen Geschichte und dem mentalen Modell dieser Geschichte. Dies ist in einem Modell zusammengefasst und dem Modellierungskreislauf nach Blum angefügt. Darüber hinaus wurde Schritt 4 „mathematisch Arbeiten“ des Modellierungskreislaufes, um den Prozess des mehrmaligen Wiederholens durch computergestützte Rechnungen ergänzt, sodass aus dem mathematischen Modellieren eine Simulation wird.

Der so entwickelte Modellierungs- und Simulationsprozess ist in Abb. 2.1 zusammengefasst.

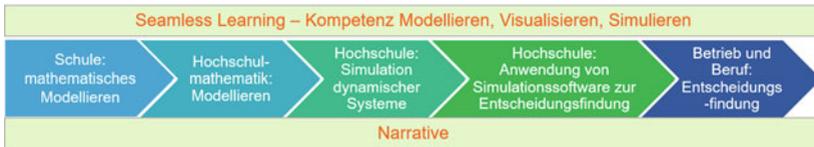
## **Konzeption zum Kompetenzaufbau**

Erfolgreiches Modellieren und Visualisieren sowie die verständnisorientierte Nutzung der Simulation dynamischer Systeme erfordert ein Lernen und Arbeiten über Kontexte hinweg. Diese gewünschte Durchgängigkeit ist noch nicht realisiert und es finden sich noch Brüche insbesondere bei dem Übergang zwischen verschiedenen Bildungsstufen (Abb. 2.2).





**Abb. 2.2** Ausgangslage – Brüche zwischen verschiedenen Bildungsstufen



**Abb. 2.3** Konzeption für einen durchgängigen Kompetenzaufbau vom Modellieren und Visualisieren hin zur Anwendung der Simulation dynamischer Systeme zur Entscheidungsfindung

Seamless Learning bietet einen Rahmen lebenslanges, nahtloses Lernen über Kontexte hinweg zu ermöglichen und ist somit das Konzept der Wahl für den Lehr- und Lernprozess zum Aufbau dieser Fähigkeiten. Neben der inhaltlichen Abstimmung und dem narrativen Ansatz zur Bildung von Modellen und Simulationen ist Seamless Learning ein weiteres wichtiges verbindendes Element, um das Ziel für mehr Durchgängigkeit im Verlauf einer Bildungsbiographie zu erreichen. Unter Berücksichtigung dieser definierten verbindenden Elemente wurden Lernobjekte entwickelt, um so die Brüche im Verlauf einer Bildungsbiographie zu überwinden (Abb. 2.3).

Die einzelnen neu entwickelten Lernobjekte werden im nächsten Kapitel vorgestellt.

## Neuentwickelte Lernobjekte

Für die einzelnen Bildungs- und Arbeitsstufen in der unter 1.2 aufgeführten Konzeption wurden geeignete Lernobjekte entwickelt und aufeinander abgestimmt, indem die Grundlagen des unter 1.1. vorgestellten Modellierungs- und Simulationsprozesses berücksichtigt wurden. Verbindende Elemente zwischen allen Lernobjekten sind – so wie es die Konzeption vorsieht – Seamless Learning und narratives Verstehen.

Die neuentwickelten Lernobjekte sind:

- Mathematische Grundlagen und mathematisches Modellieren in den Life Sciences (Hochschule Albstadt-Sigmaringen, Fakultät Life Sciences) – Arbeits- und Bildungsstufe: Hochschulmathematik (Modellieren)
- Natur, Technik und System 1 (Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, School of Engineering, Institute of Applied Mathematics and Physics) – Arbeits- und Bildungsstufe: Hochschule (Simulation dynamischer Systeme)
- Natur, Technik und System 2 (Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, School of Engineering, Institute of Applied Mathematics and Physics) – Arbeits- und Bildungsstufe: Hochschule (Simulation dynamischer Systeme)
- Solartechnik – Bachelorstudium (Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, School of Engineering, Institute of Computational Physics) – Arbeits- und Bildungsstufe: Hochschule (Anwendung von Simulationssoftware zur Entscheidungsfindung)
- Solartechnik – Techniker/Handwerker (Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, School of Engineering, Institute of Computational Physics) – Arbeits- und Bildungsstufe: Betrieb und Beruf (Entscheidungsfindung)
- Anwendung von Simulationsmodellen – Schulung für pflegende und betreuende Angehörige (Fachhochschule St. Gallen, Institut für Modellbildung und Simulation) – Arbeits- und Bildungsstufe: Betrieb und Beruf (Entscheidungsfindung)

Durch die Verknüpfung von zukunftssträchtigen Lerninhalten (Modellieren, Visualisieren, Simulation dynamischer Systeme) mit einer neuartigen Lehr- und Lernform (Seamless Learning SL und mobile-assisted Seamless Learning MSL) wurde ein innovatives durchgängiges Angebot im Bereich Aus- und Weiterbildung unter Anwendung von Design-Based Research gestaltet und weiterentwickelt. Dies war nur im Verbund des IBH-Labs Seamless Learning möglich, da die Übertragung von Seamless Learning und mobile-assisted Seamless Learning auf die konkreten ausgewählten Lernszenarien (Mathematik, NTS, Solartechnik, Schulung von Entscheidungsfindern) sowie die didaktische Konzeptionsentwicklung und Evaluation durch das IBH-Lab Projekt 1 (Basisprojekt) fachlich begleitet wurden.

Als ausgewähltes Einzelobjekt einer neu entwickelten mobile-assisted Seamless Learning-Konzeption wird in dem nachfolgenden Abschn. 3.2 das Mathematik Modul „Mathematische Grundlagen und mathematisches Modellieren in den Life Sciences“ beschrieben.

## 2.2 Entwicklung eines kompetenzorientierten Mathematik-Moduls unter Berücksichtigung von Seamless Learning

Im Rahmen des Projektes MoSeL erfolgte die Umstellung eines in der Fakultät Life Sciences der Hochschule Albstadt-Sigmaringen gelehrt Mathematik-Moduls von der inhaltsbezogenen zur kompetenzorientierten Lehre unter Berücksichtigung von Seamless Learning. Der Entwicklungsprozess sowie die Ergebnisse dieses Prozesses werden nachfolgend vorgestellt.

### Ausgangssituation

Die erarbeiteten Projektziele und Entwicklungen geben für die Konzeption des neuen Mathematik-Moduls wichtige Rahmenbedingungen vor.

Hierzu gehören:

- die Anschlussfähigkeit an die mathematische Schulbildung
- Berücksichtigung des entwickelten Modells für einen Modellierungs- und Simulationsprozess
- Beitrag zum durchgängigen Kompetenzaufbau vom Modellieren hin zur Simulation dynamischer Systeme und deren Nutzung zur (nachhaltigen) Entscheidungsfindung
- Berücksichtigung von Seamless Learning (lebenslanges, kontextübergreifendes Lernen ermöglichen)

Um die Anschlussfähigkeit an die mathematische Schulbildung zu gewährleisten, müssen die in den Bildungsstandards genannten mathematischen Kompetenzen (Leiß & Blum, 2012) berücksichtigt werden, dies sind:

- Mathematisch argumentieren,
- Probleme mathematisch lösen,
- Mathematisch modellieren,
- Mathematische Darstellungen verwenden,
- Mit Mathematik symbolisch, formal und technisch umgehen,
- Mathematisch kommunizieren.

Die Kompetenz Mathematisch modellieren hat bei der Entwicklung des neuen Lernobjektes einen besonderen Stellenwert, da der Modellierungskreislauf nach

Blum und Leiß (Blum & Leiß, 2007), welcher auch bei der schulischen Bildung eingesetzt wird, Bestandteil des entwickelten Modellierungs- und Simulationsprozesses ist (siehe Abb. 2.1) ist und Mathematisches Modellieren in dieser Arbeit als mathematische Kernkompetenz der angewandten Wissenschaften postuliert wird. Mathematisches Modellieren ist untrennbar mit den anderen mathematischen Kompetenzen verwoben (Niss, 2003) und kognitiv anspruchsvoll, was sich auch in den erforderlichen Kompetenzen für die Teilschritte des siebenstufigen Modellierungskreislaufes (siehe Tab. 2.1) widerspiegelt (Greefrath et al., 2013).

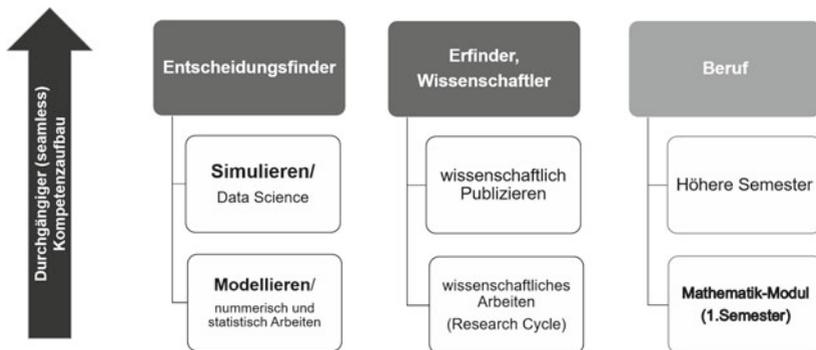
Die Berücksichtigung des entwickelten Modellierungs- und Simulationsprozesses, welcher auf den Modellierungskreislauf mit seinen 7 Teilschritten aufbaut, macht das neu zu entwickelnde Mathematik-Modul zu einem geeigneten Bindeglied zwischen Schulbildung und der Simulation dynamischer Systeme in der Hochschulbildung. Durch Fortsetzung eines modellierungsorientierten Mathematikunterrichts im Rahmen der mathematischen Hochschuldidaktik soll auch der Forderung gerecht werden, dass Modellierungskompetenzen langfristig und gestuft aufgebaut werden, was durch eine allmähliche Steigerung der Komplexität der Aufgaben, ein breites Spektrum an Aufgabentypen und eine systematische Variation der Kontexte, den parallelen Aufbau heuristischer Fähigkeiten sowie häufige Übungs- und Festigungsphasen gelingen kann (Blum, 2007b). Darüber hinaus sollten Modellierungskompetenzen nicht losgelöst vom Aufbau der Stoffinhalte vermittelt werden, sondern in diese integriert (Blum, 2007b). Dabei eignet sich Gruppenarbeit besonders für den Modellierungsprozess. Die Gruppe fungiert nicht nur als soziales Umfeld sondern beeinflusst auch die kognitiven Prozesse positiv (ko-konstruktive Gruppenarbeit) (Ikeda & Stephens, 2001). Neben dem Mathematischen Modellieren wurde in dem Projekt MoSeL auch die Kompetenz „Mathematische Darstellungen verwenden“ als wichtiger Beitrag für einen erfolgreichen Kompetenzaufbau hin zur Simulation dynamischer Systeme und deren

**Tab 2.1** Teilschritte des Mathematischen Modellierens

Teilschritt	Kompetenz
1	Verstehen
2	Vereinfachen/strukturieren
3	Mathematisieren
4	Mathematisch arbeiten
5	Interpretieren
6	Validieren
7	Vermitteln

Nutzung zur Entscheidungsfindung identifiziert. So wurde bei einer Schulung für simulationsgestütztes Coaching von pflegenden und betreuenden Angehörigen beobachtet, dass die Trainees Schwierigkeiten bei der Interpretation der grafischen Darstellung der Simulationsergebnisse hatten (Hügel, 2019). Die geschilderten Aspekte zeigen, dass in dem zu entwickelnden Mathematik-Modul die Lehre und das Lernen kompetenzorientiert erfolgen müssen. Dies deckt sich auch mit der Zielsetzung des Bologna-Prozesses Lernergebnisse und Kompetenzvermittlung in die Studienreform einzubinden, was konzeptionell an den Diskurs zum lebenslangen Lernen in der digitalisierten Wissensgesellschaft anschließt (Wildt & Eberhardt, 2010). Aus den genannten Aspekten lässt sich das übergeordnete Ziel, Bildung für Entscheidungsfinder und Wissenschaftler bzw. Erfinder einer digitalisierten Wissensgesellschaft anzubieten – und dies möglichst durchgängig – ableiten. Wie ein Mathematik-Modul im ersten Hochschulsemester zu diesem Prozess beitragen kann ist in Abb. 2.4 skizziert.

Um eine durchgängige – kontextübergreifende – Vermittlung und Anwendung der gewünschten Kompetenzen zu erreichen, bietet sich eine Seamless Learning-Konzeption an. In Tab. 2.2 sind ausgewählte Publikationen, aus denen die Anforderungen an die zu entwickelnde Seamless Learning-Konzeption abgeleitet wurden, aufgeführt. Eine differenzierte Betrachtung der Definitionen führt zu inhaltlichen Unterscheidungen bei der Verwendung des Konzeptes. Der Lernende kann nahtlos lernen, wenn entweder seine Lernumgebung nahtlos gestaltet ist oder er dazu fähig ist, selbstständig zwischen verschiedenen Lernszenarien zu



**Abb. 2.4** Durchgängige (seamless) Bildung für Entscheidungsfinder und Erfinder/Wissenschaftler – Beitrag eines Mathematik-Moduls

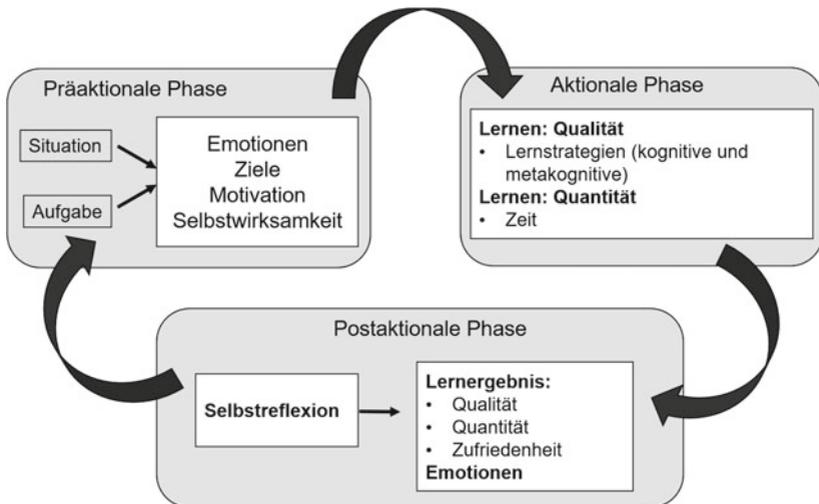
**Tab. 2.2** Seamless Learning – ausgewählte Publikationen

Quelle	Zitat/Inhalt
Kuh (1996)	„The word seamless suggests that what was once believed to be separate, distinct parts (e.g., in-class and out-of-class, academic and nonacademic curricular and cocurricular, or on-campus and off-campus experiences) are now of one piece, bound together so as to appear whole or continuous. In seamless learning environments, students are encouraged to take advantage of learning resources that exist both inside and outside the classroom“
Chan et al. (2006)	„Seamless learning implies that a student can learn whenever they are curious in a variety of scenarios and they can switch from one scenario to another easily and quickly using the personal device as a mediator“
Wong und Looi (2011)	Ausgehend von einer Literaturanalyse zum Thema MSL werden 10 MSL-Dimensionen postuliert
Wong (2012)	Visualisierung eines Modells für mobile-assisted Seamless Learning (MSL), welches MSL aus der Sicht des Lernenden beschreibt und die 10 MSL-Dimensionen beinhaltet

wechseln. Ersteres erfordert Kompetenzen des Lehrenden. Dieser muss die Lernumgebung so gestalten, dass der Lernprozess möglichst „seamless“ ist, d. h. (unerwünschte) Brüche müssen bewusst beseitigt werden. Letzteres erfordert Kompetenzen des Lernenden, welche in dieser Arbeit als Seamless Learning-Kompetenzen bezeichnet werden. Diese Kompetenzen kann der Lernende nur erlangen, wenn er möglichst oft mit Brüchen, die er selbstständig überwinden muss, konfrontiert wird und diese Brüche bewusst überwindet. Dies erfordert Lernkonzepte, die die Vielfalt von Lernszenarien bewahren und bewusst hervorheben. Für solche Lernkonzepte haben Lackner und Raunig den Begriff Seam-aware Learning eingeführt (Lackner & Raunig, 2016). Die zu entwickelnde Seamless Learning-Konzeption soll somit dem Aufbau der Seamless Learning-Kompetenzen des Lernenden dienen und unerwünschte Brüche („seams“) beseitigen. Gelingt dies, wird der Lernende und Arbeitende dazu befähigt, nahtlos (seamless) zwischen unterschiedlichen Bildungskontexten und Lernszenarien zu wechseln. Wird dieser Wechsel durch ein Konzept ermöglicht, welches eine Verbindung von mobilem Lernen (Nutzung von mobilen Endgeräten) und durchgängigen Lernen ist, spricht man von mobile-assisted Seamless Learning (MSL).

Thomas Föbfl verweist im Buch „Seamless Learning: Eine Feldstudie über den Einsatz von problembasierten Lernvideos in einem offenen Mathematikunterricht“ auf die Bedeutung des selbstgesteuerten Lernens (SGL) für Seamless Learning Konzeptionen (Föbfl, 2014). Dabei wird der Erfolg eines Konzeptes zum durchgängigen Lernen auch von der Fähigkeit des Lernenden bzw. Arbeitenden zum selbstgesteuerten Lernen abhängig gemacht. In dem Phasenmodell von Schmitz und Wiese (Schmitz & Wiese, 2006) wird das selbstgesteuerte Lernen als Zyklus einer präaktionalen Phase (Handlungs- und Lernvorbereitungen finden statt), einer aktionalen Phase (eigentlicher Lernprozess) und einer postaktionalen Phase (Selbstreflexion über den durchlaufenen Lernprozess) beschrieben. Die Abfolge dieser Lernzustände ist in Abb. 2.5 dargestellt.

Ein weiterer zu beachtender Aspekt bei der Entwicklung des Moduls ist die Motivation der Studierenden. Ursachen für eine mangelnde Motivation sind oft ein fehlender Anwendungsbezug (Studierende: „Wozu brauchen wird das?“) bzw. Anwendungen aus – für die Studierenden – uninteressanten Themenbereichen, Frustration bedingt durch mangelnde Erfolgserlebnisse sowie ein scheinbar nicht zu bewältigendes Arbeitspensum. Sollen erlernte Kompetenzen im Verlauf einer Arbeits- und Bildungsbiographie durchgängig Anwendung finden, so dürfen diese



**Abb. 2.5** Prozessmodell von Schmitz und Wiese (2006) gezeichnet unter Verwendung der Übersetzungen von Föbfl (2014)

nicht verlernt bzw. vergessen werden. Als erfolgreiche Strategie für ein langfristig, also nachhaltig wirksames Lernen hat sich ein Wechsel aus Lern- und Testphasen erwiesen (Roediger & Karpicke, 2006). Nachhaltigkeit beim Wissenserwerb muss somit als wichtige Voraussetzung für Seamless Learning ebenfalls als Ziel der Entwicklung fokussiert werden. Alle aus den genannten Aspekten abgeleiteten Ziele für die Entwicklung des neuartigen Mathematik-Moduls sind mit den geplanten Maßnahmen in Tab. 2.3 aufgeführt.

Das methodische Vorgehen sowie die eingeführte Konzeption zur Umsetzung der Maßnahmen und dem damit verbundenen Erreichen der Ziele werden im nächsten Kapitel beschrieben.

**Tab. 2.3** Ziele und Maßnahmen der Entwicklung eines neuartigen Mathematik-Moduls

Ziele	Maßnahmen
Vermittlung von Kompetenzen	Kompetenzorientierte Lehre
Kompetenzaufbau Modellieren/Simulieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwerpunkt mathematisches Modellieren</li> <li>• Mathematische Grundlagen für Verständnis/Nutzen von Simulationsprogrammen</li> <li>• Modell Modellierungs- und Simulationsprozesse unter Berücksichtigung von Narrationen in der Lehre</li> </ul>
Vorbereitung auf das wissenschaftliche Arbeiten an der Schnittstelle Schule/Hochschule	Wissenschaftspropädeutik
Lebenslanges, kontextübergreifendes Lernen und Arbeiten reibungslos ermöglichen	(mobile-assisted) Seamless Learning (MSL)
Selbstgesteuertes Lernen (SGL) der Studierenden	Unterstützung beim selbstgesteuerten Lernen
Anwendungsbezug	Mathematisches Modellieren von Themen aus dem Studiengang
Nachhaltigkeit beim Wissenserwerb	Online-Tests mit Wiederholmöglichkeit kontinuierlich im Semester (Lernen/Testen/Lernen/Testen)
Motivation der Studierenden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematisches Modellieren selbstgewählter Themen</li> <li>• Online-Tests mit Feedbacksystem</li> <li>• Einheitliche, überschaubare Arbeitsmodule</li> </ul>

## Methodisches Vorgehen und Konzeption

Mit dem Wechsel von der inhaltsbezogenen zur kompetenzorientierten Lehre wurde bereits im Sommersemester 2015 begonnen. Die einzelnen Maßnahmen dieses systemischen Veränderungsprozesses sind in dem Sigmaringer Mathematik-Programm (SIGma-P) zusammengefasst. Zum Sommersemester 2018 wurde dieses Programm mit der Einführung des Mathematik-Moduls „Mathematische Grundlagen und mathematisches Modellieren in den Life Sciences“ abgeschlossen. Dieser Wechsel wurde unter Berücksichtigung von Seamless Learning vollzogen, indem das Modul um alle Anforderungen eines erarbeiteten didaktischen Prototyps einer Seamless Learning-Konzeption ergänzt wurde. Die Implementierung des Mathematik-Moduls erfolgte mittels eines Design-Based Research-Ansatzes. Dementsprechend wurde die erste Umsetzung (Pilot) evaluiert und eine unter Berücksichtigung der Evaluationsergebnisse weiterentwickelte Konzeption (Re-Design) zum Wintersemester 2018/2019 realisiert. Neben den Evaluationen, welche speziell für den Forschungsansatz entwickelt und durchgeführt wurden, wurden auch hochschuleigene Evaluationen berücksichtigt. Die aus dem Forschungsansatz ergänzten Evaluationen sind: eine Fokusgruppenbefragung (durchgeführt am 22.05.2017), Teaching Analysis Poll TAP (durchgeführt am 17.0.2018), online-Umfragen (kontinuierlich durchgeführt ab Sommersemester 2018) und eine Evaluation im Pre-Posttest-Design (durchgeführt im Wintersemester 2018/2019).

## SIGma-P: Sigmaringer Mathematik-Programm

In dem Sigmaringer Mathematik-Programm sind aufeinander abgestimmte Maßnahmen gebündelt, deren Umsetzung zu einer kompetenzorientierten Lehre führt. Damit verbunden sind umfassende und inhaltlich weitreichende Veränderungen, die im laufenden Lehrbetrieb umgesetzt werden müssen. Eine zeitgleiche Umsetzung aller Maßnahmen lässt sich nur schwer realisieren. Daher wurde der Wechsel in drei Schritten vollzogen.

Begonnen wurde zum Sommersemester 2015 mit der Einführung einer kompetenzorientierten Mathematikvorlesung. Hierbei werden in einem 4-Stufen-Lern- und-Lehr-Prozess die mathematischen Inhalte modulartig in vier Stufen kompetenzorientiert erarbeitet und bearbeitet (siehe Abb. 2.6), wobei vier der in den Bildungsstandards Mathematik ausgewiesenen Kompetenzen als jeweils eine Stufe vertreten sind.



**Abb. 2.6** 4-Stufen-Lern- und Lehr-Prozess Mathematik

Zu jeder Stufe gibt es im Folienscript zur Vorlesung jeweils eine Seite mit den wichtigsten Informationen. So wird der zu bearbeitende Vorlesungsinhalt in überschaubare Arbeitseinheiten unterteilt. Durch das Bearbeiten aller Inhalte nach diesem Prozess erlernen die Studierenden ein methodisches Vorgehen zum verständnis- und kompetenzorientierten Erarbeiten von mathematischen Inhalten, um diese in der Praxis und beim mathematischen Modellieren anzuwenden. Die Kompetenz Mathematische Darstellungen verwenden wird in jede Stufe integriert. Probleme mathematisch lösen erfolgt in Zusammenhang mit Stufe 3 und 4. Durch Einsatz einer Mathematik-App in Stufe 3 wird E-Learning dort eingesetzt wo individuelles Lernen (Üben im eigenen Tempo sowie orts- und zeitunabhängig) von Vorteil ist. Realisiert wird dies zum Teil auch in Stufe 1 durch den Einsatz von Videos. Stufen 2 und 4 erfordern den direkten Austausch und die Diskussion mit dem Lehrenden und sollten daher immer im Präsenzunterricht stattfinden. Die Umsetzung des 4-Stufen-Lern- und Lehr-Prozess erfolgt somit im Blended Learning.

Um die Kompetenz Mathematisch modellieren als Lernergebnis des Moduls zu erreichen, sind neben einer kompetenzorientierten Vorlesung geeignete Lern- und Testaufgaben erforderlich. Daher wurden in Schritt zwei gemeinsam mit Studierenden geeignete Modellierungsaufgaben aus den Studiengängen der Fakultät Life Sciences entwickelt, in die vorlesungsbegleitenden Arbeitsunterlagen integriert (u. a. als Aufgaben in Stufe 4) sowie Untersuchungen zu Modellierungskompetenzen durchgeführt (Brinkner, Referentinnen, & Referenten, 2016). Letzteres

liefert Kenntnisse über die Bearbeitungsstrategien der Studierenden. Diese Kenntnisse sind hilfreich und wichtig, um die Studierenden optimal beim Lernprozess unterstützen zu können.

Mit dem dritten Schritt des Sigmaringer Mathematik-Programms wird der Notwendigkeit der Veränderung der Prüfungsform Rechnung getragen. Diese muss methodisch und inhaltlich an die gewünschten Lernergebnisse und die Art der Kompetenzvermittlung angepasst sein. Durch die Überarbeitung der Studien- und Prüfungsordnung der Fakultät Life Sciences im Wintersemester 2017/2018 und der damit verbundenen Einführung eines Portfolios als Prüfungsform konnte eine kompetenzorientierte Prüfung realisiert werden und die bis dahin noch geschriebenen Klausuren ersetzen. In Tab. 2.4 sind die Lernaufgaben des Portfolios den entsprechenden Lernergebnissen zugeordnet.

Mit dem Portfolio werden die Lernaufgaben in Form von Gruppen- und Einzelarbeiten sowie Online-Tests und die zu erzielenden Lernergebnisse ideal

**Tab. 2.4** Lernergebnisse und die entsprechenden Lernaufgaben des Prüfungsportfolios

Inhalt Portfolio		
Ergebnisse von 7 <b>Online-Tests</b> , die während des Semesters absolviert werden	<b>Einzelarbeit:</b> Konzept zum Selbstständigen kompetenzorientierten Erarbeiten eines neuen mathematischen Inhalts mit einer Modellierungsaufgabe hierzu (4-Stufen-Lern-und-Lehr-Prozess)	<b>Gruppenarbeit:</b> Mathematische Modellierung eines von den Studierenden selbst gewählten Themas aus den Life Sciences
Geprüfte Lernergebnisse (learning outcomes), Kompetenzen (What you test is what you get)		
Wissen	Fertigkeiten	Sozialkompetenz
Die Studierenden verfügen über ein integriertes Fachwissen in den im Modul vermittelten mathematischen Inhalten	Die Studierenden können sich selbstständig kompetenzorientiert mathematische Inhalte erarbeiten, einen Erarbeitungsplan dafür generieren sowie diese für das mathematische Modellieren von Themen aus den Life Sciences auswählen, anwenden und bewerten	Die Studierenden können beim mathematischen Modellieren in Gruppen ihre eigenen Stärken bewerten und diese zielführend in die Gruppenarbeit integrieren. Diesen Arbeitsprozess gestalten und planen sie – auch in heterogenen Gruppen – kooperativ und konstruktiv

aufeinander abgestimmt. Die Gruppenarbeit ist unter den Vorgaben einer wissenschaftlichen Arbeit abzufassen, sodass mit diesem Prüfungsteil auch ein Beitrag zur Vorbereitung auf das wissenschaftliche Arbeiten an der Schnittstelle Schule/Hochschule geleistet wird. Da Gruppenarbeit sich besonders für den Modellierungsprozess eignet, wird mit dieser Lernaufgabe auch der Lernprozess unterstützt. Durch die Modellierung eines selbstgewählten Themas wird der Anwendungsbezug von den Studierenden selbst hergestellt und die Motivation der Studierenden erhöht. Bei diesem Lernkonzept beschäftigt die Studierenden nicht die Frage „Wozu brauche ich die zu lernenden mathematischen Inhalte?“, sondern die Herausforderung „Welches mathematische Hilfsmittel muss ich wählen, um mein Problem zu lösen?“. Die erste sonst oft gestellte Frage beantworten die Studierenden sich somit selbst.

## Seamless Learning

Die Entwicklung der Seamless Learning-Konzeption wurde an den definierten Anforderungen ausgerichtet. Damit mit der Konzeption die Beseitigung unerwünschter Brüche („seams“) gelingt, müssen diese zunächst identifiziert werden und geeignete Maßnahmen zum Erreichen der Durchgängigkeit definiert werden. In Tab. 2.7 sind die identifizierten Brüche mit den dazugehörigen Maßnahmen zum Erreichen der Durchgängigkeit aufgeführt.

In dem von Wong (Wong, 2012) visualisierten Rahmenmodell für mobile-assisted Seamless Learning wird das Zusammenwirken aller von ihnen postulierten MSL-Dimensionen beschrieben. Dieses Zusammenwirken aller Dimensionen soll den Lernenden dazu befähigen nahtlos („seamless“) zwischen verschiedenen Lernszenarien zu wechseln und so durchgängig zu lernen. Soll ein Lernender diese Kompetenz entwickeln, muss er in seinem Lern- und Arbeitsprozess möglichst oft und in einer großen Variationsbreite mit diesen Dimensionen in Verbindung gebracht werden. Damit die Seamless Learning-Konzeption den Aufbau der Seamless Learning-Kompetenzen des Lernenden unterstützt und ermöglicht, werden die MSL-Dimensionen in die Lehrveranstaltung integriert. Wie dies erfolgt, ist in Tab. 2.5 aufgeführt (Tab. 2.6).

## Online-Tests und selbstgesteuertes Lernen

Im Verlauf des Semesters sind von den Studierenden sechs Online-Tests, welche vorlesungsbegleitend die behandelten mathematischen Inhalte abprüfen, sowie

**Tab. 2.5** Identifizierte Brüche und Maßnahmen zur Durchgängigkeit

ELEMENT 1	SEAM	ELEMENT 2	Maßnahmen zur Durchgängigkeit
<b>Schule</b>	<b>A</b>	<b>Hochschule</b>	<b>Propädeutik</b>
Schulbuch	1	Mathematisches Lehrbuch	Mathematisch kommunizieren als Lehrinhalt
Konkrete Hausaufgaben	2	Selbstgesteuertes Lernen (SGL)	Online-Tests mit digitalem Feedbacksystem, MatheApp
Vorhandenes Schulwissen	3	Vorausgesetztes Wissen in Vorlesung	Mathematik-Vorkurs, Eingangstest
<b>Wissen 1</b>	<b>B</b>	<b>Wissen 2</b>	<b>Wissenssynthese</b>
Inhalts-bezogenes Arbeiten	1	Kompetenzorientiertes Arbeiten	4-Stufen-Lern-und-Lehr-Prozess Mathematik
Eigenes Wissen	2	In Vorlesung benötigtes Wissen	Nutzung von Smartphones, Tablets etc., Diskussion und Lernbegleitung in Vorlesung, an Vorwissen anknüpfen
Formales Lernen	3	Informelles Lernen	Anreize durch Vorlesungs- und Prüfungskonzept, welches Kompetenzen aus informellen Lernprozessen berücksichtigt
<b>Inhalts-bezogene Lehre</b>	<b>C</b>	<b>Kompetenzorientierte Lehre</b>	<b>Systemischer Veränderungsprozess, SIGma-P</b>
<b>Realität</b>	<b>D</b>	<b>Mathematik</b>	<b>Mathematisches Modellieren</b>
<b>Hochschule Mathematik Vorlesung</b>	<b>E</b>	<b>Beruf</b> benötigte Mathematik in nachfolgenden Bildungs- und Erwerbsstufen	Anwendungsorientierte Mathematik, Schwerpunkt mathematisches Modellieren
<b>Modellieren</b>	<b>F</b>	<b>Simulieren</b>	<b>Berücksichtigung Modellierungs- und Simulationsprozess</b>

ein Einstiegstest zu absolvieren. Die Tests können wöchentlich an festgelegten Prüfterminen unter Aufsicht in einem PC-Raum der Hochschule absolviert werden. Jeder Test wird in der Regel über einen Zeitraum von 2 Wochen angeboten. Insgesamt können die Studierenden für sieben Online-Tests 21 Prüftermine wahrnehmen, sodass jeder Test im Durchschnitt dreimal durchgeführt

**Tab. 2.6** In die Lehrveranstaltung integrierte MSL-Dimensionen

MSL-Dimension	In Veranstaltung integriert in Form von
MSL 1 – Formales und informelles Lernen	Gruppen- und Einzelarbeiten – informelle Lernerfahrungen werden von Lernenden eingebracht
MSL 2 – Persönliches und soziales Lernen	Gruppen- und Einzelarbeit
MSL 3 – Zeitl. unabhängiges Lernen	MatheApp, ILIAS PegasusApp, Videos
MSL 4 – Örtl. unabhängiges Lernen	MatheApp, ILIAS PegasusApp, Videos
MSL 5 – Allgegenwärtige Verfügbarkeit von Lernressourcen	ILIAS PegasusApp, digitales Folienscript, MatheAPP, Lern- und Vorlesungsvideos
MSL 6 – Verknüpfung von analogen und digitalen Lernerfahrungen	Mathematisches Modellieren (notwendiges formales Rechnen wird digital gelernt, Aufgabe/Bilder aus analoger Welt), Vorlesung und Lernvideos
MSL 7 – Kombinierte Verwendung mehrere Endgeräte	–
MSL 8 – Multiple Lernaufgaben, nahtloses Umschalten zwischen mehreren Lernaufgaben	Folienscript 4-Stufen-Lern-und-Lehr-Prozess Mathematik, Gruppen- und Einzelarbeiten, formales Rechnen mit MatheApp, mathematisches Modellieren
MSL 9 – Wissenssynthese	Verknüpfung Schulwissen und Hochschulwissen durch Vorkurs, Verknüpfung verschiedener Kompetenzen beim Modellieren
MSL 10 – Multiple pädagogische Modelle und Lernaktivitäten	Selbstgesteuertes Lernen, ko-konstruktives Lernen in Gruppen

werden kann. Mit dem dadurch ermöglichten Wechsel von Lern- und Testphasen soll Nachhaltigkeit beim Wissenserwerb erreicht und das selbstgesteuerte Lernen der Studierenden gefördert werden. Durch das Testverfahren durchlaufen die Studierenden während des gesamten Semesters fortwährend den Zyklus des Phasenmodells zum selbstgesteuerten Lernen von Schmitz und Wiese (Schmitz & Wiese, 2006) und können so ihren eigenen Lernprozess individuell weiter verbessern. Dabei werden sie durch ein digitales Feedback-System unterstützt, welches wöchentlich über den persönlichen Leistungsstand bei den online-Tests informiert. Dieses Feedback-System ist Bestandteil einer an der Hochschule Albstadt-Sigmaringen entwickelten E-Learning-Technologie. Für diese wurde

**Tab. 2.7** Erfahrungen mit den eingeführten Maßnahmen zur Durchgängigkeit

Maßnahmen zur Durchgängigkeit	Ergebnisse/Erfahrungen
<b>Propädeutik</b>	
Mathematisch kommunizieren als Lehrinhalt	✓ Einzelarbeiten unter Verwendung von Lehrbuch
Online-Tests mit digitalem Feedbacksystem, MatheApp	✓ Fördert SGL für SL
Mathematik-Vorkurs, Eingangstest	✓ Vorkurse, Maßnahmen positiv bewertet bei TAP
<b>Wissenssynthese</b>	
4-Stufen-Lern-und-Lehr-Prozess Mathematik	✓ Gute Ergebnisse bei Einzelarbeiten ( $\bar{x}$ 2,8)
Nutzung von Smartphones, Tablets etc. in Vorlesung Diskussion und Lernbegleitung in Vorlesung, an Vorwissen anknüpfen	Schwierig da ca. 70 Studierende pro Vorlesung
Anreize durch Vorlesungs- und Prüfungskonzept, welches Kompetenzen aus informellen Lernprozessen berücksichtigt	✓ Kompetenzen/Wissen aus informellen Lernprozessen finden bei Benotung der Einzel- und Gruppenarbeiten Berücksichtigung
<b>Systemischer Veränderungsprozess, SIGma-P</b>	✓ <b>SIGmaP umgesetzt</b>
<b>Mathematisches Modellieren</b>	<b>Modellieren kognitiv anspruchsvoll, für Lernbegleitung arbeiten mit kleinen Gruppen wünschenswert</b>
Anwendungsorientierte Mathematik, Schwerpunkt mathematisches Modellieren	Bislang keine Erfahrungswerte
<b>Berücksichtigung Modellierungs- und Simulationsprozess</b>	✓ Modell kann durchgängigen Kompetenzaufbau Modellieren/Simulieren unterstützen

eine digitalisierte Leistungsstanderhebung programmiert, in welcher die Ergebnisse der vorlesungsbegleitenden Online-Tests zusammengefasst und mit einem Ampelsystem farbig markiert (von dunkel grün = sehr gut bis rot = mangelhaft) werden. Diese E-Learning-Technologie dient nicht nur als Feedback-System zur Unterstützung des selbstgesteuerten Lernens der Studierenden (siehe Abb. 2.7), sondern auch als Learning Analytics für die Lehrenden. Letzteres ermöglicht eine Vielzahl von Auswertungen (z. B. Ergebnisse für einzelne Tests, Testergebnisse eines Studierenden, Testergebnisse eines Prüfungstermins), welche

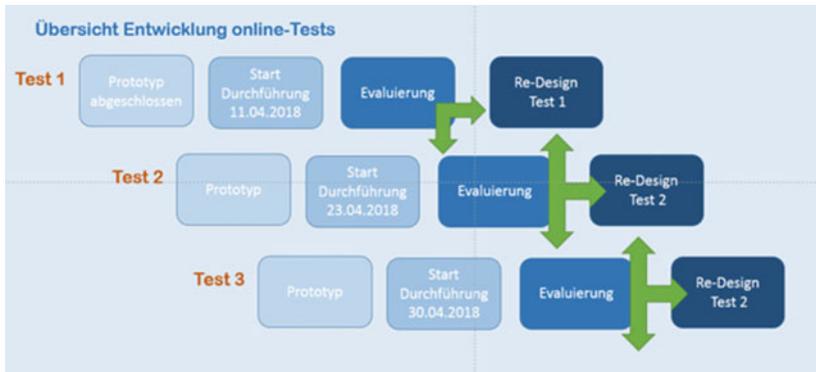
Mathematik LS Testergebnisse							Gesamtprz.
Name						Kapitelprz..	
Kapitel	Testdatum	Testnr.	Pkt / Max. Pkt	Aufg. / Max. Aufg.	Bearbeitungsdauer	Note	Testprz.
						Gesamtleistung:	95
<b>Einstieg</b>							100
	16.10.2018	2	19 / 18	25 / 27	00:59:42	1,0	100
	19.10.2018	5	22 / 18	26 / 27	00:43:21	1,0	100
<b>Lineare und quadratische Gleichungen und Funktionen 1</b>							100
	24.10.2018	103	40 / 40	20 / 20	00:45:38	1,0	100
<b>Wurzelgleichungen und lineare Gleichungssysteme</b>							90
	14.11.2018	207	30 / 40	22 / 22	00:57:55	2,0	75
	15.11.2018	209	36 / 40	22 / 22	00:42:20	1,0	90
<b>Exponential- und Logarithmusgleichungen und Funktionen</b>							90
	16.11.2018	306	36 / 40	11 / 11	00:26:28	1,0	90

**Abb. 2.7** Beispiel einer wöchentlichen Benachrichtigung zur Unterstützung des selbstgesteuerten Lernens (Feedback-System)

kontinuierlich über die Qualität des Testverfahrens informieren. Studierende mit Schwächen können frühzeitig identifiziert und einer Beratung und Förderung zugeführt werden.

Zeitgleich zur Durchführung werden die Online-Tests in jedem Semester mit einer Online-Umfrage evaluiert. Gegenstand der Evaluation sind dabei die Lernziele, die fachlichen Anforderungen, der inhaltliche Aufbau der Tests sowie deren Bedienbarkeit und empfundener Schwierigkeitsgrad. Diese Art der Evaluation hat zu einer Besonderheit im Design-Based Research-Ansatz geführt. Die erhaltenen Evaluationsergebnisse zu einem Test konnten bereits bei dem nachfolgenden Test berücksichtigt werden. Das Re-Design fand somit zum Teil schon im Pilot statt. Der Ablauf des Verfahrens ist in Abb. 2.8 exemplarisch für die ersten drei Tests dargestellt.

Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens war eine engagierte und konstruktive Teilnahme der Studierenden an der Evaluation, was darauf zurückzuführen



**Abb. 2.8** Evaluation und Re-Design der Online-Tests im Pilot des Design-Based Research-Ansatzes

ist, dass diese direkt von den aus der Evaluation abgeleiteten Verbesserungen profitierten.

Wesentliche Erkenntnisse und Ergebnisse aus allen durchgeführten Evaluationen werden im nächsten Kapitel vorgestellt.

## Erkenntnisse und Ergebnisse

In der Teaching Analysis Poll (TAP) (Gommers, 2018) gaben alle Studierenden an, in der Lehrveranstaltung am meisten durch

- farbliche (visuelle, graphische) Darstellungen (und Tafelaufschriebe)
- Beispielaufgaben (alltagsbezogen)
- Zusammenfassungen am Ende
- die lockere Atmosphäre
- die Beantwortung von Fragen

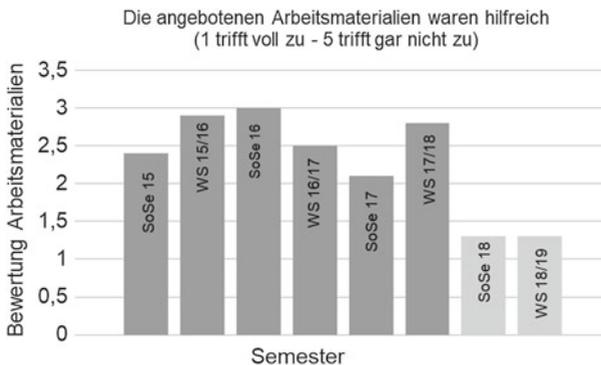
zu lernen. Es findet sich somit bestätigt, dass der Anwendungsbezug sich motivierend auf die Studierenden auswirkt. Die Studierenden gaben in der TAP auch an, dass das Lernen durch zu wenige Beispielaufgaben erschwert wird. An der Einführung von aktuellen Anwendungsbeispielen wird daher kontinuierlich weitergearbeitet.

Erfreulich ist, dass die Verwendung mathematischer Darstellungen, welche als wichtige Kompetenz in der Konzeption des Mathematik-Moduls besonders berücksichtigt wird, sich auch positiv auf den Lernprozess der Studierenden auszuwirken scheint. Die spezifische Erklärung, dass selbstgesteuertes Lernen von der persönlichen Disziplin abhängt (zu viel Freiwilligkeit), hat als wichtiges Ergebnis der TAP die geplante Einführung des Online-Testverfahrens bekräftigt. Ein weiteres Ergebnis der TAP ist, dass der Übergang von der Schule bzw. dem schulischen Vorwissen als gut unterstützt von den Studierenden wahrgenommen wird. Dies weist daraufhin, dass die propädeutischen Maßnahmen zur Überwindung des Bruchs Schule/Hochschule zu wirken scheinen.

Der systemische Veränderungsprozess von der inhaltsbezogenen zur kompetenzorientierten Lehre hatte zwischenzeitlich zu einer Verschlechterung der Veranstaltung geführt. So wurden die angebotenen, kompetenzorientierten Arbeitsmaterialien als weniger hilfreich angesehen, solange die Prüfungsform des Moduls noch eine inhaltsbezogene Klausur war (Abb. 2.9).

Ähnlich verhielt es sich mit der Bewertung der Struktur der Vorlesung. Diese wurde erst als klar strukturiert wahrgenommen, nachdem auch die Prüfungsform an die kompetenzorientierte Vorlesungskonzeption angepasst war.

Mit der Einführung des Prüfungsportfolios ging auch eine Veränderung der durchschnittlichen Note der Prüfungsleistung einher. Diese verbesserte sich von Werten über 2,0 auf Werte unter 2,0 (z. B. 1,9 im Sommersemester 2018 und 1,7 im Wintersemester 2018/2019).



**Abb. 2.9** Evaluationsergebnisse zur Bewertung der Arbeitsmaterialien

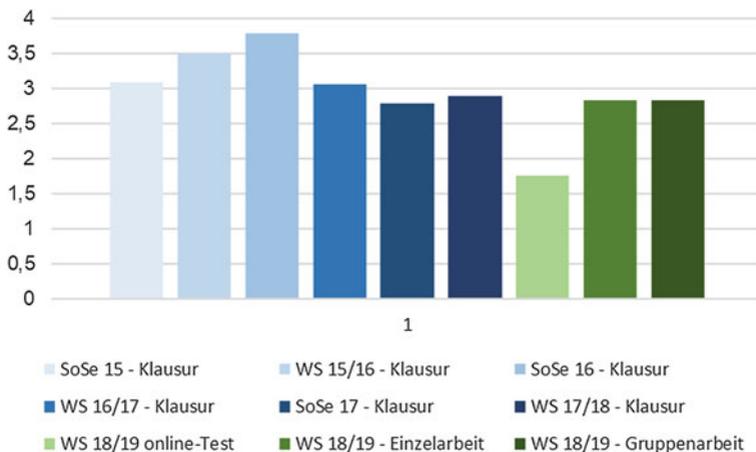
Diese Verbesserung ist nicht – wie vielleicht zu erwarten war – auf die Gruppen- und Einzelarbeiten zurückzuführen, sondern auf sehr gute Prüfungsleistungen in den Online-Tests (siehe Abb. 2.10).

Die in den Gruppen- und Einzelarbeiten abgeprüften Kompetenzen scheinen den Studierenden schwerer zu fallen als das rein formale Rechnen, welches überwiegend in den Online-Tests abgeprüft wird. Diese Annahme wird auch gestützt durch das Ergebnis der Priorisierungsfrage „Welche der folgenden Probleme sind im Rahmen der Veranstaltung aufgetreten?“ des Posttests (wichtigstes Problem erhält Rang 1). In Abb. 2.11 sind die Anzahl der Rangnennungen für die wichtigsten Probleme dargestellt.

Die Erfahrungen mit den Maßnahmen zur Durchgängigkeit, um unerwünschte Brüche zu beseitigen, sind in Tab. 2.7 zusammengefasst.

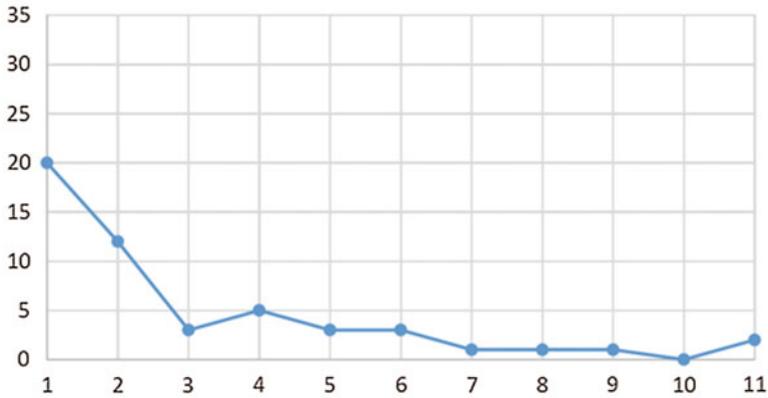
Zur Beurteilung der Wirkung des Online-Testverfahrens auf das selbstgesteuerte Lernen der Studierenden wurde für alle Tests eine Auswertung der Testergebnisse vorgenommen und dem von den Studierenden empfundenen Schwierigkeitsgrad gegenübergestellt. Die so erhaltenen Ergebnisse sind für den online-Test 1 und den online-Test 6 in Abb. 2.12 exemplarisch dargestellt.

Die Auswertung für alle Tests ergab, dass der prozentuale Anteil der Studierenden, die den Test beim 1. Versuch sehr gut bestehen, bei gleichbleibenden von den Studierenden wahrgenommenen Schwierigkeitsgrad zunimmt bzw. bei zunehmendem wahrgenommenen Schwierigkeitsgrad nicht unter das Anfangsniveau sinkt.

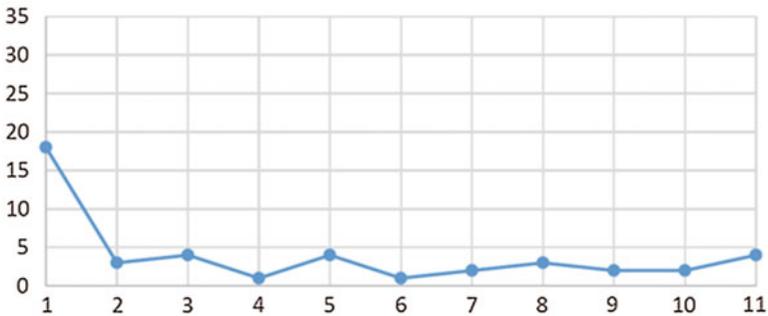


**Abb. 2.10** Durchschnittsnoten der Prüfungsleistungen

## Das theoretische Wissen in der Praxis anwenden.

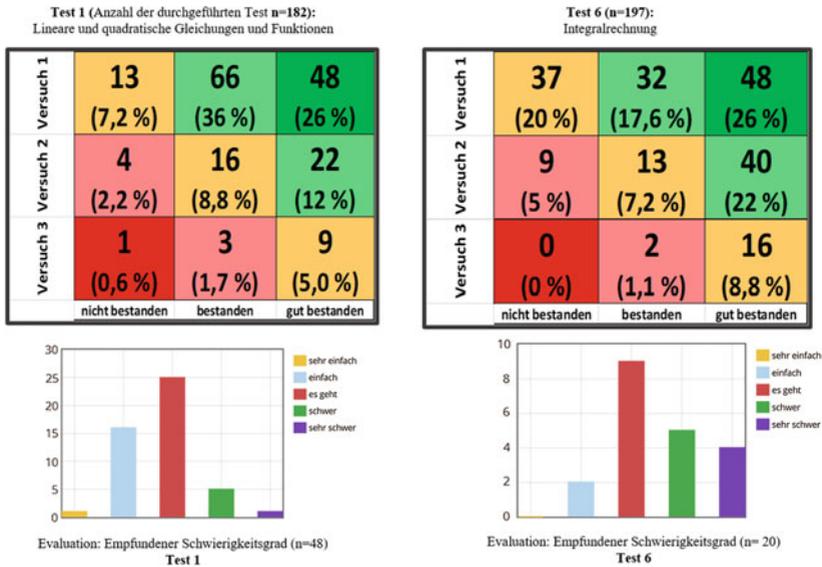


## Bei Gruppenarbeiten mein individuelles Lernen mit dem Lernen der anderen Mitstudierenden abstimmen.



**Abb. 2.11** Ergebnisse der Priorisierungsfrage zu den wichtigsten Problemen. (Abszisse: Gewählter Rang des Problems – Rang 1 = wichtigstes Problem; Ordinate: Anzahl der Nennungen)

Im Verlauf des Semesters erhöht sich somit der Anteil der Studierenden, welche erfolgreich erfolgsorientiert arbeiten. Die Lernmethode darf demnach als wirksam angesehen werden, da sich das selbstgesteuerte Lernen der Studierenden im Verlauf des Semesters verbessert hat.



**Abb. 2.12** Testergebnisse und von Studenten wahrgenommener Schwierigkeitsgrad der Tests

Die Einführung des Modellierungs- und Simulationsprozesses unter Berücksichtigung von Narrationen gestaltete sich schwieriger als anfangs gedacht. Erste Untersuchungen anhand einer einfachen Textaufgabe zeigten, dass es den Studierenden schwerfällt, adäquate externe Repräsentationen für ein Problem zu finden.

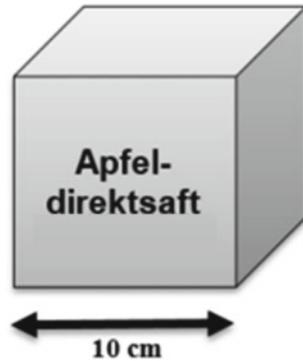
Im Rahmen einer Klausur im Wintersemester 2017/2018 wurde 134 Studierenden folgende Bonusaufgabe gestellt:

*Wie viele Äpfel wurden für Apfeldirektsaft in dieser Getränkeverpackung verarbeitet? (Abb. 2.13)*

Einen Lösungsansatz mit einer geeigneten Annahme zur Ergiebigkeit des Saftvolumens eines gepressten Apfel verfolgten 68 Studierende. 36 Studierende berechneten unter der Annahme eines Apfeldurchmessers die Anzahl der Äpfel, die in den Karton passen. 30 Studierende bearbeiteten die Aufgabe gar nicht. Die angedachte Vorgehensweise über ein Modell (Story World) des mathematischen Modellierens zur Simulation (Story) zu gelangen scheint für einige Studierende somit schwer realisierbar. Daher wird der von Fuchs (Fuchs, 2015)

**Abb. 2.13**

Getränkeverpackung  
Apfeldirektsaft



vorgeschlagene Weg Stories (Simulationen) zu verwenden, um so Konzeptionen für Modelle (Story Worlds) entstehen zu lassen, Gegenstand zukünftiger Arbeiten sein. Der Weg wird somit vom *simulating-as-storytelling-with-models* umgekehrt in *stories-transporting-us-into-storyworlds* (Fuchs, 2015). Der in Abb. 2.1 dargestellte Modellierungs- und Simulationsprozess lässt beide Wege zu.

**Fazit**

Der Weg von einer inhaltsbezogenen zur kompetenzorientierten Lehre kann gelingen. In der Übergangsphase ist jedoch mit Hindernissen und Brüchen zu rechnen. Eine Seamless Learning-Konzeption sollte unerwünschte „Seams“ beseitigen und erwünschte „Seams“ aus den 10 MSL-Dimensionen beinhalten, um so eine Seamless Learning-Kompetenz beim Lernenden aufzubauen. Offen bleibt die Frage wie der Kompetenzerwerb Seamless Learning beim Lernenden gemessen werden kann. Idealerweise sollte eine Seamless Learning-Konzeption mit einem Angebot zum Erlernen des selbstgesteuerten Lernens verbunden sein, da Seamless Learning maßgeblich von der Fähigkeit zum selbstgesteuerten Lernen abhängt. Um Modellbildungsfähigkeiten zu schulen, kann das Beobachten und Erfahren von Simulationen hilfreich sein. Ausreichend gemachten Erfahrungen auf diesem Weg können dazu beitragen, dass auch der umgekehrte Weg *simulating-as-storytelling-with-models* erfolgreich gelingen kann.

## Literatur

- Adam, D. (2020). Special report: The simulations driving the world's response to COVID-19 – How epidemiologists rushed to model the coronavirus pandemic. *Nature*, *580*, 316–318.
- Blum, W. (2007a). Introduction. In W. Blum, P. Galbraith, H.-W. Henn, & M. Niss (Hrsg.), *Modelling and applications in mathematics education* (S. 3–32). Springer.
- Blum, W. (2007b). Mathematisches Modellieren – zu schwer für Schüler und Lehrer? *Beiträge zum Mathematikunterricht. Vorträge auf der 41. GDM Tagung für Didaktik der Mathematik* (S. 3–12). Franzbecker.
- Blum, W. (2012). Teil 1: 1. Die Bildungsstandards Mathematik. In W. Blum, C. Drüke-Noe, R. Hartung, & O. Köller (Hrsg.), *Bildungsstandards Mathematik: konkret – Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen* (S. 14–32). Cornelsen Verlag Scriptor GmbH & Co. KG.
- Blum, W., & Leiß, D. (2007). How do students' and teachers deal with modelling problems? In C. E. Haines (Hrsg.), *Mathematical modelling: Education, engineering and economics* (S. 222–231). Horwood.
- Bossel, H. (2004). *Systeme Dynamik Simulation*. Books on Demand GmbH.
- Brinkner, T., Referentinnen, & Referenten. (2016). Schlüsselkompetenzerwerb im Lernraum Studieneingangsphase und Studierfähigkeit. In C. Pickhardt et al. (Hrsg.), *Development of modelling tasks by students of university Albstadt-Sigmaringen* (S. 69–76). Gesellschaft für Schlüsselkompetenzen in der Lehre, Forschung und Praxis e. V.
- Chan, T., Roschelle, J., Hsi, S., Kinshuk, K., Sharples, M., Brown, T., et al. (2006). One-to-one technology-enhanced learning: An opportunity for global research collaboration. *Research and Practice in Technology-Enhanced learning*, *1*(1), 3–29.
- Föböl, T. (2014). *Seamless Learning: Eine Feldstudie über den Einsatz von problembasierten Lernvideos in einem offenen Mathematikunterricht*. BoD – Books on Demand.
- Fuchs, U. H. (2015). From stories to scientific models and back: Narrative framing in modern macroscopic physics. *International Journal of Science Education*, *37*(5–6), 934–957.
- Gommers, L. (2018). *Hochschule für Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften*. Universität St. Gallen, Schweiz: persönliche Mitteilungen.
- Greefrath, G., Kaiser, G., Blum, W., & Borromeo Ferri, R. (2013). Mathematisches Modellieren – Eine Einführung in theoretische und didaktische Hintergründe. In R. Borromeo Ferri, G. Greefrath, & G. Kaiser (Hrsg.), *Mathematisches Modellieren für Schule und Hochschule* (S. 11–37). Springer Spektrum.
- Hemkes, B., & Wilbers, K. (2019). Einführung: Herausforderung Durchlässigkeit – Versuch einer Näherung. In B. Hemkes, K. Wilbers, & M. Heister (Hrsg.), *Durchlässigkeit zwischen beruflicher und hochschulischer Bildung* (S. 11–33). Budrich.
- Henn, H. -W. (2002). Mathematik und der Rest der Welt. *mathematik lehren*, 4–7 (Heft 113).
- Herman, D. (2002). *Story logic: Problems and possibilities of narrative*. University of Nebraska Press.
- Hügel, K. (2019). *Institut für Modellbildung und Simulation*. Fachhochschule St. Gallen, Schweiz: persönliche Mitteilung.
- Ikeda, T., & Stephens, M. (2001). The effects of students' discussion in mathematical modelling. In J. Matos, W. Blum, K. Houston, & S. Carreira (Hrsg.), *Modelling and mathematics education: Application in science and technology* (S. 381–390). Horwood.

- Kuh, G. (1996). Guiding principles for creating seamless learning environments for undergraduates. *College Student Development*, 37(2), 135–148.
- Lackner, E., & Raunig, M. (2016). Seamless Learning oder Seam-aware Learning? Überlegungen aus einem medienübergreifenden Projekt. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 11, 5–63.
- Leiß, D., & Blum, W. (2012). Teil 1: 2. Beschreibung zentraler mathematischer Kompetenzen. In W. Blum, C. Druke-Noe, R. Hartung, & O. Köller (Hrsg.), *Bildungsstandards Mathematik: konkret – Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen* (S. 33–50). Cornelson Verlag Scriptor GmbH & Co. KG.
- Niss, M. (2003). Mathematical competencies and the learning of mathematics: The Danish KOM project. In A. Gagatsis & S. Papastavridis (Hrsg.), *3rd Mediterranean Conference on Mathematical Education* (S. 115–124). The Hellenic Mathematical Society.
- Roediger, H., & Karpicke, J. (2006). The power of testing memory: Basic research and implications for educational practice. *Perspectives on Psychological Science*, 1(3), 181–210.
- Schmitz, B., & Wiese, B. (2006). New perspectives for the evaluation of training sessions in self-regulated learning: Time-series analyses of diary data. *Contemporary Educational Psychology*, 31, 64–96.
- Wildt, J., & Eberhardt, U. (2010). Einleitung: Neue Impulse? Hochschuldidaktik nach der Strukturreform. In U. Eberhardt (Hrsg.), *Neue Impulse in der Hochschuldidaktik Sprach- und Literaturwissenschaften* (S. 11–23). VS Verlag.
- Wise, M. N. (2017). On the narrative form of simulations. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 62, 74–85.
- Wong, L.-H. (2012). A learner-centric view of mobile seamless learning. *British Journal of Educational Technology*, 43(1), E19–E23.
- Wong, L.-H., & Looi, C. K. (2011). What seems do we remove in mobile assisted seamless learning? A critical review of the literature. *Computer and Education*, 57(4), 2364–2381.

**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.





# Projekt im Projekt: Agiles Vorgehen, Kommunizieren und Lernen

# 3

Rainer Mueller, Ralf-Dieter Schimkat, Simon Huff  
und Michael Lang

Das Lehrprinzip PIPE (Projekt-im-Projekt-Erfahrung) wurde an der Hochschule Konstanz über 7 Jahre hinweg entwickelt und dabei stetig anhand eines Masterkurses in Informatik verfeinert. PIPE setzt einen einen projektartigen Kompetenzerwerb voraus. Dies ist etwa der Fall, wenn die für das jeweilige Lehrgebiet relevanten Kompetenzen in einer projektartigen Form geübt oder trainiert werden können oder wenn die spätere Anwendung erlangter Kompetenzen im Berufsalltag ein projektartiges Tätigkeitsfeld ist. PIPE ist ein Ansatz für agiles Vorgehen, Kommunizieren und Lernen in verteilten Teams und trainiert mit projektbasiertem Arbeiten eine in unserer westlichen Industrielwelt immer wichtiger werdende Schlüsselkompetenz. Durch die Fokussierung auf verteilte Teams bedingt ermöglicht PIPE einen graduellen Übergang zwischen reinem Präsenztraining und vollständiger Online-Lehre. In Corona-Zeiten konnte sich dieses Lehrprinzip daher konzeptbedingt ohne weitere Anpassung von einem Tag auf den anderen Tag auf vollständigen Online-Betrieb umstellen lassen.

In diesem Kapitel wird PIPE anhand der Ausgangssituation in der Hochschullehre bei der Projektmanagement-Lehre vorgestellt. Es ergeben sich daraus

---

R. Mueller · R.-D. Schimkat (✉) · S. Huff · M. Lang  
Fakultät Informatik, HTWG Hochschule Konstanz – Technik, Wirtschaft und Gestaltung,  
Konstanz, Deutschland  
E-Mail: [ralf.schimkat@htwg-konstanz.de](mailto:ralf.schimkat@htwg-konstanz.de)

R. Mueller  
E-Mail: [rainer.mueller@htwg-konstanz.de](mailto:rainer.mueller@htwg-konstanz.de)

S. Huff  
E-Mail: [simon.huff@htwg-konstanz.de](mailto:simon.huff@htwg-konstanz.de)

M. Lang  
E-Mail: [michael.lang@htwg-konstanz.de](mailto:michael.lang@htwg-konstanz.de)

eine Reihe von Anforderungen für erfolgreich Projektmanagement-Lehre, anhand derer anschließend die Konzeption des Prinzips, also die Struktur, die Rollen, die Feedbacks, die Tools und insbesondere die didaktischen Ziele und angewandten Lernprinzipien beschrieben werden. In einem abschließenden Abschnitt wird der bisherige Erkenntnisgewinn und exemplarisch eine Reihe von Ergebnissen und Interpretationen der bisher durchgeführten internen und externen Evaluationen beschrieben.

---

### 3.1 Ausgangssituation

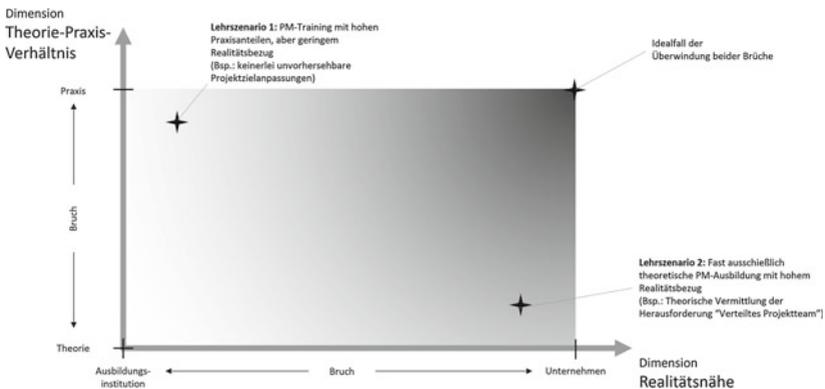
Projekte dominieren den beruflichen Alltag insbesondere in wissensorientierten Domänen. Das Projektgeschäft ist ein stark zunehmender Wirtschaftsfaktor in unserer westlich geprägten Industriewelt, da die Produktionskosten aufgrund vielfältiger Faktoren wie etwa der Lebenshaltungskosten im globalen Kontext immer weniger wettbewerbsfähig sind (Giap et al., 2011; Wald et al., 2015). Das Management von zunehmend komplexeren Projekten im unternehmerischen Umfeld stellt eine Schlüsselqualifikation in einer modernen, vernetzten und verteilten Informationsgesellschaft dar (Hassemer, 2010) (Kawka, 2013). Projektmanagement (oder erfolgreiche Mitarbeit in Projekten) entwickelt sich daher zu einer der wichtigsten Kompetenzen im Arbeitsleben, insbesondere bei akademisch ausgebildeten Personen. Im Projekt „Agiles Projektmanagement“ (AgilePM) des IBH-Lab „Seamless Learning“ wurde untersucht, wie der Kompetenzerwerb von Lernenden im Bereich Projektmanagement (PM) gesteigert werden kann, damit sie den hohen Erwartungen im realen Projektbetrieb des Berufsalltags gerecht werden können.

Im PM sind Sozialkompetenz und Kommunikation – im deutschen Qualifikationsrahmen DQR (Bund-Länder-Koordinierungsstelle, 2020) wird hier zwischen Selbst- und Sozialkompetenz unterschieden – die alles entscheidenden Erfolgsfaktoren (Lechler & Gemünden, 1998), die allein in Theorie oder einer realitätsfernen Ausbildung nicht erlern- bzw. erfahrbar sind (Cetacea Communications, 2013) (Erasmus et al., 2010) (GPM, 2014). Folglich kann in realen Projekten rein theoretisches PM-Wissen ohne in der Praxis erlangte zugehörige Kompetenz nur schwer genutzt werden (Baron, 2016). Die Lücke zwischen der Theorie (in der Ausbildung) und der praktischen Anwendung (im Unternehmen) kann aus diesem Grund in kaum einer anderen Disziplin erfolgskritischer sein, als im PM (PMI, 2013) (GPM, 2014). Die auf den ersten Blick als ein- und dieselbe Lücke zwischen Theorie/Ausbildung und Praxis/Unternehmen erscheinende Diskrepanz erweist sich bei genauerem Hinsehen als zwei verschiedene Brüche (engl. seams,

vgl. auch Dilger et al., 2019; Wong, 2015), die auch zweigleisig adressiert werden müssen. Diese Verwechslungsgefahr entsteht durch die häufig und fälschlich synonym verwendeten Begrifflichkeiten „Theorie und Ausbildung“ bzw. „Praxis und Unternehmen/Industrie/Wirtschaft“. Hier lohnt sich eine genauere Betrachtung.

Bei dem Bruch „Theorie vs. Praxis“ dreht es sich um theoretisch angeeignetes PM-Wissen, das jedoch ohne in der Praxis erlangte, zugehörige Kompetenz nicht angewendet werden kann, also nur von sehr eingeschränktem Nutzen ist. Dabei wäre es aber denkbar, dass etwa das theoretische PM-Wissen in einem sehr realistischen Umfeld einer Weiterbildung in einem Unternehmen mit realistischen oder gar realen Beispielen und Bezügen vermittelt wird, aber weiterhin theoretisch ohne erlangte Kompetenz bleibt (vgl. Abb. 3.1 – Lehrscenario 2). Andersherum könnte PM-Kompetenz auch durch Übungen ausschließlich in der Ausbildungsinstitution oder Hochschule trainiert werden, die zwar praktisch, aber nicht realitätsnah sind (vgl. Abb. 3.1 – Lehrscenario 1).

PM-Wissen und PM-Kompetenz könnten also durchaus auch in einem unrealistischen Szenario theoretisch erarbeitet und praktisch trainiert werden. Der oben genannte Bruch „Theorie vs. Praxis“ wäre damit überwunden, die dadurch erlangte PM-Expertise für den Einsatz in der Realität aber immer noch unzureichend. Anders ausgedrückt hätte der/die auf diese Weise frisch ausgebildete Projektmanager/in oder Projektmitarbeiter/in allein durch die Überwindung des Bruchs „Theorie vs. Praxis“ immer noch schlechte Startvoraussetzungen. Aus diesem Grund macht die Betrachtung des zweiten Bruchs „Ausbildungsinstitution vs. Unternehmen“ als zweite Dimension Sinn. Mit der gleichen Argumentation



**Abb. 3.1** Zwei Dimensionen der Wissens-/Kompetenzvermittlung

wie beim ersten Bruch ist auch hier eine Überwindung des Bruchs „Ausbildungsinstitution vs. Unternehmen“ in einem rein theoretischen Umfeld, also ohne gleichzeitige Überwindung des Bruchs „Theorie vs. Praxis“ denkbar.

Für die in diesem Abschnitt skizzierte Herausforderung zu den Brüchen in der PM-Ausbildung bietet sich die Formulierung von eher formalen Anforderungen an, die bei der späteren Konzeption einer Lösung für das Verständnis hilfreich sein können. Angesichts der gerade durchgeführten Betrachtung ließen sich also folgende erste Anforderungen formulieren:

- Anforderung 1: Überwindung des Bruchs „Theorie vs. Praxis“
- Anforderung 2: Überwindung des Bruchs „Ausbildung vs. Unternehmen“

Die Verzahnung von Theorie und Praxis ist in der Literatur seit vielen Jahren über alle Phasen der Aus- und Weiterbildung ein vitales Thema. So beschreibt etwa (Hedtko, 2000) die Notwendigkeit zum Praxisbezug am Beispiel schulpraktischer Studien. Das Sandwich-Prinzip zwischen Informationsaufnahme- und aktiven Verarbeitungsphasen führt (Huber et al., 2005) als Ansatz zur Überwindung der Theorie-Praxis-Kluft in Schule und Erwachsenenbildung an (vgl. auch Wahl, 2001). Eine Verzahnung der Theorie mit der beruflichen Praxis mit entsprechender Reflektion beschreibt (Mörth et al., 2018) als Lösungsansatz. Und (Scheider et al., 2018) schließlich hält auf dem Weg von Theorie zum Handlungswissen die Praxiserfahrung für unerlässlich. Und dies ist nur ein Ausschnitt aus verwandter Literatur.

Da beide Brüche „Theorie vs. Praxis“ und „Ausbildungsinstitution vs. Unternehmen“ im PM wie oben erwähnt von besonders hoher Bedeutung sind, also sehr stark ausgeprägt sind, ist ein möglichst feingranularer (und damit nahtloser) Übergang unerlässlich. Offensichtlich kann bei dieser Ausprägung nur durch ausreichend kleine, für den Lernenden nachvollziehbare Schritte gewährleistet werden, dass der Lernende diesen Übergang in Ausbildung und Training versteht, mitgeht und verinnerlicht.

- Anforderung 3: Inkrementelle Vorgehensweise zur Bruchüberwindung

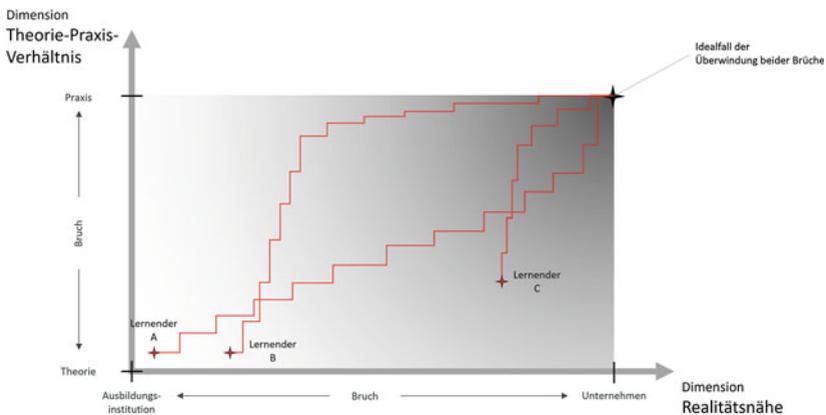
Diese Nachvollziehbarkeit im inkrementellen Vorgehen des Übergangs durch den Lernenden erfordert vielfache Rückkopplungen (Feedback) von beiden Seiten (den Lernenden und Lehrenden) in kurzen Zyklen. Abhängig von Inhalt und Ausprägung der Rückkopplungen kann es erforderlich sein, den nächsten Schritt des PM-Trainings entsprechend anzupassen, also beispielsweise gewisse Aspekte des letzten Schritts zu wiederholen, für diesen Schritt geplante Aspekte verstärkt oder

ganz andere Aspekte zu trainieren. Die menschliche Komponente in Form von potentiell unkalkulierbaren Schulungsteilnehmern bedingt, dass diese Umplanung pro Schritt eher die Regel als die Ausnahme ist, insofern hohe Flexibilität bei der Festlegung der Schulungsinhalte im nächsten Schritt gefragt ist.

- Anforderung 4: Hohe Planungsflexibilität aufgrund von engmaschigen Rückkopplungen

Dabei sind die individuellen Eingangsvoraussetzungen (Wissens- und Erfahrungsstände) der Lernenden, deren individuelle Fortschritte und ggf. sogar individuelle Zielsetzungen beim PM-Training zu berücksichtigen. Diese können zu sehr unterschiedlichen Lernpfaden führen, wie in Abb. 3.2 stark vereinfacht visualisiert wird. Die Eckpunkte der Lernpfade in der Abbildung können dabei als die Zeitpunkte zwischen Lernschritten (Inkrementen) angesehen werden, an denen aufgrund von Feedback von jeweiligen Lernenden oder Lehrenden eine Anpassung im individuellen Lernziel und/oder -Szenario vorgenommen, also sinnbildlich eine an das Feedback angepasste neue Richtung eingeschlagen wird.

- Anforderung 5: Individualisierung der Schulungsinhalte



**Abb. 3.2** Inkrementelle Vorgehensweise: Individuelle Eingangsvoraussetzungen und Lernpfade

Projektarbeit geschieht im Team und erfordert die Interaktion mit den Stakeholdern des Projekts, insbesondere dem Auftraggeber (Product Owner), ggf. auch Kunden. Auch innerhalb des Teams gibt es häufig verschiedene Rollen wie zum Beispiel die des Teamleiters, Controllers, Qualitätsmanagers, Teilprojektleiters. Dies erfordert Teamarbeit und Rollenverständnis sowie Erfahrung im Praktizieren der Rollen.

- Anforderung 6: Förderung von Rollenverständnis und Rollenspielen

Projektarbeit erfordert viel Verständnis und Erfahrung für Interaktion in Form von Kommunikation, Kooperation und Kollaboration (im Folgenden als „Interaktion“ zusammengefasst) innerhalb des Teams und in Richtung der Stakeholder. Wie bereits eingangs erwähnt, sind Sozial-, Selbstkompetenz und darin insbesondere Kommunikation die alles entscheidenden Erfolgsfaktoren im Projekt (Lechler & Gemünden, 1998). Heutige Projektarbeit funktioniert zunehmend verteilter und online (ohne Kopräsenz, vgl. Hoch & Kozlowski, 2014 und Gilson et al., 2015), was zu einer Herausforderung für jede Form sozialer Interaktion wird (Solomon, 2016). Die Erkenntnisse aus der Corona-Pandemie 2020 für die Arbeitswelt als Worst-Case-Betrachtung haben dabei einen wegweisenden Charakter (Gigerenzer, 2020).

- Anforderung 7: Förderung von (sozialer) Interaktion

Planungsunsicherheit ist projekthärent und wächst zusammen mit der Komplexität des Projekts. Auch hier können die Erfahrungen im Umgang mit der Corona-Krise herangezogen werden: Scheinbar unbegrenzte Projektkomplexität ist hier beinahe für jedermann im Alltag erfahrbar. Situationsadäquate kurzfristige und engmaschige Anpassungen im Projektablauf (Scope) sind daher unausweichlich und erfordern eine agile Vorgehensweise in Projekten (Highsmith, 2009).

- Anforderung 8: Agilität als inhaltlicher Bestandteil der PM-Ausbildung

Die im Folgenden dargestellte Lern- und Trainingsmethode ist ein inzwischen mehrfach von uns praktizierter und immer wieder verfeinerter Ansatz für die Projektmanagement-Ausbildung. Er wurde innerhalb der letzten sieben Jahre im Rahmen eines jährlichen Master-Kurses an der Hochschule erprobt. Der inhaltliche Fokus im Projektmanagement lag dabei durch die fachliche Ausrichtung

des Master-Studiengangs bedingt im Bereich der Informatik und dort insbesondere in der Software-Entwicklung. Es ist aber davon auszugehen, dass sich der Ansatz zumindest immer dann problemlos auf andere Domänen übertragen lässt, wenn ein projektbasierter Kompetenzerwerb vorliegt oder umsetzbar ist. Dem Konzept liegt die generelle Zielsetzung zugrunde, PM-Wissen zu vermitteln und gleichzeitig PM-Kompetenzen zu trainieren. Der Schwerpunkt eines Lehrprinzips für Projektmanagement muss daher auf dem Training von *Methoden- und Handlungskompetenz* in Praxisphasen liegen. Im Hinblick auf die oben genannten Erfolgsfaktoren Sozial- und Kommunikationskompetenz ist das Trainieren von (sozialer) Interaktion, Rollenverständnis und Verantwortlichkeiten ein weiteres fundamentales Ziel. So liegt unter anderem ein zentraler Fokus auf den Sozial- und Selbstkompetenzen in der Ausprägung der *Kommunikationsfähigkeit, Kooperations- und Teamfähigkeit, Führungs- und Managementkompetenz, Interdisziplinarität, Selbstreflexion, Konfliktfähigkeit* sowie *kritischem Hinterfragen*.

Es fällt auf, dass viele dieser Kompetenzen nicht nur für PM relevant sind, sondern sich problemlos auf andere Tätigkeitsprofile übertragen lassen. Dies liegt daran, dass viele Tätigkeiten heutzutage zunehmend weniger klar vorhersehbare, bis in das letzte Detail planbare Routinen oder Prozesse sind, sondern stattdessen mehr projektartige Elemente enthalten, die mehr Handlungsfreiheit, aber auch Verantwortung beinhalten (Appelo, 2011; Beck et al., 2001). Dies verdeutlicht erneut die Bedeutung der PM-Kompetenz, die sich zunehmend durch alle Tätigkeitsfelder unserer Gesellschaft zieht.

Basierend auf der in diesem Abschnitt skizzierten Ausgangslage präsentieren wir im folgenden Abschnitt die Konzeption einer Lösung für agiles Lernen, Kommunizieren und Vorgehen des Managements verteilter Projekte, die den oben genannten Anforderungen genügt.

---

## 3.2 Konzept

Der im Folgenden dargestellte Ansatz ist eine projektbasierte Methode zum Trainieren von PM in verteilten Projekten. Das Training selbst ist dabei ein Projekt, dessen inhaltliches Ziel für jeden Teilnehmer individuell durch die persönlichen Vorkenntnisse, Erfahrungen und Trainingsambitionen definiert wird. Gleichzeitig verwenden wir in dieser Methode ein weiteres Projekt, in dem die Teilnehmer die erlernten Konzepte des PM am realen Beispiel trainieren. Zum besseren Verständnis bezeichnen wir das erste Projekt als *Trainingsprojekt* und das Projekt mit dem realen Beispiel als *Anwendungsprojekt*. Aufgrund dieser dualen Verwendung eines

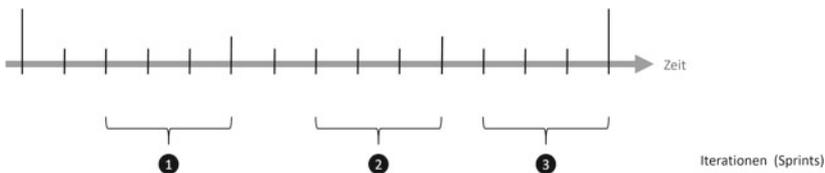
Projekts für Training und Anwendung bezeichnen wir diese Trainingsmethode als „**Projekt-im-Projekt-Erfahrung**“ (**Project in Project Experience, PIPE**).

## Anwendungsprojekt

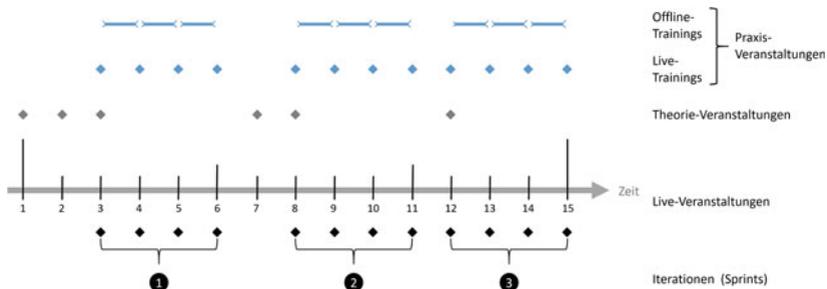
Das Anwendungsprojekt wird in mehrere gleich lange Teilphasen, die *Iterationen*, unterteilt wird (vgl. Abb. 3.3). Dabei werden Prinzipien des agilen Vorgehensmodells Scrum angewandt, in dem diese Iterationen *Sprints* heissen (Schwaber & Sutherland, 2020). Vor Beginn einer Iteration werden die meisten Trainings Teilnehmer in *Teams* annähernd gleicher Größe eingeteilt. Die verbleibenden Teilnehmer nehmen eine *Sonderrolle* ein, die entweder dem *Product Owner* (Auftraggeber oder Produktmanager) oder dem *Scrum Master* entspricht. Teilnehmer in diesen Rollen sind keine Teammitglieder. Jeder Product Owner (PO) und jeder Scrum Master (SM) betreut dabei idealerweise ein Team. Je nach Teilnehmerzahl kann es jedoch erforderlich sein, dass ein PO oder SM mehrere Teams betreut.

Die Iterationen selbst sind wie Scrum-Sprints aufgebaut und enthalten daher unter anderem *Plannings*, *Reviews* und *Retros* (Schwaber & Sutherland, 2020). Die Teilnehmer organisieren eigenständig sogenannte *Dailys* (oder *Daily Scrums*), also tägliche kurze Treffen, in denen das Notwendigste des Tages besprochen wird. Bei den Dailys sind die POs in der Regel nicht anwesend, die SMs aber schon. An den wöchentlichen Treffen, den *Weeklys*, zu denen auch die Planings, Reviews und Retros gehören, nehmen zusätzlich die POs und damit alle Trainingsteilnehmer teil.

Fester Bestandteil des Anwendungsprojekts sind Unternehmenspartner, die in der Regel die Aufgabenstellung, also das fachliche Ziel für das Projekt vorgeben. Dieses Ziel orientiert sich häufig an realen Anforderungen aus den Unternehmen. Die Quelle der Anforderung ist ein unternehmensinterner Auftraggeber oder im besten Fall ein Kunde des Unternehmens selbst. Vertreter der beteiligten Unternehmen fungieren dabei als sogenannte *Chief Product Owner (Chief PO)*, die im



**Abb. 3.3** Iterationen im Zeitverlauf des Anwendungsprojekts



**Abb. 3.4** Zeitpunkte und -räume von Veranstaltungs- und Trainingstypen

Sinne einer übergeordneten Instanz mit den POs der Teams, also Trainingsteilnehmern, interagieren. Dieser Interaktion folgend legen die POs im Planning (in Scrum aus *Sprint Planning 1* und *Sprint Planning 2* bestehend) mit dem Team den Umfang (*Scope*) der nächsten Iteration fest.

Die Iterationen werden zunehmend realitätsnäher gestaltet. So werden die Teams bei der Neubildung und Rollenverteilung vor jeder Iteration stetig größer. Die Chief POs werden mit jeder Iteration präsenter, üben mehr Druck über die POs auf die Teams aus, zeigen nachlassendes Verständnis für POs und Teams, sind ungenauer und wankelmütiger in Ihren Vorgaben, weniger gut erreichbar und verschärfen ihr Kommunikationsverhalten und dessen Inhalte. Der Umfang (*scope*) der Iterationen wird größer und die Komplexität nimmt zu. Der wachsende Realitätsbezug äussert sich außerdem durch zunehmende Nähe zum Unternehmen und den Auftraggebern hinter den Chief POs. So findet die Projektarbeit mehr und mehr im Unternehmen und nicht mehr in der Ausbildungsinstitution statt.

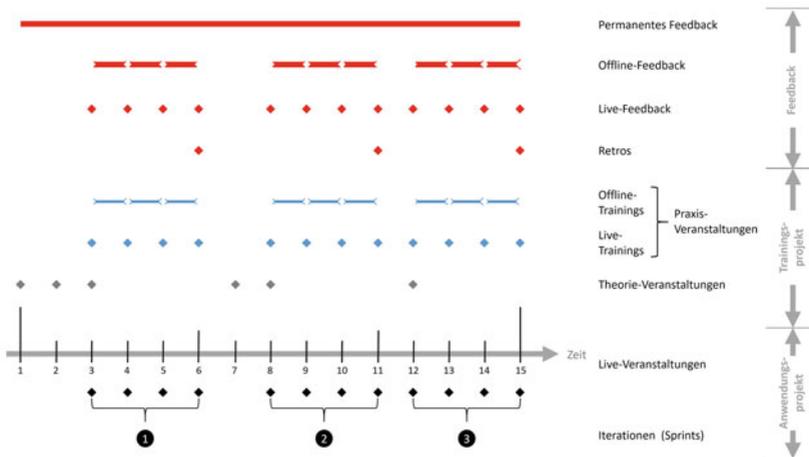
## Trainingsprojekt

Das Trainingsprojekt wird durch Präsenzveranstaltungen strukturiert, die im wöchentlichen Rhythmus stattfinden. Die Struktur des Trainingsprojekts folgt dabei in zeitlich synchronisierter Weise dem Anwendungsprojekt. In den Präsenzveranstaltungen finden die oben genannten Weeklys in enger Verzahnung mit Theorie-Sitzungen statt, in denen Erkenntnisse aus den praktischen Phasen mit theoretischer Fundierung aus dem PM belegt und ergänzt werden. In gleicher Weise werden Inhalte aus den Theorie-Sitzungen unmittelbar danach in den praktischen Iterationen erprobt (vgl. Abb. 3.4). Im Corona-Jahr 2020 wurden

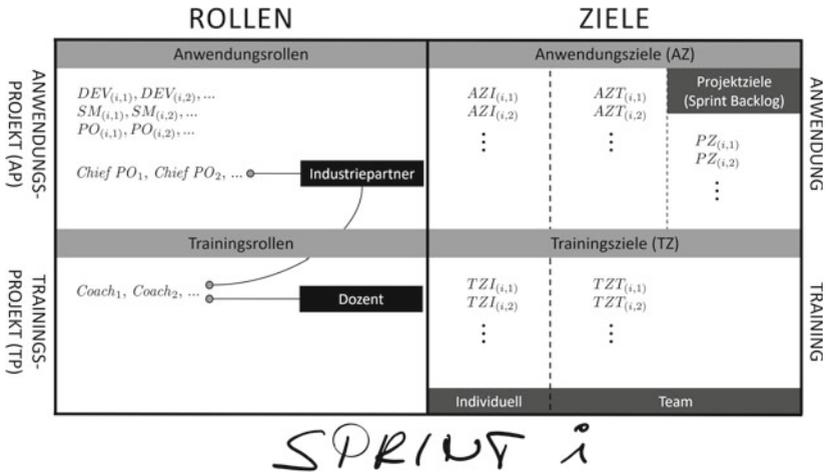
die Präsenzveranstaltungen mit entsprechender Tool-Unterstützung durch Online-Veranstaltungen virtualisiert, sodass wir im Folgenden anstelle von Präsenz- eher von *Live-Veranstaltungen* sprechen. Außerhalb dieser zeitlich synchronen Trainingsphasen gibt es die dauerhafte, aber zeitlich asynchrone Trainingsphase, in denen die Teilnehmer geographisch verteilt im Anwendungsprojekt arbeiten und über verschiedene Software-Werkzeuge miteinander kommunizieren und kollaborieren. Wir bezeichnen diese Trainingsvarianten im Folgenden als *Live-Training* und *Offline-Training*. (Abb. 3.5)

Wie im Anwendungsprojekt gibt es auch im Trainingsprojekt Rollen. Wir unterscheiden dabei die *Dozenten* und die *Coaches*. Die Dozenten – in unserem Hochschulszenario die Professoren, die die Lehrveranstaltung verantworten – führen die Theorie-Sitzungen durch. Sie sind gleichzeitig in der Rolle der Coaches, die die Teilnehmer in den Live- und Offline-Trainings betreuen, beraten und anleiten. Zu den Coaches gehören aber insbesondere auch die Unternehmensvertreter, die im Anwendungsprojekt die Rolle der Chief POs einnehmen (vgl. Abb. 3.6).

Die Dozenten geben zu Beginn jeder Iteration die Struktur der Team- und Rolleneinteilung vor. Dazu gehört die Teamgröße und -Anzahl sowie die Anzahl Teams pro PO und SM, die sich in der Regel aus der Teilnehmeranzahl ableiten lässt. Dazu gehört auch die Vorgabe, ob Teams komplett neu eingeteilt werden oder aus vorherigen Teams soweit möglich zusammengesetzt werden,



**Abb. 3.5** Feedback im Anwendungs- und Trainingsprojekt



LEGENDE - DEV: Entwickler, SM: Scrum Master, PO: Product Owner, AZI/TZI: Individuelles Anwendungsziel/Trainingsziel, AZT/TZT: Team-Anwendungsziel/-Trainingsziel

**Abb. 3.6** Rollen und Ziele im Anwendungs- und Trainingsprojekt in Iteration i

sowie der Wechselzwang für Rollen. Dementsprechend findet ein Team- und Rollenfindungsprozess statt, dessen Ergebnis die Teilnehmer unter Moderation der Dozenten weitgehend allein herbeiführen. Insbesondere zu diesem Zeitpunkt fließen die individuellen Vorkenntnisse und Lernziele oder Interessen, ggf. auch individuellen Fortschritte während der vorherigen Iterationen in die Entscheidung mit ein.

Wesentlich für die Individualisierung ist dabei das kontinuierliche Feedback, dass die Coaches den Teilnehmern während des gesamten Zeitraums geben. Das trifft insbesondere auf die Iterationen, also im Offline- und Live-Training, aber auch auf die damit verzahnten Theorie-Sitzungen zu. Im Offline-Training wird das Feedback in der Regel zeitlich asynchron in textueller Form gegeben. In besonderen Situationen wird hier aber auch ad-hoc ein individuelles Feedback-Gespräch mit einzelnen Vertretern einer Rolle oder Teams initiiert. Einen besonderen Stellenwert nehmen die Live-Trainings am Sprint-Ende mit den Retros (Retrospektiven) ein, die auf Team- und individueller Basis mit jedem Teilnehmer durchgeführt werden. Die Retrospektiven sind dabei zweigeteilt, einmal für das Anwendungsprojekt und einmal für das Trainingsprojekt. Im Anwendungsprojekt trainieren die Teilnehmer die Durchführung einer Retro am realen Beispiel des gerade beendeten Sprints (Schwaber & Sutherland, 2020). Im Trainingsprojekt reflektieren die Teilnehmer mit Unterstützung der Coaches ihre Lernfortschritte

und Erfahrungen während des Sprints, ihr Kommunizieren und Agieren in der Rolle aus der Perspektive des lernenden Teams oder Einzelnen. Insbesondere diese Ergebnisse sind häufig entscheidend dafür, welche Lern- oder Kompetenzziele sich die einzelnen Teilnehmer für die nächste Iteration setzen und welche Rolle sie anstreben.

## Interaktion und Werkzeuge

Neben der an agile Vorgehensmodelle gekoppelten Strukturierung des gesamten Trainings bei PIPE spielt die Interaktion (Kommunikation, Kooperation und Kollaboration) im Anwendungsprojekt aus genannten Gründen eine zentrale Rolle (s. 3.1). Die Coaches beobachten und bewerten die Interaktion, geben Feedback und beraten in Live- und Offline-Trainings. Dabei schärfen die Coaches die Ausprägung von individuellen und Teamzielen der Teilnehmer im Projektalltag. Diese Ziele werden für das Anwendungsprojekt formuliert (vgl. Abb. 3.6 – Anwendungsziele) und im Trainingsprojekt mit den Teilnehmern reflektiert. Dabei werden verschiedene etablierte Rahmenmodelle aus der Sozialpsychologie zur Optimierung der Teameffektivität kombiniert und angewandt, wie etwa VIST (Valence- Instrumentality-Self Efficacy-Trust) nach (Hertel, 2002) oder das Wechselwirkungsmodell IMOI (Input-Mediator-Output-Input, vgl. Ilgen et al., 2005 und Mathieu et al., 2008).

Der Begriff der Teamkognition nach Cooke and Salas (vgl. etwa Cooke et al., 2004 und Salas et al., 2013), öfter in der Literatur als Erweiterung der Gruppenkognition gesehen, ist dabei ein schwer messbarer Reifegrad eines Teams (Wildman et al., 2014), der deutlich über das reine Teambewusstsein hinausgeht. Bei der Virtualisierung von Teams entlang mindestens einer der Virtualisierungsdimensionen (z. B. Ort, Zeit, Kultur, Sprache) kommt diesem Faktor offensichtlich eine besondere Bedeutung zu. Geographisch verteilte Teams (Virtualisierungsdimension: Ort) haben gemäß der Media Richness Theory nach (Draft & Lengel, 1984, 1986) häufig fehlende Information oder aber Medienkompetenz, welche erwartungsgemäß negativen Einfluß auf die Teamkognition haben. Verstärkte Interdependenz (z. B. in Bezug auf Aufgaben, Ziele, Ergebnisse) im Team kann im kopräsenten Fall die Teamkognition und auch die Instrumentalität des Teams (vgl. VIST-Modell oben) fördern (Hertel et al., 2004).

Wir erproben seit mehreren Jahren die Anwendbarkeit dieser Erkenntnis auf verteilte Teams in agilen Szenarien. Die Teilnehmer trainieren dabei die Gradwanderung zwischen zu hoher Interdependenz im Sinne der Optimierung des kritischen Pfades (CPM, Critical Path Management, vgl. auch Kelley &

Walker, 1959 oder San Cristobal, 2013) im Projekt und ausreichender Interdependenz zur Wahrnehmung der Teamkognition und damit der Instrumentalität des Teams. Interaktion ist dabei ein Mediator im Sinne einer Wechselwirkung nach dem IMOI-Modell (Mathieu et al., 2008): Interaktion fördert die Teamkognition und Instrumentalität im Team und diese wiederum die Interaktion. So ist es naheliegend, dass ein Team das eigene Potential und damit die Instrumentalität schlechter einschätzen kann, wenn aufgrund der geographischen Entfernung und damit fehlender Medienkanäle die Information über aktuelle Teamparameter (z. B. Expertise in einem bestimmten Bereich, den aktuellen Fortschritt oder die vorherrschende Stimmung des Teams) verloren geht.

Interaktion lässt sich sehr gut im zeitlichen synchronen Fall, also dem Live-Training, beobachten, beraten und betreuen, wenn es in Präsenz stattfindet. Im Corona-Jahr 2020 war dies aufgrund der geltenden Richtlinien nicht möglich, sodass hier auf geeignete Software-Werkzeuge zurückgegriffen werden musste. Allerdings entspricht dies auch mehr dem eigentlichen Anwendungsszenario der verteilten Teams, welches in PIPE trainiert werden soll. Insofern ist die durch die corona-bedingte Infektionslage hervorgerufene Umstellung auf Online-Training nur folgerichtig und damit eine gute Testumgebung, um den Ernstfall ganz ohne Kopräsenz im Team zu trainieren.

In den Offline-Trainings sind die Coaches ohnehin nicht vor Ort, was eine Beobachtung, Beratung und Betreuung der Interaktion zwischen den Teilnehmern in Präsenz ausschließt. Die Teilnehmer sind daher angehalten, Ihre gesamte Interaktion im Anwendungsprojekt möglichst ausschliesslich über die bereitgestellten Software-Werkzeuge abzuwickeln. Die Teilnehmer sind darüber informiert, dass ausserhalb der Werkzeuge stattfindende Schattenkommunikation nicht beobachtet werden kann und sie daher weder beraten, noch bewertet werden können. An dieser Stelle sei erwähnt, dass wir im Hochschulkontext eines Kurses im Masterstudium eine Prüfungsleistung abnehmen müssen. Zu diesem Zweck wurde ein detailliertes Bewertungsschema angelegt. Es wurde von Jahr zu Jahr weiterentwickelt und vermittelt den Teilnehmern in sehr transparenter Weise, wo sie wann in welchen Bewertungsparameter bewertet werden und warum die Bewertung so ausgefallen ist. Die Besprechung dieser Bewertung wird ggf. am Ende einer Iteration in individuellen Feedback-Terminen besprochen und daraus neue Trainingsziele abgeleitet. Diese Bewertung ist im Hochschulkontext aus der Sicht der Studierenden Teil der individuellen Zielsetzung im Sinne des von den Coaches gesteuerten Anreizmanagements.

Für zeitlich synchrone und auch asynchrone Kommunikation verwenden wir in PIPE ein kanalbasiertes Kommunikationswerkzeug, wie etwa Slack oder Discord. Auch das System Element (früher Riot.im) beispielsweise fällt in diese Kategorie.

Diese Systeme erlauben die Definition beliebiger Text- und/oder Sprachkanäle, denen Nutzer zugeordnete werden können. Teilweise sehr weit ausdifferenzierte Rollen- und Rechtekonzepte erlauben über die Kanäle die Virtualisierung von rollenspezifischen Kommunikationsgruppen, Meeting-Szenarien und sogar Räumen. So könnte es beispielsweise einen Kanal *team1-sm* geben, in dem alle Teilnehmer von Team 1, der Scrum Master von Team1, aber nicht der Product Owner von Team 1 schreiben und sprechen können. Die Coaches wären in diesem Kanal nur stille Zuhörer, während sie im Kanal *team-sm-coaches* aktiv teilnehmen und auch von den Teilnehmern angesprochen werden können. Je nach verwendetem Werkzeug können die für einen Kanal zugelassenen Nutzer zu jeder Zeit erkennen, wer sich gerade in diesem Kanal (und damit in dem virtualisierten Raum oder Meeting) befindet und mit dazu kommen. In den Live-Trainings nutzen die Coaches diese Funktionalität, um wie beim Präsenztraining von Seminarraum zu Seminarraum oder innerhalb eines Seminarraums von Gruppe zu Gruppe zu gehen. Auch individuelle Coaching-Sessions können auf diese Weise während Live-Trainings realisiert werden. Während Offline-Trainings können Coaches bei Bedarf als Beobachter zu virtuellen synchronen Meetings hinzustoßen, wenn sie den Meeting-Zeitraum kennen oder das Meeting per Zufall im der Kanalübersicht sehen.

Ein weiteres hilfreiches Werkzeug ist ein Ticketing-System, das die hierarchische Abbildung von Projektaufgaben und deren Beschreibung in der Iteration des Anwendungsprojekts erlaubt. Hilfreich ist, wenn das System die Aufwandschätzung und die personelle Zuordnung (*Assignment*) von Aufgaben erlaubt, welches die meisten gängigen Ticketing-Systeme ermöglichen. Dazu gehört in der Regel auch die dialogbasierte Kommentierung der Aufgaben durch die Nutzer. Idealerweise können die Konzepte eines agilen Vorgehensmodells wie Scrum oder Kanban abgebildet werden. Dazu gehören bei Scrum beispielsweise das Product Backlog, Sprint, Sprint Backlog, Priorisierung, User Stories, Story Points und Reporting-Typen (wie etwa das Burndown Chart). Exemplarisch sei hier auf das System *Jira* verwiesen, welches wir in PIPE bereits mehrfach eingesetzt haben. Aber es gibt auch andere Vertreter dieser Produktkategorie, die diese Voraussetzungen erfüllen. Die Teilnehmer nutzen in Ihrer Rolle als Entwickler, SMs oder POs das System zur Abbildung des fachlichen Ziels (Sprint Backlog, vgl. Abb. 3.6) einer Iteration und kommunizieren kontextgebunden zu den enthaltenen Projektaufgaben (User Stories, Tasks und Sub Tasks). Die Beschreibung der Aufgaben und deren initiale und Restaufwand-Schätzung ist aber eine Form von impliziter Interaktion zwischen den Projektteilnehmern. Sie ist daher wie die eigentliche Interaktion über die Kommentarfunktion von besonderem Interesse für die Coaches.

Es wurden weitere Software-Werkzeuge für die Abbildung der Domäne „Software-Entwicklung“ in den Anwendungsprojekten verwendet, die unseren bereits durchgeführten Trainings in PIPE unterlag. Dazu gehörten Werkzeuge, wie die Entwicklungsumgebung, die Versionsverwaltung oder Tools für kontinuierliche Systemintegration (Continuous Integration). Da die Software-Entwicklung aber nur exemplarisch verwendet wurde, weil es sich um einen Masterkurs in Informatik drehte, wird hier nicht näher darauf eingegangen.

## Lernprinzipien, Zielsetzung und erwartete Ergebnisse

Die Zielsetzung von PIPE kann über die in 3.1 beschriebenen Anforderungen definiert werden, die in Tab. 3.1 noch einmal aufgelistet werden.

In Tab. 3.1 werden diejenigen didaktischen Lernprinzipien aufgelistet, die sich speziellen Anforderungen zuordnen lassen, wenn sie offensichtlich in diese Kategorie fallen, wie im einfachsten Fall etwa die „Individualisierung der Schulungsinhalte“ in die Kategorie des individuellen Lernens.

Des Weiteren finden folgende Lernprinzipien unabhängig von konkreten Anforderungen in 3.1 in PIPE Anwendung:

**Tab. 3.1** Anforderungen und deren Erfüllung

Nr.	Titel	Didaktisches Lernprinzip	PIPE
1	Überwindung des Bruchs „Theorie vs. Praxis“	Fallstudien-Methodik	?
2	Überwindung des Bruchs „Ausbildung vs. Unternehmen“	Situiertes lernen	?
3	Inkrementelle Vorgehensweise zur Bruchüberwindung	Individuelles Lernen	Ja
4	Hohe Planungsflexibilität aufgrund von engmaschigen Rückkopplungen	Individuelles Lernen	Ja
5	Individualisierung der Schulungsinhalte	Individuelles Lernen, Situiertes Lernen	Ja
6	Förderung von Rollenverständnis und Rollenspielen		Ja
7	Förderung von (sozialer) Interaktion (insb. 3K)		Ja
8	Agilität als inhaltlicher Bestandteil der PM-Ausbildung	Individuelles Lernen, Situiertes Lernen	Ja

- Erfahrungsbasiertes Lernen
- Problembasiertes Lernen
- Situiertes Lernen durch Einbindung von Kopräsenz und Virtualisierung bzw. Live- und Offline-Training
- Live Coaching
- VIST und IMOJ als Anwendung auf das Trainingsprojekt
- Effektivität des Lernens, Motivation und damit Maximierung des Lern-Outcomes
- Durch Selbstwirksamkeit und Valenz

Die Spalte „PIPE“ in Tab. 3.1 kennzeichnet mit „Ja“ die Anforderungen, die per Definitionem, also bedingt durch die Konzeption der Lösung, erfüllt sind, wie das in diesem Abschnitt beschrieben wurde. Insofern ist davon auszugehen, dass PIPE diesen Anforderungen genügt, was durch die empirischen Ergebnisse im folgenden Kapitel untermauert wird. Das folgende Kapitel klärt auch die Frage, ob Anforderungen 1 und 2, die nicht so offensichtlich durch die Konzeption erfüllt sind, durch PIPE erfüllt werden.

---

### 3.3 Erkenntnisse

Die hier vorgestellte PIPE-Methodik wurden in den seit 2014 bis heute insgesamt sieben Mal erprobt und dabei stetig leicht anpasst. Besonders grosse Fortschritte wurden im Zeitraum 03/2018–02/2020 erzielt, in dem PIPE als Entwicklungsprojekt im Rahmen des von der Interreg geförderten IBH-Labs „Seamless Learning“ von Didaktik-Experten begleitet und beraten wurde (Mueller & Schimkat, 2017; Rapp et al., 2017). Grundlage dieser stetigen Anpassungen waren Erkenntnisse aus den vorangegangenen Trainings, die sich aus verschiedenen zum Teil bereits zuvor erwähnten Feedback-Quellen speisen. Dazu gehören das Team-Feedback im Rahmen der Retros der Live-Trainings nach jeder Iteration genauso wie die persönlichen Feedbacks der Teilnehmer im Rahmen der Individual-Coachings nach jeder Iteration.

### Ergebnisse aus Pre-/Posttest und TAP

Im Rahmen der begleitenden Evaluationen wurden während der Phase der Projektbegleitung ein Pre-, ein Posttest primär quantitativ, und eine Teaching Analysis Poll (TAP; Gommers et al., 2019) qualitativ durchgeführt. Im Hochschulkontext

wird somit ein Vergleich innerhalb der zwei betroffenen Semester „Wintersemester 2018/2019“ (15 Teilnehmer) und „Wintersemester 2019/2020“ (11 Teilnehmer) aber auch im Semestervergleich möglich. Die Teilnehmer beantworteten die Fragen im Pre- und Posttest anonymisiert über eine Umfragenplattform zu Beginn und am Ende des Trainings. Die TAP wurde jeweils durch einen der Didaktik-Experten ohne Anwesenheit der Dozenten bzw. Coaches mit den Teilnehmern durchgeführt. Insofern kann hier von unbeeinflussten, objekten Umfrageergebnissen ausgegangen werden.

Die Ergebnisse aus Pre-/Posttest und TAP lassen sich wie folgt gemäß Tab. 3.2 zusammenfassen: Beide Brüche zwischen Theorie und Praxis und zwischen dem Hochschulkontext und der Industrie werden nach Rückmeldung der Studierenden vollkommen überwunden. Alle Studierenden gaben an, dass die Veranstaltung für den späteren Beruf sehr wichtig ist (100 % der Teilnehmer) und auch eine sehr hohe Praxisrelevanz (100 %) zugeschrieben wird. Gerade für die Überwindung dieser beiden Brüche scheint die hohe Verfügbarkeit der Coaches (Dozenten und Unternehmensvertreter) von enormer Wichtigkeit. Für alle Teilnehmer war vor allem auch ein hoher Einbindungsgrad (45,5 % sehr hoch, 54,5 % hoch) der

**Tab. 3.2** Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse aus Pre-/Post-Test und TAP

<p><b>Positive Aspekte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung für späteren Beruf wird auch so von Studierenden wahrgenommen: 100 % sehr wichtig (TAP WS 19/20)</li> <li>• Sehr hohe Praxisrelevanz: 100 % sehr wichtig (TAP WS 19/20)</li> <li>• Von den Studierenden wird die Überwindung dieses Seams als sehr positiv bewertet (TAP WS 18/19, WS 19/20)</li> <li>• Hohe Bedeutung der Rolle der Coaches (TAP WS 18/19, WS 19/20)</li> </ul> <p><b>Probleme</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Meinen eigenen Rhythmus für das Lernen finden und mir die Zeit gut einteilen“</li> <li>• „Ich habe befürchtet, dass ich mit dem Lern- und Arbeitspensum in der Lehrveranstaltung nicht fertig werde“</li> </ul>	<p><b>Lernzuwachs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Größter Zuwachs: Kennenlernen der Rollen, Meetings, Artefakte und Regeln von Scrum</li> <li>• Gleichzeitig geben die Befragten an, dass sie durch den Aufbau dieser Veranstaltung in der Lage sind, eben auch die Rollen einnehmen können</li> <li>• Geringster Zuwachs: Akzeptanz einer bewussten und gezielten Unvollkommenheit mit Hinblick auf Anforderungsmanagement als notwendigen Optimierungsschritt</li> </ul> <p><b>Die größten Herausforderungen</b> (Top 3, TAP WS 19/20)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Work-Life-Balance (91 %)</li> <li>• Zeitmanagement (82 %)</li> <li>• Bewältigung der Stoffmenge (45 %)</li> </ul> <p><b>Verbesserungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Feedback durch Unternehmenspartner wurde zu wenig unterstützt: 45 % (TAP WS 19/20)</li> </ul>
---	--

Unternehmensvertreter entscheidend. Dementsprechend werden die verschiedenen Lernoutcomes bzgl. der unterschiedlichen Lernziele als wichtig, bzw. hoch wahrgenommen. Spezielle Faktoren, die für den Outcome förderlich waren, waren beispielsweise die kurzen Feedbackzyklen zwischen den Coaches und Studierenden. Dem Feedback an sich wurde ein sehr hoher Stellenwert zugesprochen: 81,8 % der Studierenden halten dies für sehr wichtig, 18,2 % für wichtig. Dies kann auch daran liegen, dass 91 % der Teilnehmer den durch die Dozenten vermittelten Inhalt als unterstützend wahrgenommen haben. Durch diese Ergebnisse wird gleichzeitig die Bedeutung der Rolle der Coaches bestätigt.

Darüber hinaus fallen ebenfalls der hohe Praxisbezug, sowie der rollenspiel-ähnliche Veranstaltungscharakter, der alle Rollen von Scrum beinhaltet, als wichtige Faktoren auf, die zu einem hohen Lernoutcome führen. Dabei wurde speziell die vorhandene Kundenorientierung der Projekte als besonders positiv hervorgehoben, da das Projekt nicht im geschützten Rahmen der Ausbildungsinstitution, sondern für die freie Wirtschaft entwickelt wurde und für die Studierenden dadurch eine andere Werthaltigkeit entsteht. Gleichzeitig entsteht durch das Vorhandensein eines realen Kunden eine neue Situation für die Teilnehmer, die einen gewissen Druck und ein neues Stresslevel hervorrufen kann. Das Ziel der Teilnehmer beruht nicht mehr ausschließlich darauf, eine gute Note zu bekommen. Sie nehmen zusätzlich die intrinsische Motivation wahr, ein qualitativ hochwertiges Produkt an den Kunden zu liefern. Diese neue Kundenorientierung wird ebenfalls als positiv aufgenommen und hilft dabei die Brüche zu überwinden, der geschützte und gewohnte Rahmen der Hochschule wird verlassen. Für die Teilnehmer werden Brüche auch dadurch überwunden, dass weitere Kompetenzen (unter anderem Methodenkompetenz, Handlungskompetenz, Selbstreflexion durch Feedback, Teamfähigkeit) erworben werden.

Gegenüber den positiven Wahrnehmungen kann kritisch angemerkt werden, dass die Überwindung dieser Brüche für alle Beteiligten einen zusätzlichen Zeitaufwand bedeuten kann. Gerade Studierende empfinden diesen Zeitaufwand als Herausforderung. So wurde von den Teilnehmern angegeben, dass im Laufe der Veranstaltung die größten Herausforderungen vor allem die Balance zwischen dem Studienaufwand und der Freizeit (91 %), sowie das Zeitmanagement (82 %) sind, sich dadurch also ein hoher Zeitaufwand bemerkbar macht<sup>1</sup>. Interessant ist ebenfalls der Vergleich der Wahrnehmung vor und nach der Veranstaltung. Über

---

<sup>1</sup> Bei der Problematik des Zeitaufwandes muss erwähnt werden, dass es sich um eine subjektive Wahrnehmung der Studierenden handelt. Das bedeutet, dass die für die Erreichung der 10 ECTS benötigte Zeit im Verhältnis zu anderen Veranstaltungen als hoch wahrgenommen wird, da in dieser Veranstaltung sprintweise erhöhte Stundenzahlen aufkommen können. Das würde heißen, dass an sich nicht zu viel Zeit aufgewendet wird, sondern lediglich die

alles gesehen wurden die bereits bei den Pre-Tests positiv bewerteten Aspekte in den Post-Tests noch positiver bewertet, also durch den Besuch der Veranstaltung positiv verstärkt. Darüber hinaus wird die in der Zielsetzung genannte Individualisierung des Lernens und die damit verbundenen unterschiedlichen Vorkenntnisse durch die Ergebnisse der Studierenden dargelegt. Vor der Veranstaltung ließen sich hinsichtlich verschiedener Parameter unterschiedliche Kenntnisse zwischen den Studierenden feststellen. Nach der Veranstaltung wurden ebenfalls individuelle Lernzuwächse erkenntlich, wobei hinsichtlich verschiedener Thematiken ein mittlerer bis großer Lernoutcome erzielt werden konnte. Die Studierenden konnten unabhängig des eigenen Kenntnisstandes im Rahmen der Veranstaltung unterschiedliche und individuelle Lernzuwächse erzielen.

## Ergebnisse aus Individual-Feedbacks

Über die Jahre hinweg wurde eine große Datenmenge aus der Form der individuellen Feedbacks generiert, die sich schwer in akkumulierter Form zusammenfassen läßt. Dies liegt darin begründet, dass sie im Gegensatz zu Pre-/Post-Test und TAP unter sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen und zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfasst wurden. Insbesondere letzteres macht die Vergleichbarkeit schwierig, da PIPE über die Jahre hinweg immer wieder auf Basis des Feedbacks angepasst wurde und dadurch die Daten auf einem unterschiedlichen Reifegrad der Veranstaltung erhoben wurden. Exemplarisch haben wir daher im Folgenden zwei spezielle Auszüge aus dieser Feedback-Datenbasis zusammengestellt, die aber aus unserer Sicht durchaus repräsentativen Charakter haben.

Im ersten Auszug wurden einem einzelnen Teilnehmer der Veranstaltung des WS 19/20 dediziert Themen genannt, zu denen er beliebig Stichpunkte äußern konnte, die ihm dazu einfielen. Die Ergebnisse werden in Tab. 3.3 dargestellt.

Im zweiten Auszug wurden die Teilnehmer der Veranstaltung im WS 20/21 individuell nach den wichtigsten positiven und negativen Hinweisen zur Veranstaltung befragt. Die Befragung jedes Teilnehmers wurde nach der ersten Iteration (Sprint) durchgeführt und spätestens nach vier Hinweisen beendet. Es ist daher davon auszugehen, dass jeder Teilnehmer die jeweils persönlich wichtigsten Aspekte zuerst genannt hat und wir daher einen repräsentativen Querschnitt erhalten. Nach der Befragung wurden thematische Cluster aus den Hinweisen

---

subjektive Wahrnehmung im Verhältnis zu anderen Veranstaltungen zu diesem Entschluss führt.

**Tab. 3.3** Zusammenfassung eines Individual-Feedbacks zu dedizierten Themen – Teil 1

<p><b>Überwindung des Bruchs „Theorie und Praxis“</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Sehr praxisnahe Erfahrung“</li> <li>• „Weniger Hochschul-Charakter, eher eine Job-Atmosphäre“</li> <li>• „Sehr erfrischend nach 7-8 Bachelor-Semestern mit überwiegend Frontal- Vorlesungen“</li> <li>• „Sinnvolle Ergänzung durch Theorieteile“</li> </ul> <p><b>Effektivität des Lernens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Motivation war enorm hoch – Es gibt so etwas wie einen höheren Sinn“</li> <li>• „Learning by doing durch hohen Praxisanteil“</li> <li>• „Laufendes Feedback für Anpassungen“</li> <li>• „Zusätzlicher Antrieb durch externe reale Pos“</li> <li>• „Das Gefühl etwas für den späteren Job mitnehmen zu können (hat bisher gefehlt im Studium)“</li> <li>• „Viel Spaß, obwohl durchaus stellenweise stressig“</li> <li>• „Würde nicht als Simulation/ Rollenspiel wahrgenommen“</li> <li>• Nachhaltigkeit: „Vom Praxisteil ist heute noch deutlich mehr vorhanden als von den theoretischen Vorlesungen“</li> </ul>	<p><b>Überwindung des Bruchs „Ausbildung vs. Unternehmen“</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Projektgefühl war völlig anderes als bei bisherigen Hochschulprojekten“</li> <li>• „Höherer Druck durch externe Industriepartner“</li> <li>• „Höherer Ansporn, zu liefern“</li> <li>• „Mehr Realismus, da nicht nur für Note gearbeitet wurde, sondern auch vor den Industriepartnern gute Arbeit liefern wollte“</li> <li>• „Sowohl für Teilnehmer als auch Industriepartner Möglichkeit, sich kennenzulernen für Thesis, Job, etc.“</li> </ul> <p><b>Kopräsenz und Virtualisierung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Verteiltes Arbeiten wurde realitätsnah abgebildet“</li> <li>• „Konfliktbewältigung (in einzelnen Teams, Tucker-Phasen)“</li> <li>• „Unterschiedliche Arbeitstypen mussten auf eine Linie gebracht werden für Erfolg“</li> </ul> <p><b>Individualisierung des Lernens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Individuelles Feedback nach jedem Sprint“</li> <li>• „Teilweise während den Projektmeetings individuelle Gespräche (bei Bedarf)“</li> <li>• „Jeder konnte seine Rolle soweit möglich individuell leben/ausfüllen“</li> </ul>
--	--

gebildet und die entstehenden Kategorien mit einem Titel versehen, der die enthalten Hinweisen bestmöglich repräsentiert. Die Ergebnisse werden in Tab. 3.4 dargestellt.

Dies lässt sich wie folgt interpretieren: N1–4, N6/7 und N9/10 sind Aspekte, die von den Teilnehmern selbst unter dem Aspekt „ins kalte Wasser geworfen“ subsumiert und negativ bewertet wurden. Zum einem gewissen Grad ist das so von den Coaches gewollt, da wir einen höheren Realitätsgrad erreichen wollen und authentischere Reaktionen bei den Teilnehmer zu bestimmten Zeitpunkten erreichen wollen. Die ist bei sehr guter Vorbereitung der Teilnehmer nicht immer gesichert und daher der „Wurf ins kalte Wasser“ zu einem Teil als didaktisches Mittel aufzufassen. Der Aspekt „hoher Aufwand“ (N11/N17) tritt auch

**Tab. 3.4** Zusammenfassung eines Individual-Feedbacks zu dedizierten Themen – Teil 2

Teilnehmer	In %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Positiv</b>																			
P1	5.6	1																	
P2	5.6		1																
P3	27.8			1	1	1	1						1			1			
P4	38.9				1	1	1		1	1			1	1		1			
P5	5.6																1		
P6	5.6				1														
P7	16.7								1				1					1	
P8	5.6							1											
P9	11.1									1		1							
P10	11.1											1							1
P11	5.6																	1	
P12	11.1																	1	1
<b>Negativ</b>																			
N1	22.2	1															1	1	1
N2	22.2	1															1	1	1

(Fortsetzung)



hier wieder auf und ist etwas, was bei der Komplexität und Vielfältigkeit dieser Veranstaltung schwer vermeidbar ist. Erst durch diesen zusätzlich investierten Aufwand wird der Mehrwert wahrnehmbar, den die Teilnehmer als positiv bewerten. Alle anderen als „negativ“ bewerteten Aspekte sind organisatorischer oder Corona-bedingter Natur und sicherlich optimierbar.

Die Prozentzahlen können folgendermaßen bewertet werden: Bei der Befragung wurden die Kategorien in keiner Weise vorgegeben und auch keine Beispiele für Kategorien genannt. Die 38,9 % bei „Realitätsnähe“ (P4) beispielsweise bedeuten also nicht, dass 2/5 der Teilnehmer die Realitätsnähe als positiven Aspekt der Veranstaltung betrachten, während die restlichen 3/5 es nicht so sehen. Es bedeutet vielmehr, dass knapp 2/5 der Teilnehmer dies als einen der ersten positiven wie negativen drei/vier Punkte nennen, wenn sie ad-hoc antworten sollen. Insofern sind sicher alle genannten Kategorien in der Rubrik „Positiv“ als wesentliche Faktoren zu interpretieren, die die Teilnehmer an der Veranstaltungsform schätzen. Besonders interessant sind Kategorien, die mehr als 10 % der Teilnehmer unter den wichtigsten 3 bis 4 Aspekten sehen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Ergebnisse aus Individual-Feedbacks erstaunliche Übereinstimmungen mit den unbeeinflussteren Ergebnissen der anonymisierten Befragung der Pre-/Post-Tests und den TAPs aufweisen. Es ist sehr gut erkennbar, dass die Teilnehmer genau die Aspekte an der Veranstaltungsform schätzen, die wir als Anforderung an die Veranstaltung „PIPE“ in 1.1 definiert haben. Das ist insofern bemerkenswert, als dass wir diese Anforderungen an die Veranstaltung in keiner der Befragungen implizit oder gar explizit genannt haben. Insbesondere die Anforderung 1 Überwindung des Bruchs „Theorie vs. Praxis“ und Anforderung 2 Überwindung des Bruchs „Ausbildung vs. Unternehmen“, die nicht per Definitionem durch die Konzeption von PIPE gegeben sind (s. 1.2.4), können als erfüllt angesehen werden, da sie in allen oben genannten Ergebnissen durch die Teilnehmer als Mehrwert der Veranstaltung wahrgenommen werden.

---

### 3.4 Fazit

Die vorgestellte Trainingsmethode für Projektmanagement PIPE ist ein Ansatz für agiles Vorgehen, Kommunizieren und Lernen in verteilten Teams. Projektmanagement ist eine Schlüsselkompetenz und Verteilung in Teams, allgemeiner die Virtualisierung von Teams, ist bereits heute stark verbreitet und wird in Zukunft deutlich zunehmen. Der iterativ-inkrementellen Struktur agiler Vorgehensmodelle folgend werden in PIPE zwei wesentliche Lernkonzepte engmaschig miteinander

verwoben. So werden einerseits Theorie- und Praxis-Phasen feingranular unterteilt und gegenseitig aufeinander Bezug nehmend verzahnt. Andererseits wird in zwei zeitlich und inhaltlich synchronisierten Projekten, dem Anwendungs- und dem Trainingsprojekt, von den Teilnehmern Anwendungs- und Lernziele mitdefiniert und umgesetzt. Die Anwendungsziele des Anwendungsprojekts kamen in allen bisherigen Trainings aus der Domäne der Software-Entwicklung und wurden von den Industriepartnern vorgegeben, die wiederum ein integraler Bestandteil von PIPE sind. Während die Anwendungsziele in der Regel für ein gesamtes Team unter den Teilnehmern gelten, sind die Lernziele des Trainingsprojekts häufig für einzelne Teilnehmer individualisiert. Ein differenziertes Rollenkonzept ermöglicht Lernenden bzw. Lehrenden, unterschiedliche Rollen während des mehrwöchigen Trainings zu erproben bzw. einzunehmen. Die Industriepartner nehmen dabei gleichzeitig die Rolle der Coaches und der Auftraggeber (Chief Product Owner) ein. Ein erfolgskritischer Aspekt im Projektmanagement ist die Interaktion (Kommunikation, Kooperation und Kollaboration) insbesondere bei virtualisierten Teams. Mithilfe geeigneter Software-Werkzeuge werden spezifische Interaktionskonzepte und -Szenarien in Teams unter Virtualisierung nachgebildet, von den Coaches beobachtet und trainiert. Engmaschiges wechselseitiges Feedback zwischen Coaches und Teilnehmern ermöglicht direktes Ausprobieren von angepassten individuellen Verhaltensweisen in Bezug auf die Interaktion und das agile Vorgehen im Projekt. Die Übergänge zwischen den Iterationen (Sprint) sind naturgemäß ein Zeitpunkt, an dem aufgrund von team-basiertem und individuellem Feedback die Ziele angepasst werden. Hier wird zudem mehr Realitäts- und Praxisbezug eingeführt und den Teilnehmer schrittweise nahegebracht.

PIPE wurde in den letzten Jahren bereits mehrfach in Form eines Masterkurses im Hochschulkontext erprobt und evaluiert. Es werden eine Vielzahl von didaktischen Lehrkonzepten kombiniert angewandt, darunter vor allem situiertes Lernen, individuelles Lernen, erfahrungs- und problembasiertes Lernen. Auch neuere eher aus der Arbeitspsychologie bekannte Konzepte, wie VIST und IMIO, werden auf diesen agilen, verteilten Projektkontext angewandt. Die umfangreiche Feedback-Datenbasis der Teilnehmer aus den letzten Jahren hat immer wieder zu leichten Optimierungen des PIPE-Konzepts geführt. Es läßt aber vor allem erkennen, dass der bei der Konzeption anvisierte Lern- und Kompetenzgewinn in Bezug auf Praxiserfahrung und Realitätsbezug aus der Teilnehmersicht besser als in jedem anderen ihnen bekannten Lehrkonzept erreicht wird. Die Evaluationsergebnisse (für den späteren Beruf wichtig: 100 % der Teilnehmer; sehr hohe Praxisrelevanz: 100 % der Teilnehmer) lassen den Schluss zu, dass der Bruch „Theorie vs. Praxis“ und der Bruch „Ausbildung vs. Unternehmen“ im Sinne des „Seamless Learning“ in überzeugender Weise adressiert wird. Die Teilnehmer sind sich

einig darüber, dass es sich bei diesem Lehrkonzept um eine sehr motivierende und spannende Veranstaltung handelt. Sie bemängeln neben dem eigenen Aufwand im Wesentlichen Dinge, die sich durch kleine organisatorische Korrekturen im Konzept zukünftig verbessern lassen sollten oder schon verbessert wurden.

Bedingt durch den intensiven, individualisierten Trainings- und Beratungsansatz von PIPE mit hoher Feedback-Frequenz ist offensichtlich, dass das Konzept nicht beliebig in der Anzahl der Teilnehmer skaliert. Dafür impliziert es aber im Vergleich zu besser skalierenden Konzepten eine deutliche gesteigerte Nachhaltigkeit im Sinne einer hohen Rate beim Lern- und Kompetenzgewinn der Studierenden. Die Kenntnis, der Umgang und ggf. die Administration von modernen Kommunikationswerkzeugen bei den Lehrenden ist eine Voraussetzung für die Umsetzung von PIPE, wird aber in der heutigen Zeit immer selbstverständlicher.

Bedingt durch die Konzeption ist PIPE nicht auf die Informatik oder gar Software-Entwicklung beschränkt. Es ist davon auszugehen, dass eine Anwendung dieses Ansatzes ausserhalb der Projektmanagement-Ausbildung in anderen Aus- und Weiterbildungsbereichen immer dann problemlos möglich ist, wenn die spätere Anwendung der vermittelten Lernthematik einen projektartigen Charakter enthält. Spannend bleibt die Frage, inwieweit eine Anwendung auf die Aus- und Weiterbildungsbereiche möglich ist, in denen es nicht explizit um projektbasiertes Arbeiten geht, aber ein projektbasierter Kompetenzerwerb vorliegt oder umsetzbar ist.

---

## Literatur

- Appelo, J. (2011). *Management 3.0. Leading agile developers, developing agile leaders*. Addison-Wesley.
- Baron, M. (2016). *Teaching project management: Linking theory to practice*. Project Manager. <https://projectmanager.com.au/teaching-project-management-linking-theory-to-practice>. Zugegriffen: 13. Dez. 2020.
- Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A. van, Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Grenning, J., Highsmith, J., Hunt, A., Jeffries, R., Kern, J., Marick, B., Martin, R. C., Mellor, S., Schwaber, K., Sutherland, J., & Thomas, D. (2001). *Principles behind the agile manifesto*. <http://agilemanifesto.org/principles.html>. Zugegriffen: 18. Dez. 2020.
- Bund-Länder-Koordinierungsstelle für den Deutschen Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen. (2020). DQR Deutscher Qualifikationsrahmen, Liste der zugeordneten Qualifikationen 2020, im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK). [https://www.dqr.de/media/content/2020\\_DQR\\_Liste\\_der\\_zugeordneten\\_Qualifikationen\\_01082020.pdf](https://www.dqr.de/media/content/2020_DQR_Liste_der_zugeordneten_Qualifikationen_01082020.pdf). Zugegriffen: 13. Dez. 2020.

- Cetacea Communications. (2013). Kommunikation in Projekten, Ergebnisse einer empirischen Studie. In Koop. mit Atreus Interim Management und der GPM Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement.
- Cooke, N. J., Gorman, J. C., & Rowe, L. J. (2004). An ecological perspective on team cognition. *COGNITIVE ENGINEERING RESEARCH INST MESA AZ*.
- Daft, R. L., & Lengel, R. H. (1984). Information richness: A new approach to managerial behavior and organization design. *Research in Organizational Behavior*, 6(1984), 191–233.
- Daft, R. L., & Lengel, R. H. (1986). Organizational information requirements, media richness and structural design. *Management Science*, 32(5), 554–571.
- Dilger, B., Gommers, L., & Rapp, Chr. (2019). The learning problems behind the seams in seamless learning. In Chee-Kit Looi, Lung-Hsiang Wong, Christian Glahn, & Su Cai (Hrsg.), *Seamless learning: Perspectives, challenges and opportunities* (S. 29–51). Springer. Lecture notes in educational technology; 23.
- Erasmus, E., Pretorius, J., & Pretorius, L. (2010). Using virtual team project communication as a means of predicting virtual team effectiveness. *IEEE Proceedings of PICMET*, 10, 2010.
- Giap, T. K., Yam, T. K., Khuong, V. M., & Qiangyang, G. (2011). *UBSACI Wages comparison report*. Lee Kuan Yew of Public Policy, National University of Singapore.
- Gigerenzer, G. (2020). „Unser Leben kann so nicht weitergehen“. *Zeit Online*. <https://www.zeit.de/gesellschaft/2020-03/gerd-gigerenzer-risiko-forschung-coronavirus-pandemie>. Zugegriffen: 12. Dez. 2020.
- Gilson, L. L., Maynard, M. T., Jones Young, N. C., Vartiainen, M., & Hakonen, M. (2015). Virtual teams research: 10 years, 10 themes, and 10 opportunities. *Journal of Management*, 41, 1313–1337.
- Gommers, L., Dilger, B., Kordts-Freudinger, R., Schneider, Chr. (August 2019). *Teaching analysis poll in higher education: From course feedback to multi-level quality development*. Konferenzband der Tagung der European Association for Research on Learning and Instruction (EARLI).
- GPM, Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement. (Hrsg.). (Oktober 2014). *Burnout-Gefährdung bei Projektmanagerinnen und Projektmanagern, Ergebnisse Burnout-Studie 2014 –Langversion*.
- Hassemer, C. (September 2010). *Identität und Image des Wirtschaftsstandorts Bodensee, Bodensee Standort Marketing GmbH*.
- Hedtke, R. (2000). Das unstillbare Verlangen nach Praxisbezug–Zum Theorie-Praxis-Problem der Lehrerbildung am Exempel Schulpraktischer Studien. *sowi-online journal*, Nr. 1, 2000.
- Hertel, G. (2002). Management virtueller Teams auf der Basis sozialpsychologischer Theorien: Das VIST Modell. In E. H. Witte (Hrsg.), *Sozialpsychologie wirtschaftlicher Prozesse* (S. 174–204). Pabst Verlag.
- Hertel, G., Konradt, U., & Orlikowski, B. (2004). Managing distance by interdependence: Goal setting, task interdependence, and team-based rewards in virtual teams. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 13(1), 1–28.
- Highsmith, J. (2009). *Agile project management: Creating innovative products* (2. Aufl.). Addison-Wesley Professional.

- Hoch, J. E., & Kozlowski, S. W. J. (2014). Leading virtual teams: Hierarchical leadership, structural supports, and shared team leadership. *The Journal of Applied Psychology, 99*, 390–403.
- Huber, A., Haas, A., Schwarz-Govaers, R., Konrad, K., Gürtler, L., Mutzek, W., Traub, S., Widulle, W., Sauter, W., Bernhart, A., Hepting, R., Schmidt, E. -M., Gerbig, Chr., Meier, F., Bernhart, D., & Barth, A. -R. (2005). *Vom Wissen zum Handeln. Ansätze zur Überwindung der Theorie-Praxis-Kluft in Schule und Erwachsenenbildung*. Ingeborg Huber Verlag.
- Ilgel, D., Hollenbeck, J., Johnson, M., & Jundt, D. (2005). Teams in organizations: From input-process-output models to IMOI models. *Annual Review of Psychology, 56*, 517–543. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070250>
- Kawka, R. (Hrsg.). (Dezember 2013). Abschlussbericht des Modellvorhabens der Raumordnung (MORO), Initiativkreis Metropolitane Grenzregionen (IMeG), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumordnung.
- Kelley Jr, J. E., & Walker, M. R. (1959). Critical-path planning and scheduling. In *Papers presented at the December 1–3, 1959, eastern joint IRE-AIEE-ACM computer conference* (S. 160–173).
- Lechler, T., & Gemünden, H. G. (1998). Kausalanalyse der Wirkungsstruktur der Erfolgsfaktoren des Projektmanagements. *BETRIEBSWIRTSCHAFT-STUTT GART-*, 58, 435–450.
- Mathieu, J., Maynard, M. T., Rapp, T., & Gilson, L. (2008). Team effectiveness 1997–2007: A review of recent advancements and a glimpse into the future. *Journal of Management, 34*(3), 410–476.
- Mörth, A., Schiller, E., Cendon, E., Elsholz, U., & Fritzsche, Chr. (2018). *Theorie und Praxis verzahnen in Studienangeboten wissenschaftlicher Weiterbildung. Ergebnisse einer fallübergreifenden Studie*. Thematischer Bericht der wissenschaftlichen Begleitung des Bund-Länder-Wettbewerbs „Aufstieg durch Bildung: offene Hochschulen“. 2018.
- Mueller, R. & Schimkat, R. (2017). Affective agile project management: An embodiment of seamless learning. In J. Dron & S. Mishra (Hrsg.), *Proceedings of E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education* (S. 410–415). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- PMI. (2013). *The high cost of low performance: The essential role of communications*. PMI In-Depth Report, 2013.
- Rapp, Chr., Dilger, B., Schimkat, R., & Mueller, R. (2017). Seamless learning in lake constance region, poster. In DeLFI, Conference for E-Learning in Computer Science, Chemnitz.
- Salas, E., Fiore, S. M., & Letsky, M. P. (Hrsg.). (2013). *Theories of team cognition: Cross-disciplinary perspectives*. Routledge.
- San Cristobal, J. R. (2013). Critical path definition using multicriteria decision making: PROMETHEE method. *Journal of Management in Engineering, 29*(2), 158–163.
- Schneider P., Gerke G., Folkens L., & Busch M. (2018). Vernetzung und Weiterentwicklung des Wissenspools zu Nachhaltigkeit in Theorie und Praxis: Umsetzung des Teaching-Research-Practice Nexus an der Hochschule Magdeburg-Stendal. In W. Leal Filho (Hrsg.), *Nachhaltigkeit in der Lehre. Theorie und Praxis der Nachhaltigkeit*. Springer Spektrum. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-56386-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-662-56386-1_7).
- Soloman, C. (2016). Trends in Global Virtual Teams RW3 CultureWizard LLC., New York, 2016

- Schwaber, K., & Sutherland, J. (November 2020). The Scrum Guide, ScrumGuides.org. <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf>. Zugegriffen: 13. Dez. 2020.
- Wahl, D. (2001). Nachhaltige Wege vom Wissen zum Handeln. *Beiträge zur Lehrerinnen-und Lehrerbildung*, 19(2), 157–174.
- Wald, A., Spanuth, T., Schneider, Chr., Futterer, F., & Schnellbacher, B. (August 15). Makroökonomischer Vermessung der Projektstätigkeit in Deutschland, GPM, Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement e. V.
- Wildman, J. L., Salas, E., & Scott, C. P. (2014). Measuring cognition in teams: A cross-domain review. *Human factors*, 56(5), 911–941.
- Wong, L. -H. (2015). A brief history of mobile seamless learning. In L. -H. Wong, M. Milrad, & M. Specht (Hrsg.), *Seamless learning in the age of mobile connectivity*. Springer.

**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.





# Einzelprojekt „Wellen“

# 4

Andreas Witzig

Wellenphänomene werden in den Lehrplänen meist erst nach gründlicher Vorbereitung der formalen Grundlagen eingeführt. Die Studierenden verfügen dann über ein mathematisches Rüstzeug, das ihnen den Zugang über analytische Formeln erlaubt. Als Alternative zu diesem mathematiklastigen Weg möchten wir in diesem Projekt das Experimentieren mit Computersimulationen ins Zentrum stellen. Anhand von zwei konkreten physikalischen Gesetzen, der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen und dem Verhalten von quantenmechanischen Teilchen, haben wir Lernmaterialien erarbeitet, die einen intuitiven Zugang zum Thema Wellen unterstützen und eine Brücke schlagen zwischen Theorie und der Anschauung. Die Materialien wurden mit Ingenieurstudierenden im Studiengang Systemtechnik an der School of Engineering der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften getestet und verbessert.

Wir sind überzeugt, dass der Einsatz von Computersimulationen den Physikunterricht bereichert und die Studierenden aktiviert. Die eingesetzten Tools bieten hervorragende Visualisierungen und laden ein zum Experimentieren. Softwarewerkzeuge haben außerdem ein hohes Potenzial für den Einsatz im Fernunterricht und im orts- und zeitunabhängigen Lernen.

Physikunterricht soll die kognitive Wahrnehmung erweitern. Wir haben beobachtet, wie sich ein tiefgehendes Verständnis von Wellenphänomenen bildet. Dabei ist aufgefallen, dass die Studierenden unterschiedlich weit entwickelt sind und dass geeignete Visualisierungstools die Erweiterung der Vorstellungskraft gut unterstützen. Thematisch knüpft der Unterricht an vorhergehende Veranstaltungen

---

A. Witzig (✉)

Institute of Computational Physics, ZHAW School of Engineering, Winterthur, Schweiz  
E-Mail: [andreas.witzig@zhaw.ch](mailto:andreas.witzig@zhaw.ch)

© Der/die Autor(en) 2022

B. Dilger et al. (Hrsg.), *Seamless Learning*,  
[https://doi.org/10.1007/978-3-658-34698-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-658-34698-0_4)

93

an und schlägt eine Brücke auf die spätere Verwendung des Stoffes – zwei natürliche Nahtstellen, die im Seamless Learning Kontext herausgearbeitet wurden. Das Vorwissen als Basis für das Verständnis der Lerninhalte und die Referenz auf den Ingenieur-Berufsalltag sind wichtige motivierende Elemente in der Vorlesung.

Die Anforderungen an die Didaktik-Simulation unterscheidet sich stark von numerischen Lösungsverfahren, die in Forschung und Entwicklung bzw. in der Industrie eingesetzt werden. Wenn als essentielle Schnittstelle der Übergang aus dem Ingenieurstudium in den Berufsalltag diskutiert wird, so stellt sich dabei ein Dilemma: einerseits möchte man didaktisch optimierte Tools einsetzen, andererseits wäre es schön, wenn die Studierenden die Simulationswerkzeuge ihrer späteren Berufspraxis kennenlernen würden. Im Themenbereich der elektromagnetischen Wellen haben wir sowohl ein reines Didaktik-Tool als auch ein kommerzielles Ingenieurtool eingesetzt und die Unterschiede analysiert.

---

## 4.1 Ausgangssituation

Im Physikunterricht soll der Graben überwunden werden zwischen der formalen Repräsentation, also den physikalischen Grundgleichungen, und dem konkret für die Studierenden zugänglichen und erlebbaren Realität. Das Material wird den Studierenden mit dem Ziel vermittelt, dass sie es später in ihrer Tätigkeit in einer Ingenieurdisziplin wieder zur Verfügung haben. Diese spätere Anwendung umfasst in der Regel nicht den technischen Entwurf oder die vertiefte Forschungstätigkeit mithilfe der Wellentheorie. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass in einem komplexen Zusammenhang im Ingenieuralltag Fragestellungen beurteilt werden müssen, die auf der Vorstellungskraft von Wellenphänomenen beruhen. Der formale mathematische Umgang mit den Grundgleichungen wird mit großer Wahrscheinlichkeit im weiteren Bildungs- und Berufsweg unserer Studierenden gar nicht mehr gefordert. Wir suchen deshalb nach didaktischen Konzepten, die die Anschauung trainieren und weniger die analytischen Umformungen der Gleichungen.

Für den Unterricht ergibt sich daraus die Herausforderung, dass aufschlussreiche Bilder portiert werden, die den Studierenden auch Jahre nach Studienabschluss in Erinnerung bleiben. Es sollen Fertigkeiten geübt werden, die über das Lösen von Übungsaufgaben hinausgehen. Es scheint uns realistisch und akzeptabel, dass Ingenieure die mathematischen Konzepte einige Zeit nach ihrem Bachelor-Abschluss nicht vollständig wiedergeben können. Ein praxisorientierter Unterricht soll sie dazu befähigen, später einmal kreativ und lösungsorientiert

Entscheide im Zusammenhang mit dem Entwurf oder mit der Einschätzung von Effekten treffen zu können.

## Experimente im Physikunterricht

Oft helfen real aufgebaute Experimente, wie sie in der Tradition der School of Engineering im Physikunterricht regelmäßig zum Einsatz kommen. Die Sammlung der Fachhochschule umfasst über 800 Experimente und wird sorgfältig gepflegt. Die Ingenieurschule investiert viel in den Unterhalt der Exponate und stellt ein digitales Verwaltungs- und Bestellsystem zur Verfügung. Die Physikwerkstatt und die Dozierenden sorgen dafür, dass Sammlung und Datenbank lebendig bleiben, dass die Versuche funktionieren und dass ergänzende Unterrichtsmaterialien und Tipps und Tricks für die Durchführung unter den Lehrenden rege ausgetauscht werden. Diese Voraussetzungen sind eine wichtige Grundlage für das vorliegende Projekt, da einerseits an der Schule eine Tradition zum langfristigen Aufbau und dem Austausch von Unterrichtsmaterialien besteht. Andererseits sind die vorgeschlagenen digitalen Experimente immer als Ergänzung zu (und nicht etwa als Ersatz von) den Exponaten der realen Welt zu verstehen.

Im Physikunterricht werden schon seit über 40 Jahren auch *Computersimulationen* eingesetzt (Boardman et al., 1989), wobei die verwendeten Softwaretools und Unterrichtsmaterialien über die Zeit stark verbessert wurden (Finkelstein, 2005; Perkins et al., 2006).

Erst seit wenigen Jahren bringen alle Studierenden leistungsfähige mobile elektronische Geräte in den Unterricht. Für den Einsatz von Simulationstools in Übungen und Praktika ist dies eine große Chance.

Als einer der wichtigsten Aspekte des Seamless Learning wird im Zusammenhang mit Physikexperimenten das Zusammenspiel von realen, analogen Experimenten mit den neuen digitalen Ressourcen gesehen. Wir erkennen eine gegenseitige Befruchtung von Hardware-Exponaten und Computersimulation, und die Resultate des vorliegenden Projektes müssen im Kontext des Präsenzunterrichts gesehen werden. Die bewusste Wahl „Analog oder Digital“ sowie die Möglichkeit zum Wechsel des Mediums sind ein Mehrwert für die Lehre.

## Modulbeschreibung und Lernziele

Die in diesem Projekt geschaffenen Lernobjekte sollen im 4-ECTS-Modul „Physik: Felder und Wellen“ bzw. „Physik 3“ im zweiten Studienjahr des Studiengangs „Systemtechnik“ an der School of Engineering der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW eingesetzt werden. Aus Sicht der Studierenden umfasst das Modul während 14 Wochen zwei Lektionen Vorlesung und zwei Lektionen Übung/Praktikum in Halbklassen, plus Hausaufgaben während dem Semester und einer Vorbereitungszeit auf die Semesterendprüfung.

Die Modulbeschreibung, die in diesem Projekt allerdings nicht beeinflusst werden konnte, umfasst folgende inhaltliche Zusammenfassung und die Lernziele:

- Ausgehend von mechanischen Wellen wird die mathematische und physikalische Beschreibung entwickelt und auf elektromagnetische Wellen ausgedehnt. Elektromagnetische Phänomene werden auf die Maxwellgleichungen zurückgeführt. Im Anschluss werden die verschiedenen Zugänge zur Optik beleuchtet. Im zweiten Teil der Vorlesung wird die quantenphysikalische (wellenmechanische) Beschreibung von Teilchen und die Interaktion von Licht mit Materie behandelt.
- Lernziel 1: Studierende können für die Systemtechnik relevante Wellenphänomene (mechanisch/Schall und elektromagnetisch/Radiowellen, Infrarot, Licht) qualitativ und quantitativ beschreiben und deren Implikationen für technische Anwendungen nennen.
- Lernziel 2: Studierende sind in der Lage, einfache numerische Methoden und Computersimulationen für die Untersuchung und Analyse von Wellen oder Wellenphänomenen zu verstehen und für technische Anwendungen einzusetzen.
- Lernziel 3: Studierende können die grundlegenden elektromagnetischen Gesetze (Felder, Ladungstransport, Induktion) auf die Maxwellgleichungen zurückführen.
- Lernziel 4: Studierende können zur Beschreibung optischer oder atom-/kernphysikalischer Phänomene die geeignete Beschreibungsebene (Strahl, Welle, Teilchen) wählen. Sie kennen die wichtigsten physikalischen Konzepte der Optik, Quanten- und Kernphysik, welche für das Verständnis der Module der Vertiefung Medizintechnik und des Profils Photonics notwendig sind.

- **Modulinhalte:** Mechanische Wellen (Transversal und Longitudinalwellen, Schallwellen), stehende Wellen, Intervalle und Partialschwingungen, Dispersion, Reflexion und Impedanz-Sprünge, Dopplereffekt, Schallpegel. Elektromagnetische Feldgleichungen, elektromagnetische Wellen. Optik: geometrische Optik (Refraktion, Linsen, para-axiale Optik), Wellenoptik (Beugung, Polarisation). Einführung in die Quanten- und Atomphysik: Axiome/Grundlagen der Wellenmechanik, Tunneleffekt, Teilchen im Potentialtopf, Energieniveaus in der Elektronenhülle, Halbleiter, Photodioden, Leuchtdioden und Laser (als Anwendungen). Kerne und Teilchen: Aufbau Atomkerne, Nuklidkarte, Radioaktiver Zerfall.

Die Vorlesung wurde in der Vergangenheit in enger Abstimmung mit dem Studiengang Elektrotechnik gehalten, wird derzeit aber aufgrund eines neuen Studienmodells überarbeitet und spezifisch auf die Bedürfnisse des Studiengangs Systemtechnik ausgerichtet.

## **Umstellung auf Online-Unterricht aufgrund der Covid19-Pandemie**

Einige Rahmenbedingungen haben sich im letzten Projektjahr grundsätzlich verändert, als aufgrund der Covid19-Pandemie der Unterricht in kurzer Zeit auf Fernunterricht umgestellt werden musste. Diese Herausforderungen waren zwar im Projektantrag nicht vorgehen, konnten aber zusätzlich zu den geplanten Fragestellungen bearbeitet werden. Die Umstellung zwischen dem Vor-Ort-Unterricht im Hörsaal und dem zwingend über elektronische Medien durchgeführten Unterricht kann genauso im Kontext des Seamless Learning gesehen werden, wie andere Projektfragestellungen.

In anderen Jahren wurde in der zweiten Hälfte des Semesters eine Zwischenprüfung angeboten. Im Frühjahrssemester 2020 wurde aufgrund der Home-Office-Vorgaben darauf verzichtet und anstelle der Zwischenprüfung eine größere Hausarbeit ausgegeben. Es gab vier Aufgabenstellungen, in welchen mit Anwendung von Computersimulation ein physikalisches Problem gelöst werden musste. Der Arbeitsauftrag war fakultativ und zählt mit 20 % Notengewicht verbessernd zur Semesterendnote. Das neue Format wurde in das Didaktikkonzept der Gesamtveranstaltung übernommen, hat sich bewährt und wird in Zukunft weitergeführt.

## 4.2 Lernobjekte

Für beide Themenbereiche elektromagnetische Wellenausbreitung und Quantenmechanik werden Simulationen ins Zentrum der Lernerfahrung gestellt. Während die Phänomene der Elektromagnetischen Felder auch viele gute Experimente existieren, sind Labormessungen in der Quantenmechanik viel komplizierter und der Stellenwert von Simulationen deshalb dort höher. Wir setzen ein für die didaktische Visualisierung spezialisiertes Werkzeug ein, das Vorgänge wie die „Quantenmessung“ oder Phänomene wie den „Welle-Teilchen Dualismus“ besonders gut darstellt. Die Software wurde im Rahmen des vorliegenden Projektes erweitert und veröffentlicht.

Die Lernobjekte werden in kleinen Einheiten organisiert, sodass die Chance grösser ist, dass sie in anderen Veranstaltungen ebenso eingesetzt werden können.

### Numerische Experimente mit elektromagnetischen Wellen in 2D und 3D

Die räumliche Ausbreitung von Radio- und Mikrowellen, sowie auch von Wärmestrahlung und Licht zeigt die Natur der Wellenausbreitung und findet sich in vielen wichtigen Anwendungen aus der Technik wieder, beispielsweise in der Signalübermittlung über eine Sender- und eine Empfängerantenne.

Während in vielen Physikbüchern die formelmäßig Betrachtung gleich zu Beginn auf den harmonischen Fall eingeschränkt wird, also auf sinusförmige Anregungen, haben wir hier bewusst die *zeitabhängige* Beschreibung gewählt, d. h. die physikalischen Größen sind Funktionen der Zeitvariable  $t$ :

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\mu_0 \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \quad (4.1)$$

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j}_q(\vec{r}, t) + \sigma(\vec{r}) \vec{E} + \varepsilon(\vec{r}) \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (4.2)$$

Die gekoppelten Gleichungen sind ein Teil der Maxwellgleichungen, was im Unterricht als Anknüpfung an die traditionelle Beschreibung der Physik ein wichtiger Ausgangspunkt ist. Die Gleichungen zeigen die wichtige gegenseitige Beeinflussung des elektrischen Feldes  $\vec{E}(\vec{r}, t)$  und des Magnetfeldes  $\vec{H}(\vec{r}, t)$ , beide mit einer mehrdimensionalen Ortsabhängigkeit  $\vec{r}$  und abhängig von der Zeit  $t$ . Da die meisten Materialien keine Magnetisierung aufweisen, wird die

magnetische Permeabilität  $\mu = \mu_0$  im ganzen Raum konstant angenommen. Die Permittivität  $\varepsilon(\vec{r})$  und die elektrische Leitfähigkeit  $\sigma(\vec{r})$  hingegen werden als räumlich abhängige Größen in der Formel belassen. Der Strom  $\vec{j}_q(\vec{r}, t)$ , ebenfalls eine zeitlich variierende Größe, wird als Quellterm separat aufgeführt. Meist ist er überall im Raum Null außer am Ort der Quelle.

Der Übergang von der Integraldarstellung zur Differentialform wird in der Vorlesung aufgezeigt, und die örtlichen Ableitungen Rotation  $\text{rot}(\vec{v})$ , Divergenz  $\text{div}(\vec{v})$  und Gradient  $\text{grad}(s)$  werden aus physikalischer Sicht eingehend diskutiert. Sowohl Integralrechnung als auch Differentialoperatoren sind im vorangehenden Mathematikunterricht eingeführt worden.

Auf weitere Umformungen der Gleichungen (4.1) und (4.2) wird dann absichtlich – und in Abweichung zu vielen Physikbüchern und Vorlesungen – verzichtet. Traditionell würden in der weiteren Argumentation viele Vereinfachungen gemacht: Es würde ein homogener unendlicher Raum angenommen und die Betrachtung auf eindimensionale Fälle beschränkt. Weiter würde man durch analytische Umformungen vom Zeitbereich in den Frequenzbereich wechseln. Damit man noch Lösungsfunktionen für die Gleichung angeben kann, sind diese Vereinfachungen nötig. Man verliert dabei aber die direkte Umsetzung auf relevante Anwendungsfälle.

Alternativ werden im Lernobjekt „Wellen“ die Gleichungen (4.1) und (4.2) durch einen numerischen Lösungsalgorithmus im Zeitbereich gelöst, wie sie seit über 50 Jahren bekannt sind (Yee, 1966). In einer ersten Version wurde ein auf Matlab<sup>1</sup> basierender Algorithmus eingesetzt, basierend auf einem öffentlich verfügbaren Skript (Kozhevnikov, 2014), das für den Unterricht entsprechend angepasst wurde. Einerseits wurde mit Matlab ein wichtiges, universelles Ingenieurtool gewählt, was von den Studierenden grundsätzlich positiv aufgenommen wird. Andererseits war die Evaluationszeit mit einigen Minuten CPU-Zeit relativ langsam, sodass das interaktive Element im Praktikum etwas zu kurz gekommen ist. Bei der Überarbeitung des Lernobjekts wurde auf ein browserbasiertes und für didaktische Zwecke optimiertes Tool umgestellt.

Im Vergleich zum allgemeinen Fall der gekoppelten Gleichungen (4.1) und (4.2) wurden für die Simulationen in beiden Fällen als Vereinfachung der dreidimensionalen Raum auf 2D reduziert. Die Resultate können auf dem Bildschirm in zwei Dimensionen viel besser betrachtet werden als im allgemeinen 3D-Fall. Außerdem erlaubt die Vereinfachung, dass auch auf handelsüblichen Laptops die Rechenzeit so kurz wird, dass ein echtes Experimentieren durch die Studierenden möglich wird.

---

<sup>1</sup> [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com) MATLAB (Version R2020b).

Die Darstellung in Abb. 4.1 zeigt eine Illustration, welche den Wellencharakter von Licht der gewohnten Darstellung von Lichtstrahlen gegenüberstellt. Die Studierenden sollen lernen, dass Licht und Wärmestrahlung elektromagnetische Wellen sind und dass ihre Ausbreitung durch die Formeln (1) und (2) beschrieben wird. Im Simulationspraktikum wird dazu ein experimenteller, aktiver Zugang angeboten. Konkret wählen die Studierenden eine willkürliche 2D-Geometrie, indem sie aus Rechtecken und Dreiecken eine Struktur mit hohem Brechungsindex zeichnen. Dann lassen sie eine Lichtwelle auf diese Struktur einfallen und zeichnen den Strahlenverlauf nach. Der Strahlenverlauf ist nur beim Einschalten der Quelle einfach identifizierbar, da nach einiger Zeit wegen den Mehrfachreflexionen störende Interferenzmuster entstehen.

## Leitungsgebundene Ausbreitung elektromagnetischer Wellen

In vielen praktischen Anwendungen werden Signale als elektromagnetische Wellen entlang von Leitungen geführt. Beispiele dafür sind das Koaxialkabel und die Zweidrahtleitungen für elektrische Signale, aber auch die Glasfaser für optische Signale. In einem weiteren Lernobjekt wurden diese leitungsgebundenen Wellen untersucht. Die Simulationen wurden von den Studierenden auf dem Simulationstool Tina<sup>2</sup> durchgeführt.

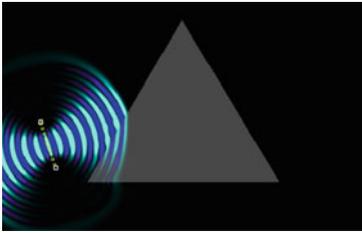
Da das Simulationstool für die Schaltungsanalyse bereits früher in der Vorlesung eingeführt wurde (Einschaltvorgänge für Schaltungen mit Widerständen und Kapazitäten, sowie Schaltungen mit Widerständen und Induktivitäten), konnte die Wellenausbreitung als größere Hausaufgabe ausgegeben werden. Die Fragestellung ist im Folgenden wiedergegeben:

Gegeben ist eine lange Übertragungsleitung, zum Beispiel eine Zweidrahtleitung oder ein Koaxialkabel. Simulieren Sie eine solche Leitung mit einer größeren Anzahl von Induktiven und Kapazitiven Abschnitten als Ersatzschaltung in der Simulationssoftware Tina. Als Quelle dient eine Spannungsquelle mit 50 Ohm Innenwiderstand, die einen Puls aussendet. Bei einer geeigneten Dimensionierung der Leitungslänge und einer korrekten Wahl der L- und C-Elemente kann man die Wellenfortpflanzung entlang der Übertragungsleitung visualisieren. Beim Empfänger am Ende der Übertragungsleitung können je nachdem Reflexionen auftreten, die man ebenfalls im Schaltungssimulator abbilden kann.

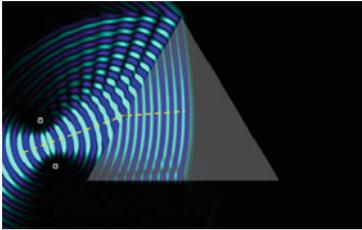
Zeigen Sie in einer Graphik mit einer Zeitachse auf, wie das Signal an verschiedenen Stellen auf der Leitung aussieht (Strom und Spannung). Kreieren Sie ein bewegtes

---

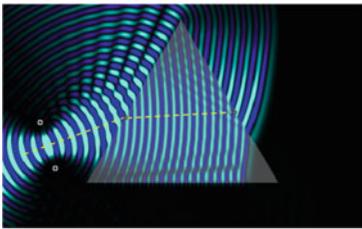
<sup>2</sup> <https://github.com/pfalstad/ripplegl>



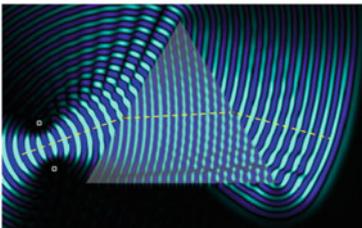
a) Linienquelle (gelb) mit Einschaltvorgang



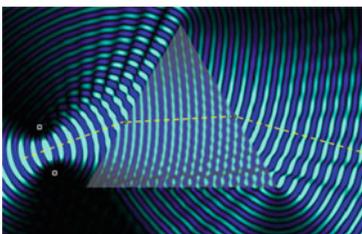
b) Wellenausbreitung senkrecht zur Linienquelle



c) Langsamere Ausbreitung im Prisma



d) Ausbreitung senkrecht zu Wellenfronten

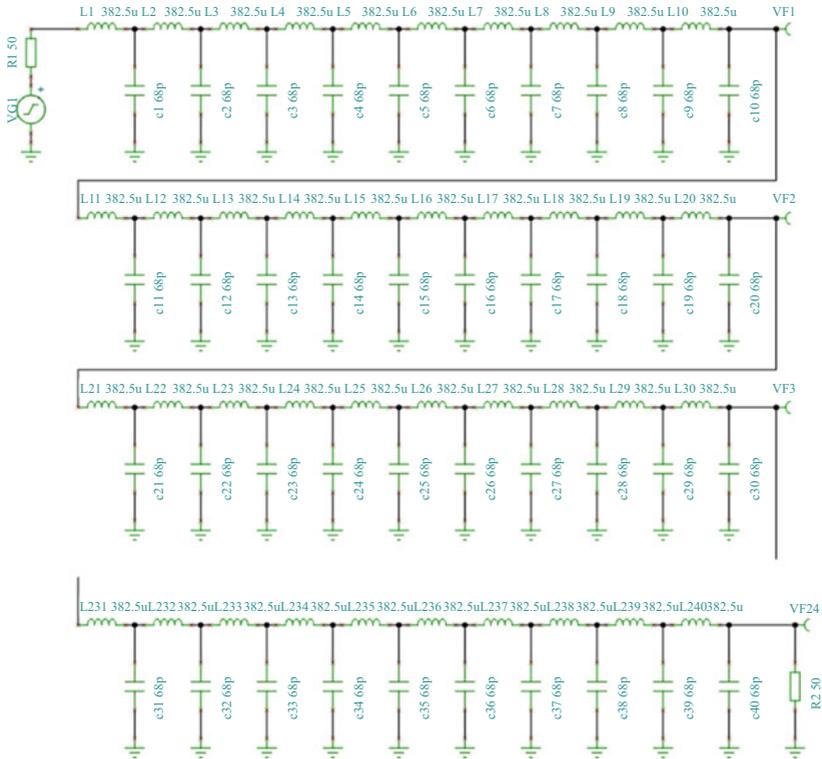


e) Interferenzmuster innen wie außen

**Abb. 4.1** 2D Wellensimulation: Lichtwellen streuen an einem Prisma

Bild, in dem die örtliche Wellenausbreitung und die Reflexion am Ende der Leitung sichtbar wird.

Die Aufgaben wurden in Zweiertteams bearbeitet und wurden durch Simulationen gelöst, wie sie in Abb. 4.2 dargestellt sind. Anstelle einer Schlussbesprechung



**Abb. 4.2** Simulation der leitungsgebundenen Wellenausbreitung. Die Leitung wird durch Induktivitäten  $L_i$  und Kapazitäten  $C_i$  dargestellt. Die Quelle hat einen Innenwiderstand von  $50\Omega$ . Wenn  $L_i$  und  $C_i$  korrekt gewählt werden und der Abschlusswiderstand ebenfalls  $50\Omega$  beträgt, wird die Welle nicht reflektiert. Andernfalls kann beobachtet werden, wie die Welle auf der Leitung mehrmals hin und her läuft. Damit die Wellenausbreitung gut visualisiert werden kann, braucht es eine große Anzahl  $L_i$  und  $C_i$ . Die gestrichelte Linie deutet an, dass in der Darstellung nicht die ganze Schaltung abgebildet ist

(nach Bewertung) wurde eine Zwischenbesprechung zwei Wochen vor dem Abgabetermin angeboten. Dieser Termin wurde rege genutzt und war sehr produktiv. Von allen Aktivitäten dieses Projektes waren dies die fortgeschrittensten in Bezug auf das Ingenieurverständnis der physikalischen Problematik. Die Darstellung der Leitung mit einer großen Anzahl von konzentrierten Elementen hat auch die Effekte der örtlichen und zeitlichen Diskretisierung der Simulation offengelegt. Auf der Lernplattform wurde noch folgender Text nachgeschoben, der eine gute Wahl des Pulses vorschlägt:

Bei der Besprechung der Zwischenresultate haben wir gesehen, dass eine Rechteck-Puls-Anregung in Tina problematisch sein kann. Grund dafür sind die hohen Frequenzanteile, die durch die steilen Flanken verursacht wird. Es ist deshalb empfohlen, die Welle mit einem sanfteren Signal auszulösen (File smoothpulse.pwl). Überlegen Sie sich, wie sie die Zeitachse des „smoothpulse“ anpassen müssen, damit Sie aussagekräftige Grafiken produzieren können

## Wellenausbreitung in der Akustik und auf Wasseroberflächen

Um die Brücke zu schlagen zu den Beispielen, die für Studierende gut zugänglich sind, behandeln wir im Unterricht auch Akustikwellen und Wellen auf der Wasseroberfläche. Dabei werden Phänomene betrachtet, welche durch die Wellengleichung für den Schalldruck  $p(\vec{r}, t)$  berechnet

$$\Delta p - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = 0 \quad (4.3)$$

wobei  $c$  die Schallgeschwindigkeit ist. Dabei werden mit den Ingenieurstudierenden die Zusammenhänge zwischen Frequenz  $f$ , Wellenlänge  $\lambda$  und Schallgeschwindigkeit  $c$  diskutiert, in dem die Wellenfunktion  $p = p_0 \sin(x/\lambda - \omega t)$  in die Gleichung eingesetzt wird. Als zusätzlicher Term könnte in (1) die Dämpfung noch berücksichtigt werden, dargestellt als Operator, in dem die Viskosität des Mediums vorkommt. Dies wird aber in den Formeln bewusst weggelassen, auch wenn es in den numerischen Simulationen berücksichtigt wird.

Unter Zuhilfenahme des „Rippeltanks“, eines Experimentes, das in Abb. 4.3 dargestellt ist, kann die Äquivalenz der verschiedenen physikalischen Wellenphänomene gut diskutiert werden. Aus diesem Grund ist das Experiment auch den Namensgeber für die eingesetzte Software (Falstad). Es kann eine sehr gute qualitative Übereinstimmung von Simulation und Messung gezeigt werden.

**Abb. 4.3** Experiment zur Darstellung von Wellenausbreitung und Interferenzmustern. Es wird eine Wanne mit wenig Wasser gefüllt. Die Phänomene werden mit den Oberflächenwellen gezeigt. Mit einer harmonischen Anregung und einer Stroboskoplampe werden die Wellenzüge visualisiert

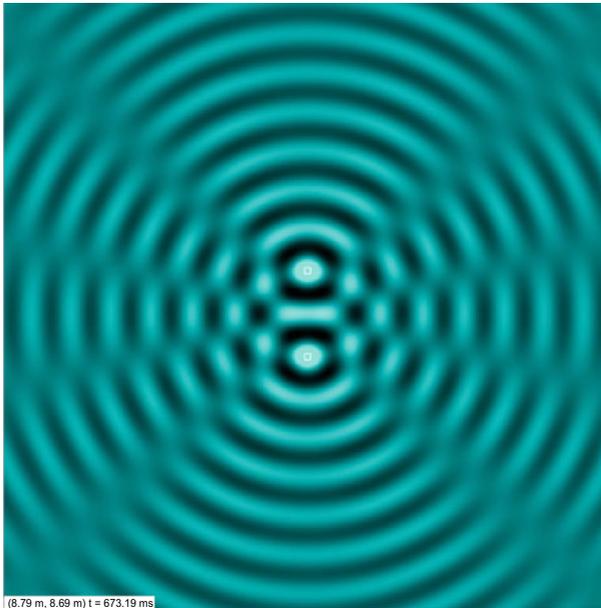


Im „Rippletank“ Softwaretool kann zu Laufzeit hin und her gesprungen werden zwischen den verschiedenen physikalischen Effekten, sodass für Studierende die Universalität der physikalischen Darstellung (3) gut erfahrbar wird: Es wird eine Auswahl zwischen Lichtwellen, Radiowellen in drei verschiedenen technisch relevanten Frequenzbereichen und akustischen Wellen angeboten (siehe Abb. 4.4).

Die Behandlung von Wasserwellen ist weitaus komplizierter als dass sie mit Gleichung (4.3) vollständig beschrieben werden könnte. Ohne auf die numerischen Lösungen einzugehen, wird das Verhalten von Wasserwellen in der Vorlesung im Frontalunterricht behandelt und in den Übungen anhand von Fotografien bearbeitet (siehe Abb. 4.5).

## **Anschauliche Betrachtung von quantenmechanischen Teilchen als Hinführung zur Halbleiterphysik und Atomphysik**

Die Behandlung der Quantenmechanik an einer Ingenieurschule ist deshalb eine Herausforderung, weil sie traditionell mit einem umfangreichen analytischen Instrumentarium behandelt wird. Darauf wird in diesem Lernobjekt verzichtet. Zweitens – und besonders ausgeprägt, wenn man auf die visuelle Darstellung der Phänomene setzt – stellt sich berechtigterweise die Frage: wo brauche ich dieses Wissen später? Kaum ein Ingenieur lässt einzelne Elektronen durch den Raum



**Abb. 4.4** Akustik-Simulation: Überlagerung zweier Sinusquellen. Inlet oben rechts: Auswahlmöglichkeiten für die Interpretation der numerischen Lösung. Links unten werden die Koordinaten des Mauszeigers sowie die fortschreitende Zeit angezeigt. Übungsaufgaben: Wellenlänge auslesen, um daraus die Frequenz zu berechnen, Einzeichnen der Bereiche mit konstruktiver Interferenz und der Orte wo sich die beiden Quellen auslösen

fliegen oder macht Quantenmessungen. Als Grundlage der Halbleiterphysik hat die Quantenphysik aber trotzdem einen hohen Stellenwert im Curriculum und wird in den Lernzielen entsprechend erwähnt, siehe 4.1.2.

Der in diesem Projekt gewählte Weg wird analog zur Elektrodynamik aufgebaut und nennt die Schrödingergleichung (inklusive des historischen Kontextes), verzichtet dann aber auf jegliche analytische Weiterbearbeitung. Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die folgende Darstellung der Schrödingergleichung

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\vec{r}, t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi(\vec{r}, t) + U(\vec{r}) \Psi(\vec{r}, t) \quad (4.4)$$

$$P_V = \iiint_V |\Psi|^2 dV \quad (4.5)$$



**Abb. 4.5** Beobachtung der Wellenausbreitung auf der Wasseroberfläche, ausgelöst durch ein fahrendes Boot. Es werden Wellen mit verschiedenen Wellenlängen  $\lambda$  erregt. Aufgrund der unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit je nach Wellenlänge (Dispersion) und der Interferenz entsteht ein interessantes Wellenmuster

und können die darin enthaltenen Größen benennen (komplexe Wellenfunktion  $\Psi$ , reduziertes Planck'sches Wirkungsquantum  $\hbar$ , Masse  $m$ , Potenzial  $U$ ). Wichtig ist dabei die Aufenthaltswahrscheinlichkeit  $P_V$ , die angibt, wie gross die Chance ist, ein Teilchen in einem vorgegebenen Volumen  $V$  anzutreffen. Die *Unsicherheit*, die damit in der Physik eingeführt wird, führt oft zu Verwirrungen und (populärwissenschaftlichen) Fehlinterpretationen.

Als Grundlage für die Lerneinheit wird ein Simulationstool eingesetzt. Es ist eine für didaktische Zwecke optimierte Quantenmechanik-Simulation<sup>3</sup>, welche im Rahmen dieses Projektes erweitert wurde und ursprünglich aus der schönen Sammlung der Universität von Colorado stammt<sup>4</sup>. Beim Einsatz der Computersimulationen kann auf einige Erkenntnisse aufgebaut werden (Bransford et al. 2002, McKagan, 2010).

Ein wichtiges Element ist die Behandlung der oben erwähnten Unsicherheit, die in der Quantenmechanik schon in den Grundgleichungen anzutreffen ist. Die Software löst die Schrödingergleichung (4) im Zeitbereich mit Wellenpaketen, die im klassischen Bild den „Teilchen“ entsprechen. Als wichtiges Feature hat die Software einen Knopf „Make Quantum Measurement“, der aufgrund der Wahrscheinlichkeitsdichte (die aus der Wellenfunktion  $\Psi(\vec{r})$  für jeden Ort berechnet

<sup>3</sup> <https://github.com/icp-zhaw/icp-quantum-tunneling>

<sup>4</sup> <http://phet.colorado.edu> → quantum-tunneling.

werden kann) und mithilfe eines Zufallsgenerators das Teilchen im Simulationsgebiet anzeigt. Was danach passiert, ist ein komplett anderes dynamisches Verhalten des Systems, als wenn die Quantenmessung nicht durchgeführt worden wäre.

Um die Studierenden mit diesen Wahrscheinlichkeiten arbeiten zu lassen, wurde das bestehende Tool<sup>5</sup> um einige Features erweitert. Dabei wurden verschiedene Aufgabenstellungen möglich, in denen die Studierenden die Materialien wählen können. So sollen sie beispielsweise ein Elektron in einem Quantentopf einsperren oder es durch eine Wand „hindurchtunneln“ lassen. Letzteres Beispiel wurde in Abb. 4.6 dargestellt.

Beim Umgang mit der Schrödingergleichung ist es in unserer Veranstaltung zentral, die Brücke zu schlagen zu den Konsequenzen, die aus der Quantenmechanik folgen. Einerseits ist dabei die Halbleiterphysik zu nennen mit den wichtigen elektronischen Bauteilen wie Diode, Transistor oder Solarzelle. Dabei ist die in der Simulation eingeübte Anschauung sehr hilfreich: aus der Simulation mit einem Teilchen in einem Potenzialtopf wird auf die Verhältnisse mit mehreren gekoppelten Potenzialtöpfen auf die Situation im Kristallgitter geschlossen. Andererseits ist die Quantenmechanik die physikalische Grundlage der Chemie.

---

### 4.3 Vorgehensweise und Didaktisches Konzept

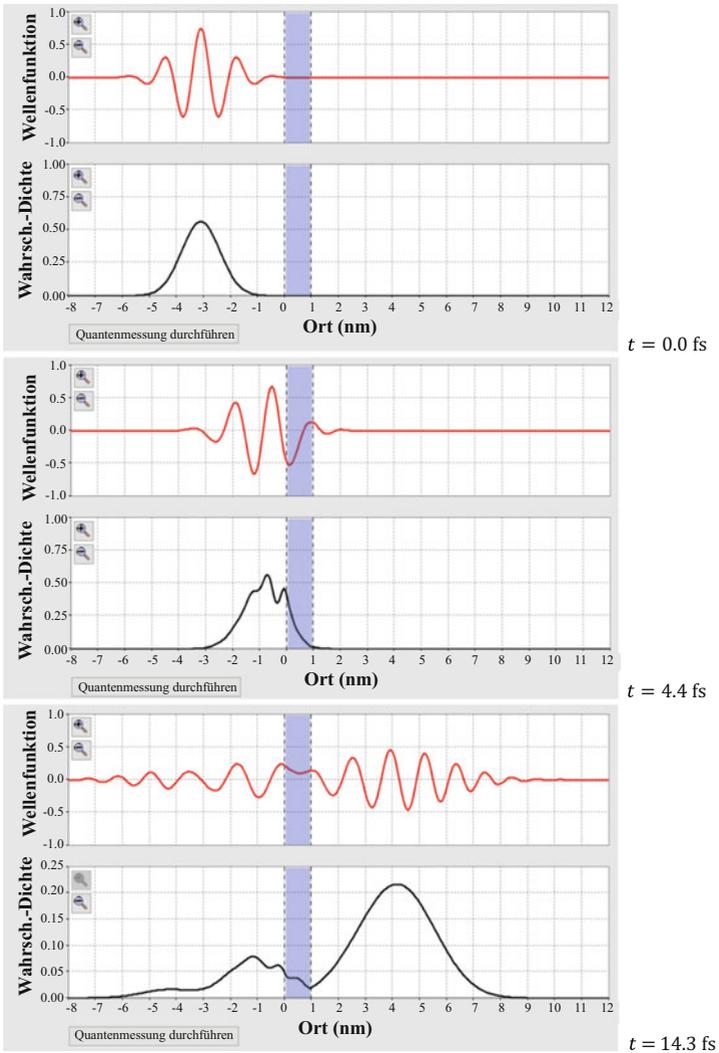
Die im vorangehenden Kapitel beschriebenen Lernobjekte werden so aufbereitet, dass sie leicht in einen anderen Kontext übertragen werden und mehrfach wiederverwendet werden können. Die Lernziele sind in den Modulbeschreibungen der Veranstaltungen festgehalten (siehe Abschn. 4.1.2) und werden für das Projekt als Randbedingung angesehen. Das didaktische Konzept und insbesondere das Experimentieren mit modernen didaktischen Methoden ist in einem gewissen Rahmen den Dozierenden überlassen und konnte im Rahmen der laufenden Veranstaltung angepasst und optimiert werden.

### Design Based Research und Seamless Learning Ansatz

Methodisch folgt das Projekt den Prinzipien des Design Based Research (Brown, 1992) und inhaltlich werden die in (Wong & Looi, 2011) beschriebenen Nahtstellen des Lernens betrachtet. In Zusammenarbeit mit dem Basisprojekt (Dilger

---

<sup>5</sup> <http://phet.colorado.edu> → quantum-tunneling.



**Abb. 4.6** Simulation eines nach rechts fliegenden Teilchens. Die blau eingefärbte Zone zwischen  $0\text{ nm} < x < 1\text{ nm}$  ist eine Potenzialbarriere. Das Teilchen dringt teilweise durch die Barriere und wird teilweise reflektiert. Mit dem Knopf „Quantenmessung durchführen“ wird evaluiert, wo das Teilchen sich genau aufhält. Bei der Messung verändert sich die Wellenfunktion

et al., 2019) des gemeinsamen IBH Labs Seamless Learning<sup>6</sup> wurde ein didaktisches Konzept erarbeitet und die Lernmaterialien in mehreren Schritten evaluiert und verbessert.

Die Brüche im Sinne des Seamless Learning, die in diesem Projekt besonders relevant sind, können in vier Gruppen eingeteilt werden.

Erstens sind im Physikunterricht die kognitive Herausforderung besonders ausgeprägt. So muss immer wieder der Übergang gemacht werden zwischen der analytischen Beschreibung eines Phänomens (mathematische Formel) und der Beobachtung oder Vorstellung der Zusammenhänge in der realen Welt. Wir sehen in diesem Zusammenhang einen Aufklärungsbedarf, der über das Aufzeigen der Bruchstellen besonders gut angegangen werden kann: Im Gegensatz zu den Studierenden haben Physikdozierende das hin und her springen zwischen der Formelwelt und der realen Welt oft schon jahrelang geübt. Im Frontalunterricht stiftet die gutgemeinte Erwähnung eines Anwendungsbeispiels möglicherweise Verwirrung, da den Studierenden die mentale Übertragung nicht sofort gelingt. Bei einer ad hoc Referenz zu einer Anwendung oder beim Einbinden einer Illustration in einen Vortrag soll kontrolliert werden, ob die Studierenden das Beispiel und den Bezug zu den Formeln verstanden haben. Eine sorgfältige Planung, die diesen Bruchstellen genügend Zeit einräumt, kann diese frustrierenden und verwirrenden Momente in Erfolgserlebnisse wandeln.

Zweitens stellen Nahtstellen in den Lernbiografien Brüche im Sinne des Seamless Learning dar: einerseits mit der Anknüpfung der aktuellen Unterrichtssituation an vorangehende Veranstaltungen oder an Stoff aus der Schulbildung. Andererseits schafft man gerne Referenzen in die Zukunft und erwähnt Anwendungen aus dem mutmaßlichen Berufsalltag nach Abschluss des Studiums. Diese Referenzen – bewusst gewählt und sorgfältig ausgearbeitet – haben ein großes Potenzial zur Erklärung und Motivationssteigerung.

Drittens – speziell ausgeprägt im Zusammenhang mit Computersimulationen und den Aktivitäten auf den mobilen Endgeräten der Studierenden – verbergen sich im Bruch zwischen analogen und digitalen Lernressourcen ähnliche Herausforderungen. In einer naiven Herangehensweise ist man versucht, das analoge Experiment und die Simulation möglichst nahe aneinander zu bringen, so wie in der konkreten Anwendung des Rippeltanks. Analog und digital produzieren dann sehr ähnliche Bilder, was aber bei den Studierenden möglicherweise keinen bleibenden Eindruck hinterlässt. Die Überlegungen, die nötig sind, um die Äquivalenz der Resultate zu diskutieren, tragen nicht unbedingt zum intuitiven Verständnis

---

<sup>6</sup> Seamless Learning: Grenz- und kontextübergreifendes Lehren und Lernen in der Bodenseeregion <https://seamless-learning.eu/>.

bei. Im Kontrast dazu sollten numerische Simulationen bewusst dort eingesetzt werden, wo keine Experimente möglich sind; und Labormessungen dort, wo die Simulationen zu kompliziert werden. Analoge und Digitale Experimente ergänzen sich also und unterstützen gemeinsam ein umfassendes Verständnis für die physikalischen Phänomene. Auch hier muss der Übergang genügend Beachtung finden, möglicherweise mit etwas Reservezeit in der Planung der Lektionen.

Viertens wurde in diesem Projekt eine zusätzliche Nahtstelle identifiziert, die in der Literatur noch nicht als Seamless Learning Bruch beschrieben wurde, da sie sehr spezifisch für das gewählte Thema ist: Wir erkennen in den Grundgleichungen verschiedener Disziplinen immer wieder die Wellengleichung – eine formal-mathematische Übereinstimmung einerseits. In der Beobachtung der Phänomene andererseits gibt es bei der Wellenfortpflanzung interessante Übereinstimmungen, etwa bei der Ausbildung eines Wellenpakets oder wenn sich Interferenzmuster bilden. In der Reflexion der hier geschaffenen Unterrichtsmaterialien rücken wir dieses Erkennen von gleichem Verhalten in verschiedenen Themenbereichen der Physik in den Kontext des Seamless Learning. Über die Grenzen der Themenbereiche hinaus gibt es hier Gemeinsamkeiten. Makroskopische Beobachtungen können so beispielsweise genutzt werden zur Erklärung von quantenmechanischen Phänomenen, oder Vorgänge auf einer den Studierenden zugänglichen Zeitskala können Effekte erklären, die in Realität sehr schnell ablaufen und nicht beobachtet werden können.

## **Veröffentlichung der Lernobjekte und Übertragung der Resultate auf andere Veranstaltungen**

Während die didaktische Qualität bei der Wahl der Werkzeuge das wichtigste Kriterium war, haben wir bevorzugt Open Source Produkte gewählt. Die Quelloffenen Tools haben den Vorteil, dass sie erweitert werden und günstig weiterverbreitet werden können. Im Fall der Visualisierung von quantenmechanischen Teilchen haben wir eine existierende Software erweitert und zum Ende des Projektes wiederum im offenen Quellcode veröffentlicht<sup>7</sup>. Dabei ist der Mehrwert nicht isoliert in der Software zu sehen, sondern im Gesamtpaket (was wir als „Lernobjekt“ bezeichnen), also inklusive dem Foliensatz für den Frontalunterricht, den Fragestellungen und Musterlösungen für das Praktikum. Ergänzend dokumentiert eine Beschreibung für Dozierende die Hintergrundinformationen und Erkenntnissen aus den bisherigen Durchführungen. Das Material wird auf der

---

<sup>7</sup> <https://github.com/icp-zhaw/icp-quantum-tunneling>

gemeinsamen Seamless Learning Plattform <https://seamless-learning.htwg-konstanz.de/> systematisch dargestellt und in den Kontext der anderen Projektergebnisse gebracht.

Zweimal wurden im Rahmen des Projektes die Übertragung der Materialien in eine andere Veranstaltung durchgeführt. Erstens als das Lernobjekt zur Beschreibung der leitungsgebundenen elektromagnetischen Wellen von der Vorlesung Physik 3 in die Erstsemestrigenveranstaltung für Informatiker portiert wurde. Zweitens musste wie in Abschn. 4.1.3 beschrieben im Frühlingsemester 2020 die Präsenzveranstaltung in den Fernunterricht übergeführt werden. In beiden Fällen hat sich die Strukturierung der Lernobjekte und die begleitende Forschung im Rahmen des Design Based Research positiv ausgewirkt. Die Erkenntnisse aus der Durchführung in einem anderen Anforderungsprofil bzw. in einem anderen Format werden im Abschn. 4.4 beschrieben.

## Didaktisches Konzept

Bei der Überarbeitung des didaktischen Konzepts des einsemestrigen Moduls „Physik: Felder und Wellen“ im Studiengang Systemtechnik hat man sich als Startpunkt an den Durchführungen früherer Jahre orientiert und diese weiterentwickelt. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Studierenden in der Assessmentstufe bereits für das Ingenieurstudium qualifiziert haben, und deshalb unterstützen wir gerade auch die schwächeren Studierenden mit relativ viel Aufwand, so dass sie dem anspruchsvollen Stoff folgend zu können. Diese Unterstützung findet in der Kontaktzeit in den Halbklassen statt (Übungen/Praktikum). Ein weiterer Kommunikationskanal ist die Lernplattform Moodle.

Aufgrund des gedrängten Stundenplans ist nicht zu erwarten, dass alle Studierenden sich freiwillig die Vorlesung ausreichend vor- und nachbereiten. Die Aktivitäten des Selbststudiums werden deshalb größtenteils angeleitet und die bearbeiteten Aufgaben müssen auf der Lernplattform abgegeben werden. Gruppenarbeiten werden ausdrücklich unterstützt. Es zeigt sich, dass die Studierenden sich den Stoff gegenseitig erklären und bei der gemeinsamen Abgabe nicht den Arbeitsaufwand minimieren.

Das Feedback zu den abgegebenen Resultaten ist wichtig: Zusätzlich zu den direkten schriftlichen Kommentaren in der Lernplattform werden ausgewählte Resultate aus der Lernplattform in die Vorlesung eingebracht. Die an der Gruppenarbeit beteiligten Personen erklären dann ihre Überlegungen, in der darauffolgenden Vorlesung werden die Lösungen allenfalls diskutiert und weiterentwickelt. Somit ist den Studierenden klar, dass sie durch ihre Beteiligung an

der Gruppenarbeit die abgegebene Lösung auch verstehen und möglicherweise ein paar Tage später kommentieren müssen. Die Bearbeitung der Übung und die Abgabe von Resultaten auf Moodle ist fakultativ, sie werden aber von allen Studierenden genutzt.

Die neuen auf Computersimulationen aufbauenden Lernobjekte fügen sich nahtlos in den Übungsbetrieb ein. Bereits das langjährige Konzept der Vorlesung sieht im Halbklassenunterricht wahlweise Übungen oder Praktika vor, bestehend aus einer Doppellektion mit einer starken Eigenbeteiligung der Studierenden. Die Räumlichkeiten fördern Gruppenarbeiten von zwei bis 4 Personen. Durch das gute Betreuungsverhältnis im Halbklassenunterricht (ein Dozierender auf ca. 16 Studierende) kann ein persönlicher Kontakt und ein Vertrauensverhältnis aufgebaut werden, so dass die Schwelle sehr tief ist, dass Studierende auch in kompletter Verwirrung Hilfe suchen.

Im Semesterplan werden die Computersimulationen in den Übungen schon früh eingeführt. Die Selbstständigkeit bei der Bearbeitung der Übungen wird im Laufe des Semesters laufend erhöht; während am Anfang jede Aktion im Simulationstool vorgegeben ist und Zwischenresultate abgefragt werden, sind die Aufgabenstellungen gegen Ende des Semesters offener und anspruchsvoller.

In der Vorlesung werden vor allem in den ersten Wochen des Semesters viele Experimente aus der Physiksammlung gezeigt (analoge Experimente). Der Übergang zu den Simulationen (digitale Experimente) wird zuerst in der Vorlesung behandelt und dann im Praktikum durch die Studierenden auf ihren eigenen mobilen Geräten (Laptop, Tablet) weitergeführt.

Durch die Umstellung auf Online-Unterricht (siehe Abschn. 4.1.3) wurde eine größere Hausarbeit ausgegeben, welche als letzte Stufe in der immer größeren Selbstständigkeit und der offeneren Fragestellung gesehen werden kann. Dabei hat sich die Zwischenbesprechung als aufwendige, aber sehr fruchtbare Interaktion zwischen Dozierenden und Studierenden bewährt.

Die mehrmalige Evaluation der Veranstaltung hat zu einer Schärfung des Konzepts geführt. Die Lernobjekte wurden mit jeder Iteration besser in den Semesterplan eingebunden und die Verbindung zwischen Vorlesung und Praktikum wurde intensiviert. Die Studierendenbefragung hat die Aufmerksamkeit auf erfolgreiche kleine didaktische Maßnahmen gelenkt, wie zum Beispiel das Formelblatt, das die im Semesterverlauf eingeführten physikalischen Definitionen und Gesetze auf einem Blatt zusammenfasst.

Es hat sich auch gezeigt, dass die in diesem Projekt erarbeiteten Lernobjekte nicht isoliert betrachtet werden sollten, sondern dass bei deren Verwendung eine aktive und bewusste Integration in das didaktische Konzept gemacht werden muss. Das Zusammenspiel zwischen Lehrenden und Lernenden wird bewusst

offengelassen. Damit wird die Basis einer großen Verbreitung geschaffen. Die Grundannahme, dass kleingranulare Lernobjekte eine höhere Chance zur Wiederverwendung haben, hat sich damit bestätigt, wobei allerdings der Integrationsaufwand in das didaktische Konzept der Veranstaltung nicht unterschätzt werden sollte.

---

## 4.4 Erkenntnisse

### Spezielle Herausforderungen von Wellenphänomenen

Wellenphänomene haben eine intrinsische Orts- und Zeitabhängigkeit. Diese sollen im Unterricht sorgfältig behandelt werden. Oft wird in der Elektrotechnik mit einer harmonischen Anregung gearbeitet, also mit einem Signal, das bei einer vorgegebenen Frequenz oszilliert. Die Formeln vereinfachen sich dann zwar, aber die Wellenfortpflanzung wird nur noch mathematisch erfassbar. In diesem Projekt wird vorgeschlagen, einen speziellen Fokus auf das Einschaltverhalten zu setzen und die die Fortpflanzung von Wellenpaketen zu betrachten. Nur dann ist das örtlich-zeitliche Verhalten wirklich intuitiv erfassbar.

In der klassischen Behandlung von Wellenphänomenen, die auf der Verwendung von analytischen Formeln beruht, sind Einschaltvorgänge, Wellenpakete und Streuprozesse oft bereits außerhalb der Reichweite der Fertigkeiten der Studierenden. Die Verwendung von Simulationstools als Alternative zu den mathematischen Umformungen ermöglicht eine Behandlung der Wellenphänomene im Orts- und Zeitbereich.

Simulation unterstützt außerdem die konstruktivistische Herangehensweise. Virtuelle Experimente erlauben Untersuchungen auf Zeitskalen, die sonst für Experimente nicht zugänglich sind. Für elektromagnetische Phänomene bewegt man sich dabei in den Mikrosekunden, in der Quantenmechanik untersucht man Vorgänge in den Femtosekunden.

Beispiele:

- Bei der Konstruktion einer Handyantenne zeigt die Simulation, wie die zeitlich variierenden elektrischen und magnetischen Felder sich als Wellenpaket von der Antenne loslösen, sich dann durch den Raum bewegen und von einer Empfangsantenne wieder aufgefangen werden können.
- Beobachtet man die Vorgänge in einem Mikrowellenofen über ein paar Mikrosekunden, so sieht man am Anfang die Wellenausbreitung und dann die Felder der überlagerten stehenden Wellen, die das Gargut letztlich erwärmen.

- Ein einzelnes quantenmechanisches Teilchen verhält sich anders als wir es in der makroskopischen Welt gewohnt sind. Es gibt die so genannte Wellen-Teilchen-Dualität, welche als theoretisches Konzept schwierig zu verstehen ist, aber bei einer zeitaufgelösten Beobachtung eines Wellenpakets sichtbar wird. Die Simulation hilft aufzuzeigen, wie man aus dem Gedankenexperiment mit einem Teilchen und einem Potenzialtopf auf die Beschreibung der Halbleiter kommt und dann bis zur Anwendung, wie z. B. der Solarzelle.

## **Entwicklung der physikalischen Vorstellung**

Durch das enge Betreuungsverhältnis und die vertrauensvolle Umgebung konnte während der Durchführung die kognitive Entwicklung der Studierenden mitverfolgt werden. Im Vergleich zur Ausbildung des dreidimensionalen Vorstellungsvermögens fordern die Wellenphänomene als zusätzliche kognitive Leistung den Umgang mit Bewegungen in den Strukturen. Es ist dabei nicht die Bewegung eines kleinen Objekts in einem Koordinatensystem (wie es im vorangehenden Physikunterricht mit den Gesetzen von Newton behandelt wurden), sondern eine großflächige, nichtlokale Bewegung, wie sie den Wellenphänomenen eigen ist.

Die Studierenden wurden immer wieder dazu aufgefordert, Handskizzen anzufertigen, wobei sich gezeigt hat, dass sie sehr unterschiedlich weit sind in ihrer Vorstellungskraft und ihren zeichnerischen Fertigkeiten. Es ist in diesen Situationen wichtig, die Zwischenresultate nicht zu bewerten, sondern durch aktives Fragen stellen und zurückhaltende Hilfestellungen die Studierenden dazu zu bringen, Miskonzeptionen zu erkennen und ihre Skizzen selbstständig zu verbessern. Der starke Bezug auf die Semesterendprüfung ist dabei teilweise erschwerend. Es muss vermieden werden, dass der bewertende Direktvergleich zwischen den Studierenden die Schwächeren daran hindert, mutig eigene und möglicherweise Fehlerhafte Skizzen zu erstellen. Gute Anweisungen in den Aufgabenstellungen und ein sorgfältiger Umgang mit Handskizzen ermöglichen es, dass Ideen festgehalten und mit Mitstudierenden oder den Dozierenden besprochen werden und dass dabei die Studierenden aktiv ihre Vorstellungskraft erweitern und beispielsweise dabei die Brücke schlagen zwischen der durch eine Formel beschriebene Welle und der Skizze einer Welle. Ein Element zur Unterstützung dieses Prozesses ist es, die elektronischen Werkzeuge in der Aufgabenstellung erst ganz an den Schluss zu stellen. Dabei wird die Lösung zuerst in der eigenen Intuition entworfen und erst danach werden die Handskizzen anhand von der Computersimulation validiert.

Zu den verwendeten Simulationstools ist dabei die Behandlung der Wellenphänomene im Zeitbereich essenziell. Für die Studierenden sind *Wellenpakete* einfacher zu fassen als eine unendlich ausgedehnte Welle. Im Gegensatz dazu ist die unendlich ausgedehnte Welle, beispielsweise die „Ebene Welle“, als mathematische Formel einfacher darzustellen. Der Übergang zwischen einem immer breiter werdenden Wellenpaket zu einer unendlich ausgedehnten Welle hilft dabei enorm bei der Vorstellung des Konzepts „Ebene Welle“.

Genauso ist der Strahlengang (siehe Abschn. 4.2.1, Abb. 4.1) nur während dem Einschaltvorgang ersichtlich, da sich mit einer eingeschalteten harmonischen Quelle die Wellen überlagern und die Interferenzmuster komplizierter zu interpretieren sind. Auch im Quantum Scattering (siehe Abschn. 4.2.4, Abb. 4.6) sind die Interferenzmuster manchmal verwirrend. Die in diesem Projekt vorgenommene Erweiterung der Simulationssoftware erlaubt die örtliche Integration der Wellenfunktion, interpretierbar als Aufenthaltswahrscheinlichkeit, direkt anzeigen zu lassen.

## **Akzeptanz bei den Studierenden und Verbesserungen der Lernobjekte bei der Überarbeitung der Prototypen**

Im Rahmen der didaktischen Begleitung wurden Studierendenbefragungen durchgeführt, einerseits per Fragebogen vor und nach dem Einsatz der neuen Unterrichtseinheiten und andererseits durch ein Interview mit der Klasse unter Abwesenheit des Dozierenden. In den Antworten der Studierenden hat sich die vermutete Attraktivität des Einsatzes von Simulationssoftware grundsätzlich bestätigt. Allerdings wurde in den Befragungen während der ersten Durchführung erkannt, dass die Studierenden unsicher waren, wie sich die in den Simulations-Übungen vermittelten Inhalte prüfen lassen. In den Folgeveranstaltungen wurden ganz zu Beginn der Lerneinheiten mit Simulationen schon Beispiele von möglichen Simulationsaufgaben in der Semesterendprüfung gezeigt.

Weiter hat sich in den Studierendenbefragungen gezeigt, dass exploratives Erkunden der physikalischen Zusammenhänge gute Anleitungen braucht und dass die Mehrheit der Studierenden geschlossene Aufgabenstellungen mehr schätzt als Übungsaufgaben mit viel Raum für Kreativität. Das im Projekt angestrebte Experimentieren mit Simulationswerkzeugen hat sich damit als größere Herausforderung erwiesen. Eine erfolgreiche Aufgabenstellung, die zu viel Kreativität und einem explorativen Umgang mit den Tools geführt hat, war die Anweisung, dass sich die Studierenden gegenseitig unter Verwendung der Simulationssoftware Übungsaufgaben gestellt haben. Die Aufgaben wurden in Zweiergruppen

entworfen, auf die Lernplattform hochgeladen und in der darauffolgenden Woche durch die anderen Gruppen gelöst. Als Dozierender hat man damit genügend Zeit, die Aufgabenstellungen durchzusehen und sie für die nächste Woche freizugeben. Einige Aufgaben waren unlösbar oder zu einfach. Während des Praktikums der Folgeweche haben die Zweierteams die Aufgaben bearbeitet und diskutiert. Während die gut funktionierenden Aufgaben für Peer Instruction geeignet waren, konnten die ungeeigneten Aufgaben im Direktkontakt zwischen Studierenden und Dozierenden nachbesprochen werden. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Variation der Sozialform gut funktioniert hat und für Aktivierung der Studierenden und Lernerfolg einen wichtigen Beitrag geleistet hat.

Wir waren erstaunt über die Klarheit, mit der sich die Studierenden möglichst detailliert angeleitete Übungen und geschlossene Fragestellungen wünschen. Das in diesem Projekt angestrebte explorative Lernen war also nicht so beliebt. Die Analyse hat gezeigt, dass es die Studierenden verunsichert und dass die schulisch erfolgreicherer sich eher darauf einlassen (während es als Maßnahme gedacht war, die mathematisch weniger sicheren zu aktivieren). Die kreative Komponente des „schöne Bilder produzieren“, die in der Antragsphase als mögliches Nebenziel der Lernobjekte erwähnt wurde, wurde dann nicht umgesetzt, da sich mit Blick auf die Lernziele nicht gelohnt hätte. Unsere Hypothese ist, dass man diese Aktivitäten nur mit entsprechenden Lockerungsübungen und mit etwas höherem Zeitaufwand durchführen könnte. In der ersten Durchführung mit Studierenden in Systemtechnik wurde es ansatzweise versucht, aber noch ohne Erfolg. In der Durchführung mit Informatikern konnte wegen des engen Stoffplans nicht darauf eingegangen werden. In der zweiten Durchführung in Systemtechnik wurde das Anliegen aufgrund der Umstellung auf Online-Unterricht ebenfalls fallen gelassen.

In der Studierendenbefragung hat sich folgende Überlegung zur Auswahl der Tools geschärft (was auch mit Blick auf die Brüche im Sinne des Seamless Learning Ansatzes schlüssig ist): Einerseits unterstützt ein für die didaktische Visualisierung optimiertes Tool die Überwindung des Bruchs zwischen der mathematischen Formulierung und der Anschauung (die Wahl entspricht den in 4.2.1 und 4.2.4 beschriebenen Werkzeugen). Andererseits sind bei Verwendung eines kommerziellen Tools (siehe Abschn. 4.2.2) die Studierenden motivierter, da sie erkennen, dass sie erkennen, dass die Simulationssoftware im späteren Berufsalltag nützlich sein könnte. Dabei wird aber der Bruch Theorie-Anschauung stärker gefordert ist, da die Software beispielsweise die Wellen nicht in Bewegung zeigt, sondern nur als statische Kurvenschaf auf dem Bildschirm abbildet.

## **Gewinnbringende Kombination analoger und digitaler Experimente**

Die auf Simulation basierenden Lernobjekte werden in der Ingenieurausbildung an der School of Engineering der ZHAW als Ergänzung zu den im Hörsaal durchgeführten Experimenten gesehen. Im Hands-On Praktikum machen die Studierenden sowohl Laboruntersuchungen an realen Objekten als auch Computerexperimente. Als Lehrperson beobachtet man mit Sorge das Ablenkungspotenzial, das bei Arbeiten am Bildschirm von den digitalen Tools ausgeht. Hier kann es helfen, wenn die Methodik bewusst gemacht wird und von der Erfahrung mit analogen Physikexperimenten (z. B. wird anhand einer Messreihe ein funktionaler physikalischer Zusammenhang ermittelt) in den digitalen Kontext übertragen wird (auch hier muss man oft repetitiv und systematisch die Eingangsgrößen neu wählen und eine numerisch ermittelte Ausgangsgröße manuell erfassen).

Die letzte Durchführung im Frühlingsemester 2020 musste aufgrund der Covid-19 Pandemie größtenteils ins Online-Teaching Format übergeführt werden. Grundsätzlich hat sich dabei bestätigt, dass die Simulationsübungen eine effektive Möglichkeit darstellen, wie die Studierenden auch im Fernunterricht aktiviert werden können. Es hat sich aber auch gezeigt, dass das Fehlen der physischen Hardwareexperimente ein Verlust ist. Für eine Präsenzhochschule ist ein guter Mix aus analogen und digitalen Ressourcen das Optimum.

## **Transfer der Materialien in andere Anlässe**

In der ursprünglichen Fragestellung wurde angenommen, dass die erarbeiteten Lernmaterialien auch für Lernende in den Schulstufen der Grundschule (Unterrichtsbereiche Natur und Technik) und des Gymnasiums (Physikunterricht) anwendbar sind. Es hat sich gezeigt, dass die für die Fachhochschule ausgearbeiteten Materialien zwar den Ingenieurstudierenden einen einfachen Zugang zu den Phänomenen erlauben, dass aber der Graben für einen Transfer in die unteren Schulstufen weitausgrößer ist als ursprünglich angenommen. Dabei sind einerseits die Fragestellungen nicht dem aktuellen Curriculum angepasst und andererseits müssen die Lehrpersonen für die Überführung der Materialien einen signifikanten Aufwand leisten. Als sich gezeigt hat, dass die ursprünglich geplante Anwendung der Materialien innerhalb der Projektlaufzeit nicht bewerkstelligt werden konnte, hat man die Fragestellung im Projekt abgeändert und die vielversprechendere Transferleistung von Systemtechnik-Studierenden im dritten Semester auf Informatik-Studierende im ersten Semester ins Auge gefasst. Es hat

sich bewährt, dass die Lernmaterialien in kleinen Einheiten strukturiert wurden (die so genannten „Lernobjekte“), so dass auch vom vorgegebenen Curriculum eine entsprechende Passung gefunden werden konnte.

Als Resultat lässt sich festhalten, dass der Umgang mit Simulationen im Physikunterricht sich auch in der neuen Zielgruppe bewährt hat, dass jedoch der Transfer über mehrere Schulstufen ein zu hohes Ziel war. Dabei hatten die Informatikstudierenden wesentlich weniger relevantes Vorwissen als ihre Kommilitonen in den höheren Semestern im Studiengang Systemtechnik. Es wurde das in Abschn. 4.2.2 beschriebene kommerzielle Tool Tina genutzt, um die für die Informatik wichtigen leitungsgebundenen Wellen darzustellen. Trotz der etwas tieferen intrinsischen Motivation für Physik bei Informatikern konnte mit dem explorativen Lernen anhand von Simulationen die Aktivität der Studierenden hochgehalten werden.

In den Fragestellungen des Projektes wurde die Hypothese aufgestellt, dass moderne elektronische Endgeräte wie die verschiedenen Tablet Devices mit Touchscreen, den Umgang mit den Simulationen verändert. Ein solcher Effekt konnte in unserem Projekt nicht beobachtet werden. Auch die Simulation mit elektromagnetischen Wellen, wo mit dem Finger auf dem Touchscreen Wellen ausgelöst werden können, konnten keine Aufgabenstellungen gefunden werden, die das Experimentieren gefördert hätten. Der mögliche künstlerische-kreative Anspruch, der mit den Tools schöne Bilder produziert und explorativ die Grenzen der technischen Nützlichkeit sprengt, bräuchte mehr Freiräume als wir im vorliegenden Projekt anbieten konnten. Im Kontext des Ingenieurstudiums waren die konkreten technischen Fragestellungen, die letztlich mit Tastatur und Maus besser bearbeitet werden konnten, erfolgreicher. Möglicherweise ist auf einer tieferen Schulstufe das taktile Element wichtiger. Auch wenn die Endgeräte der Studierenden sich bezüglich Alter und Leistungsfähigkeit stark unterschieden hatten, waren die Studierenden mit einem Laptop ohne Touchscreen oder einem leistungsschwächeren Gerät nie im Nachteil.

---

## 4.5 Fazit

Die Vermutung hat sich bestätigt, dass der Einsatz von Simulationssoftware im Unterricht – speziell für das Thema Wellenausbreitung – einen positiven Effekt auf die Motivation der Studierenden und den Lernerfolg hat. Die positive Einstellung der Studierenden gegenüber den Lerninhalten wurde mehrfach in den Befragungen bestätigt. Für Themen wie die Quantenmechanik, wo Versuche und

Labormessungen oft gar nicht möglich sind, ist dies ein wichtiger Beitrag zum Lernerfolg.

Die visuelle Vorstellungskraft der Studierenden war anfangs unterschiedlich stark ausgebildet und die Wellensimulationen haben geholfen, die anspruchsvollen Konzepte der elektromagnetischen Felder und quantenmechanischen Teilchen zu erfahren.

Wichtige Vorgehensweisen aus dem Ingenieuralltag konnten mithilfe der verwendeten Softwareanwendungen vermittelt werden: Die Modellbildung am Anfang entspricht dem Erfassen der Phänomene und deren Formulierung als mathematische Formeln. Die Diskretisierung und Simulation auf dem Computer erlaubt eine weitere Behandlung der Phänomene nahe an der Realität, ohne die Begrenzung auf Spezialfälle und ohne mathematische Umformungen. Entsprechend der eigenen Vorstellungskraft wird oft eine Skizze der erwarteten Lösung erstellt, bevor simuliert wird, dann wird anhand der numerischen Lösung überprüft, ob die Hypothese korrekt ist. Die Auswertung der Simulationsresultate hat einen hohen Stellenwert und erhält in der vorgestellten Vorgehensweise ein angemessenes Gewicht.

Die neu erschaffenen Lernobjekte basieren teilweise auf bestehenden Simulationstools, die für den Unterricht optimiert wurden. In einem Fall wurde ein kommerzielles Entwurfswerkzeug eingesetzt, was von den Studierenden insofern geschätzt wurde, da sie dieses später möglicherweise im Berufsalltag wieder antreffen werden. Das Material wurde gemäß dem Design Based Research Prozess entworfen und optimiert. Die Kommunikation mit den Studierenden konnte von Durchführung zu Durchführung ebenfalls verbessert werden. Konkret konnte die ursprünglich geäußerte Angst vor der Prüfung – insbesondere in Bezug auf die durch Simulation abgedeckten Lerninhalte – wesentlich reduziert werden. Damit wurde die Prüfungsvorbereitung effizienter und die Motivation verbessert.

Die unterschiedliche Durchführung des Praktikums, einmal vor Ort (erster Prototyp) und dann ein Jahr im Fernunterricht (überarbeitetes Material) erschwert leider den Direktvergleich, eröffnet aber die Chance, den Einsatz von Computersimulation im Onlineunterricht zu beurteilen. Die mit dem Design Based Research Ansatz in mehreren Iterationen optimierten Lernobjekte konnten klar verbessert werden und die erwarteten positiven Impulse im Fernunterricht wurden bestätigt.

Die Weiterführung der verschiedenen Veranstaltungen, in denen die erarbeiteten Lernobjekte zum Einsatz kommen, bringt eine weitere inkrementelle Verbesserung mit sich. Die Publikation der Materialien und die didaktische Aufarbeitung im Seamless Learning Kontext und der aufgezeigte Transfer in eine andere Veranstaltung führen außerdem zu einer weiteren Verbreitung der Projektergebnisse.

## Literatur

- Boardman, A. D., Cooper, G. S., & Swage, J. (1989). The place of computers in the teaching of physics. *European Journal of Physics*, 10, 161–172.
- Finkelstein, N. D. et al. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 1, 010103.
- Perkins, K., Adams, W., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., LeMaster, R., & Wieman, C. (January 2006). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *The Physics Teacher*, 44. [https://www.researchgate.net/publication/241167894\\_PhET\\_Interactive\\_Simulations\\_for\\_Teaching\\_and\\_Learning\\_Physics](https://www.researchgate.net/publication/241167894_PhET_Interactive_Simulations_for_Teaching_and_Learning_Physics).
- Yee, K. S. (May 1966). Numerical solution of initial boundary value problems involving Maxwell's equations in isotropic media. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 14(3), 302–307.
- Kozhevnikov, V. (January 2014). *Two-dimensional finite-difference time-domain code with total field/scattered field interface and uniaxial perfectly matched layer absorbing boundaries*. Published on Mathworks Contributions. <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/41518-2d-fdtd-code-with-tf-sf-interface-and-upml-absorbing-borders>.
- Falstad, P. (2002). Ripple tank simulation that demonstrates wave motion, interference, diffraction, refraction Dippler effect, etc. <http://www.falstad.com/ripple/>.
- McKagan, S. (Juni 2010). Quantum tunneling PhET Tips for teachers, PDF available from the phet webpage after registration.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Hrsg.). (2002). *How people learn*. Academic.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2, 141–178.
- Wong, L. H., & Looi, C. K. (2011). What seams do we remove in mobile-assisted seamless learning? A critical review of the literature. *Computers & Education*, 57(4), 2364–2381.
- Dilger, B., Gommers, L., & Rapp, C. (2019). The learning problems behind the seams in seamless learning. In C. -K. Looi, L. -H. Wong, C. Glahn, & S. Cai (Hrsg.), *Seamless learning: Perspectives, challenges and opportunities* (S. 29–51). [https://doi.org/10.1007/978-981-13-3071-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3071-1_2).
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2003). *e-Learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. Pfeiffer.
- Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A User's manual series in educational innovation*. Prentice Hall.
- Föböl, T. (2014). Seamless Learning: Eine Feldstudie über den Einsatz von problembasierten Lernvideos in einem offenen Mathematikunterricht. In M. Ebner & S. Sandra (Hrsg.), *Internet-Technologie und Gesellschaft*, Band 5.

**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.





Rebekka Axthelm, Stefan Luppold und Marcus Moroff

Wer schon einmal dicht gedrängt vor der Konzertbühne stand kann sich die ausichtslose Lage, wenn die Stimmung kippt und Panik aufkommt, gut vorstellen. Es ist sehr wichtig, Räume und Events, die zeitweise von sehr vielen Menschen aufgesucht werden, so zu gestalten und zu planen, dass maximale Sicherheit gewährleistet ist. Damit eine öffentliche Veranstaltung reibungslos verläuft ist eine gründliche Planung, also ein qualitativ hochwertiges Crowd Management unabdingbar.

---

## 5.1 Ausgangssituation

An der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) werden in branchenspezifischen Modulen Studiengangs „BWL – Messe-, Kongress- und Eventmanagement“ unter anderem Konzepte des Crowd Management unterrichtet. Dabei ist es nicht nur wichtig Vorschriften zu kennen und anwenden zu können, sondern auch

---

R. Axthelm (✉)

Fakultät Informatik, (HTWG) Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung  
Konstanz, Konstanz, Deutschland

E-Mail: [rebekka.axthelm@htwg-konstanz.de](mailto:rebekka.axthelm@htwg-konstanz.de)

S. Luppold

BWL- Messe- und Eventmanagement, Duale Hochschule Baden-Württemberg, Ravensburg,  
Deutschland

E-Mail: [luppold@dhbw-ravensburg.de](mailto:luppold@dhbw-ravensburg.de)

M. Moroff

PerEx GmbH Stuttgart, Stuttgart, Deutschland

E-Mail: [marcus.moroff@perex.de](mailto:marcus.moroff@perex.de)

bereits theoretisch eine realistische Vorstellung für verschiedene Situationen zu entwickeln. Die Studierenden wollen wir mit verschiedenen Methoden wirksam stützen und ausbilden, ohne sie bewusst einer Gefahr auszusetzen. Jeder Theorie muss im Studium zwingend die Darstellung, besser noch das Erleben der Praxisanwendung folgen. Dann erkennen die angehenden Veranstaltungsleitenden den Wert der theoretischen Grundlagen für das Berufsleben.

Der Anspruch des Seamless Learning, einen durchgehenden Roten Faden zu liefern, kann ein Garant dafür sein, dass sich Themen nachhaltig festsetzen und weiterentwickeln. Vor diesem Hintergrund bot sich das hochaktuelle Thema Crowd Management zur Entwicklung eines Seamless Learning-Stranges an.

Crowd Management ist die systematische Planung und proaktive Umsetzung der räumlichen Organisation von großen Menschenansammlungen auf Basis kontinuierlicher Überwachung und Analyse der Massenbewegungen und Gruppendynamiken mit dem Ziel der Sicherung, des Schutzes und des Erhalts des Wohlbefindens aller Anwesenden und Beteiligten. (Runkel & Pohl, 2012)

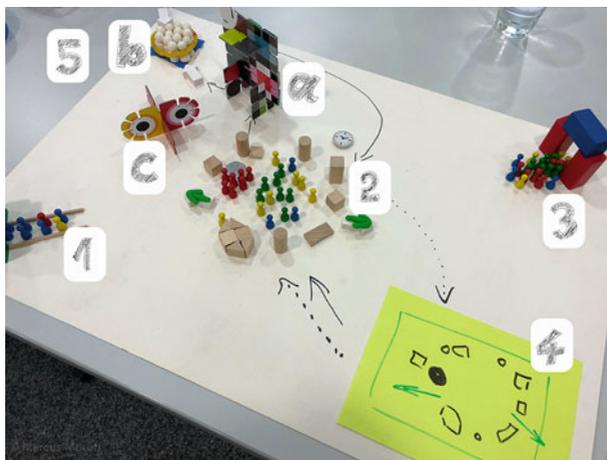
Hierauf Bezug nehmend wollen wir einem Bruch “fehlender Übergang von theoretischen Kenntnissen und praktischen Erfahrungen” im Themenbereich Eventsicherheit (hier Synonym für die Sicherheit bei Messen, Ausstellungen, Kongressen, Tagungen, Marketing-Events etc.) begegnen. Für die Umsetzung wurden bestimmte Lehrinhalte und -konzepte geschaffen, die teilweise durch speziell entwickelte digitale Medien unterstützt werden. Die DHBW als duale Hochschule steht für besondere Praxisintegration während des Studiums und ist bestrebt, das Lehrangebot im Bereich E-Learning permanent weiterzuentwickeln. Das Arbeiten mit einer Simulationssoftware im Bereich Personenströme ist zuvor noch nicht durchgeführt worden. Eventplanende arbeiten im Beruf auch mit Simulationsprogrammen, haben diese aber im Studium nicht kennenlernen können. In Zusammenarbeit mit der Hochschule für Technik Wirtschaft und Gestaltung Konstanz (HTWG) wurde von der DHBW im Rahmen des Projektes das Lernobjekt  $Cman_{event}$  entwickelt, das eine teilweise softwarebasierte interaktive Lernumgebung mit begleitenden Unterrichtsmaterialien bereitstellt. Lernende können sich in einer äußerst praxisnahen Umgebung mit stets aktuellem Anwendungsbezug mit ihren Themen auseinandersetzen. Dies schafft eine Brücke in ihrer Lernbiographie und unterstützt die konsequente Verzahnung des wissenschaftlichen Studiums mit anwendungsbezogenem Lernen in der Arbeitswelt.

Die hier beschriebene Teilaufgabe des Projektes befasst sich mit der Erarbeitung einer didaktischen Lehrunterlage und ihrer Erprobung im Studienbetrieb des Studiengangs „BWL – Messe-, Kongress- und Eventmanagement“ der DHBW.

Die Lehreinheit wurde im vierten Semester durchgeführt, umfasste zwei von sechzehn Lektionen und wurde von ungefähr dreißig Studierenden besucht.

Der didaktische Ansatz ergibt sich aus der Handhabung des Fachthemas Crowd Management in der Tagespraxis. Erst bei größeren Menschengruppen wird aktuell wirklich über Crowd Management nachgedacht, obwohl bei jedem Zusammenreffen von Menschen Elemente einer Besucherlenkung und einer Achtsamkeit für deren Unversehrtheit zum Zuge kommen sollte. Unterlagen in 2D prägen von der ersten Skizze bis zum maßstäblichen Plan den Entstehungsprozess von Veranstaltungen und Events in fast allen Ausprägungen. Das ist gelernt und wird angewandt. Mit Besichtigungen vor Ort in der Veranstaltungsstätte verschaffen sich die Planer bei sogenannten Site Inspections einen visuellen, emotionalen Eindruck, der in die Planungen einfließt und diese gegebenenfalls auch grundlegend verändert. Das betrifft sowohl den fachlich-inhaltlichen Teil der Eventplanung wie auch die sicherheitsbezogenen Abwägungen. Oft wirken die Eventplanenden überregional und ein visueller Zugriff auf die vorgesehene Location ist nur mit Aufwand möglich. Daraus erwuchs der Wunsch die 2D-Welt zu verlassen und sich mittels 3D weitere Gestaltungsmöglichkeiten zu erschließen. Seinen Ursprung hatte dieser Ansatz in der Eventsicherheitsplanung, die frühzeitig klären sollte, ob Wegeführungen, platzierte Gestaltungselemente, Sichtachsen, etc. ein krisensicheres Bewegen der anvertrauten Menschen möglich machen. Im weiteren Verlauf identifizieren die Kreativplanenden die sich daraus ergebenden Möglichkeiten und erweiterten den Anforderungskatalog an das Crowd Management um Elemente zum Darstellen der umzusetzenden Eventelemente für das Klientel (erlebbarer Entscheidungsfindung bei der Kundschaft). Im vorliegenden Teilprojekt wurde diese Anforderungswelt den Studierenden schrittweise nähergebracht.

Plastische Modellhäuser und Figuren auf den 2D-Plänen regen die Phantasie an und erlauben ein gedankliches Eintauchen in das zu erwartende Erleben des Events. Dabei werden jedoch schnell die Grenzen dieses Verfahrens sichtbar. Änderungen der Parameter erfordern aufwendige Umbauten. Spezifische Rahmenbedingungen wie unvorhersehbare Ereignisse (Wetter, Lichteinfall, etc.) sind nicht oder nur höchst unzureichend abbildbar. Der Ruf nach einer „maschinellen Lösung“ erfolgt fast reflexartig. Gefragt waren nun mathematische Ansätze, die das Abbilden der Lebenswirklichkeit in Modellen ermöglichen. Die Simulationssoftware pFlow mit webbasierter Bedienoberfläche wurde an der ZHAW und an der HTWG entwickelt (s. Axthelm, 2016, S. 233). Erweitert werden 3D-Lösungen zunehmend um Elemente der Virtual Reality (VR), die ein erlebbares Eintauchen des Planenden in die geschaffene Eventwelt ermöglichen. Mit den Studierenden wurden die aus diesem Teilprojekt hervorgegangenen Simulationssettings erprobt.



**Abb. 5.1** Visualisierung des strukturellen Aufbaus des Lernobjekts

Dass das Crowd Management ein Planungskonzept für die Sicherheit von Menschen ist muss heute immer noch bei vielen Veranstaltern betont werden. Das Selbstverständnis hierfür ist nicht von vornherein gegeben und damit ist auch die Kommunikation von Planenden mit Veranstaltenden ein wesentlicher Bestandteil des Eventmanagements (s. Luppold & Moroff, 2019).

## 5.2 Konzept

In Zusammenarbeit mit der Universität St. Gallen (USG) wurde im Rahmen mehrerer Workshops der Rote Faden des Unterrichtsgerüsts erarbeitet. Abb. 5.1 zeigt den zweidimensionalen Plan, wie er heute Grundlage der Eventgestaltung ist. Er beinhaltet neben den Grundlagen des Crowd Management auch ein reales Erleben am eigenen Körper und Simulationen bestimmter Szenarien am Computer, welche sich auch zu einem VR-gestützten Erleben ausbauen lassen. Durch die computergestützten und realitätsnahen Simulationen lässt sich die Notwendigkeit des Crowd Management anhand konkreter Vorkommnisse aufzeigen. Die angesetzten Lernziele der Unterrichtseinheit sind folgendermaßen gewählt:

- Die Lernenden können das Phänomen „Menschen im Raum“ mit eigenen Worten beschreiben.

- Die Lernenden können Einflussfaktoren auf Menschen im Raum, je nach Situation, aufzählen und erläutern.
- Die Lernenden können Steuerungsmöglichkeiten benennen und deren Wirkung aus eigener Erfahrung beschreiben.
- Die Lernenden können manuelle Planungsinstrumente aufzählen.
- Die Lernenden können alle Schritte von der Idee der Planung bis zur Anwendung gliedern und erörtern.

Die aufgezählten Lernziele sind nach Still (2013) in zwei Strukturebenen eingeflochten: Das ist zum einen die Phaseneinteilung in Ingrees (Ankunft), Circulation (Verlauf) und Egrees (Auslass) und zum anderen eine kategorische Einteilung in Design (geographische Gegebenheiten der Veranstaltung), Information (Tafel, Mikrofon etc.) und Management (Personal, Beschilderungen, Abläufe, etc.).

Im ersten Workshop mit der USG, dem Anforderungsworkshop wurden zwei Brüche dieser Lehreinheit herausmodelliert. Der Bruch „Vorstellung-Realität“ beschreibt die Schwierigkeit, auf einer rein theoretischen Ebene Situationen nachvollziehbar zu machen, die man nur am eigenen Leib in einer dichten Menschenmenge erfahren kann. Der Bruch „Theorie-Praxis“ zielt auf den Umstand ab, dass Eventplaner in der Praxis oft mit Simulationstools arbeiten, im Studium aber mit dieser Möglichkeit nicht in Berührung kommen.

Im zweiten, dem Prototypenworkshop wurde das Unterrichtsgerüst erarbeitet. Dieses dient als Grundlage des strukturellen Aufbaus der Lehreinheit. Abbildung 1 zeigt den Roten Faden dieses Gerüsts. Die Eckpunkte, die im Workshop erarbeitet wurden und als Ausgangslage des iterativen Prozesses der Unterrichtsgestaltung dienen, sind:

- Aufzeigen der Notwendigkeiten zum Crowd Management anhand realer Vorkommnisse
- Grundlagen des Crowd Management: Einflussfaktoren erkennen, definieren und umsetzen
- Der zweidimensionale Plan ist heute die Grundlage der Eventgestaltung
- 3D-Umwandlungen und VR-gestütztes Erleben der Planung im Raum sind im Kommen
- Mathematische Modelle ermöglichen das Aufzeigen von berechenbaren Strukturen (Softwarelösungen)

Das hier vorgeschlagene Unterrichtskonzept basiert auf dem Design Based Research (DBR) Ansatz (zitiert in Dilger et al., 2019, S. 366) und arbeitet mit zwei didaktischen Prinzipien: Der Zugang wird über ein *problembasiertes Lernen*

aufgebaut, in welchem ganz konkrete Fragestellungen der Praxis im Vordergrund stehen. „Wie ist die reale Situation?“, „Welche Szenarien müssen beachtet werden?“ etc. Die Durchführung stützt sich dann stark auf *spielbasiertes Lernen*. Dabei geht es nicht darum, Punkte zu sammeln und am Ende das Spiel zu gewinnen, sondern viel mehr, die Situation mit Spielfiguren zu modellieren und Möglichkeiten zu schaffen, dass Lernende auf verschiedene Weise „in die gedachte, reale Situation“ hinein zu versetzen. Dazu werden dann als technologische Werkzeuge sowohl digitale als auch ganz konkrete, reale Hilfsmittel eingesetzt. Das Spielerische bezieht sich auch auf die körperliche Aktivierung der Lernenden aus der rein auditiven Lernposition heraus.

Abb. 5.1 zeigt ein Modell der Unterrichtseinheit. Es beinhaltet die Veranschaulichung der realen Situation mit der Struktur des Unterrichtsablaufs. In verschiedenen Stufen und mit verschiedenen Medien wird den Studierenden ein Blick auf mögliche Szenarien und ein Vorstellungsvermögen der jeweiligen Situationen gegeben.

Die Diagonale von links unten [1] über die Mitte [2] nach rechts oben [3] zeichnet die reale Situation: [1] Personen betreten den betrachteten Raum in geordneter Struktur und begehen den eigentlichen Eventbereich. Die abgebildete Uhr deutet an, dass je nach Uhrzeit unterschiedliche Nutzungsverhalten vorliegen: Das Eintreffen der Personen zu Beginn [1], der Verlauf der Festivität [2] und das Verlassen des Geländes am Ende [3]. Letzteres kann einem Evakuierungsszenario entsprechen. Generell hängt jede Phase von der Art der Veranstaltung ab.

Die Diagonale von rechts unten [4] über die Mitte [2] nach links oben [5a–c] zeichnet die Ausbildungsschritte der Studierenden in dieser Unterrichtseinheit: [4] Die erste Planungsidee wird zum zweidimensionalen Plan als Skizze auf Papier. [2] Zur Verbesserung der räumlichen Vorstellung der Veranstaltung wird mit Figuren und Spielhäusern eine dreidimensionale Welt geschaffen. Darin gibt es attraktive Bereiche, in denen sich Ballungen entwickeln, was durch rote Figuren gekennzeichnet ist, und es gibt Bereiche, in denen gar nichts passiert und dann diejenigen mit mäßigem Betrieb; hier durch gelbe und grüne Figuren sichtbar gemacht. Abb. 5.2 zeigt die Umsetzung dieses Teils im Unterricht. Die Eventplanung sieht nun vor, möglichst wenige dieser roten Bereiche auftreten zu lassen. Das Handwerkszeug einer guten Konzeptionierung erhalten Studierende an der Hochschule [5]. Die Wissensvermittlung findet dort auf drei Ebenen statt:

- a) Theoretisches Wissen
- b) Erfahrung am eigenen Leib
- c) Berechnungsmöglichkeiten und Erfahrungen mithilfe digitaler Medien



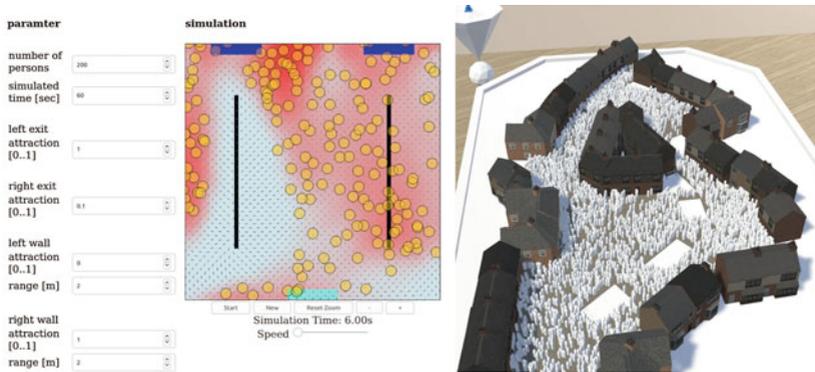
**Abb. 5.2** Reales 3D-Modell eines öffentlichen Platzes

Und genau hier, bei der Verbindung von Theorie-Realität-Digitalisierung verbergen sich die Seams des „Seamless Learning“-Konzepts und das in zweierlei Hinsicht: Das Unterrichtskonzept verbindet zum einen Theorie und Realität und zum anderen werden Studierende an die Nutzung von digitalen Medien herangeführt wie sie sie später im Berufsleben weiterhin nutzen können. Präziser: Neben dem theoretischen Grundlagenwissen, worauf sich die Wissensvermittlung im Unterricht bisher im Wesentlichen stützte, sollten Planende ein Gefühl dafür bekommen, was es bedeutet, wenn zwei oder zehn Personen auf einen Quadratmeter dicht gedrängt sind. Es ist eine beeindruckende Erfahrung, wenn man sich in einer Gruppe aus zehn bis zwölf Personen befindet, die durch ein Seil [5b] zusammengehalten wird. Das Seil bleibt natürlich lose, sodass keine Gefahr besteht und damit ist die Situation nicht gleich eine solche, in der es kein spontanes Entkommen gibt. Dennoch bewirkt dieses Experiment eine verbesserte Vorstellung.

[5c] Ein weiterer Weg zur verbesserten Vorstellungskraft ist das Arbeiten mit digitalen Medien. Anhand mathematischer Modelle lässt sich die Umgebung realistisch konstruieren. Die Bewegung der Akteure und ihr voraussichtliches Verhalten ist berechenbar und parametrisiert steuerbar. Abb. 5.3a zeigt eine webbasierte<sup>1</sup> Simulation eines Evakuierungsszenarios mit zwei Ausgängen, die unterschiedlich bevorzugt werden, sowie attraktive und unattraktive Bereiche. Passend zu dieser Unterrichtseinheit wurden an der HTWG bestimmte Settings

---

<sup>1</sup> <https://www.ios.htwg-konstanz.de/modelling-and-simulation-workgroup>.



**Abb. 5.3** a Computersimulation von Personenströmen (links); b Visualisierung der Berechnungen in einer VR (rechts)

zur Simulation von Personenströmen aufgestellt. Studierende können verschiedene Parameter wählen, damit unterschiedlichste Szenarien aufsetzen und die entsprechenden Verläufe studieren. Es lassen sich in der Software zwar nicht selbstständig neue Settings (etwa ein Fußballstadion statt eines Restaurants) aufsetzen aber die vorhandenen Szenarien lassen sich ohne große Einarbeitung verwenden.

Abb. 5.3b zeigt einen öffentlichen Platz, für den der Zürcher Münsterplatz als Vorlage diente, der Simulationsergebnisse von Fußgängerströmen in einer VR visualisiert. Planende können in verschiedene Rollen ein tauchen und sich virtuell im Raum bewegen. Mit diesem Tool ist es möglich, nicht nur Abläufe vorherzusagen, sondern mitten im Raum zu stehen und somit den Eindruck von Varianten der Personendichte noch besser interpretieren zu können. Die VR-Software muss lokal installiert werden und benötigt bestimmte Hardware-Komponenten.

## 5.3 Erkenntnisse und Fazit

Zu Beginn der Forschungsarbeit und an deren Ende wurden in Evaluationsrunden mit den Studierenden deren Erfahrungen und Lernerfolge diskutiert. Die Studierenden der Einstiegsevaluation verfügten über Kenntnisse der Eventplanung und -durchführung. Sie verhielten sich zielorientiert und einzelthemenbezogen. Ein Anspruch auf eine thematische Durchgängigkeit war nicht erkennbar.

Die eher subjektiven Erkenntnisse zeigen, dass es ganz entscheidend ist, das Interesse der Lernenden zu wecken. Das gelingt sehr gut wenn man die Parallelen zur Gaming-Welt aufzeigt und gleichzeitig den Spieltrieb der Lernenden weckt. Dies zieht sich als roter Faden nahtlos von der reinen Vorstellung über die Spielfiguren und eine Software, die einen mathematischen Ansatz verfolgt bis hin zur konkreten Planung, wie sie im späteren Berufsleben erstellt werden muss.

Kritisch ist, ein steter Begleiter aller Dozierenden, die positive Korrelation von Unterrichtszeit und der Anzahl spielerischer Elemente in der Lehre.

Die Bedienung einer Software setzt natürlich voraus, dass man sich der Parameter, die man verwendet, ein wenig bewusst ist. Als lehrreich kann man es dahin gehend verstehen, dass das auch für lizenzierte Software gilt, die professionell eingesetzt werden. Ein weiteres Problem ergibt sich daraus, dass üblicherweise die Tools zur Personensimulation nicht frei verfügbar, sondern kostenpflichtig sind.

Die abschließende Evaluation zeigt, dass es gelungen ist, den Studierenden den Roten Faden durch das Thema didaktisch aufzuzeigen. Dieses erfreuliche Ergebnis gewinnt an Bedeutung, wenn man bedenkt, dass es unter pandemiebedingten Gegebenheiten der Online-Vorlesung zustande gekommen ist.

---

## Literatur

- Axthelm, R. (2016). Finite element simulation of a macroscopic model for pedestrian flow. In W. Daamen & V. L. Knoop (Hrsg.), *Traffic and granular flow '15* (S. 233–240). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-33482-0>
- Dilger, B., Gommers, L. Rapp, Ch., Trippel, M., Butz, A., Huff, S., Mueller, R., & Schimkat, R. (2019). Seamless Learning als Ansatz zum Umgang mit flexiblem Lehren und Lernen – Erfahrungsbericht aus dem Seamless Learning Lab. In C. Müller, P. Barthelmess, C. Berger, G. Kucza, M. Müller, & P. Sieber (Hrsg.), *Zeitschrift für Hochschulentwicklung* (S. 361–376). Graz. <https://doi.org/10.21256/zhaw-18756>.
- Luppold, S., & Moroff, M. (2019). Crowdmanagement bei Events: Verbesserung der Sicherheitsmaßnahmen, Förderung eines ganzheitlichen Verständnisses und Kreation von wirkungszentrierten Szenarien durch Ex-Ante-Simulation. In C. Zanger (Hrsg.), *Eventforschung, Markenkommunikation und Beziehungsmarketing* (S. 289–295). Springer Gabler. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-27652-2\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-658-27652-2_17).
- Runkel, S., & Pohl, J. (2012). Crowd management als Planungsaufgabe. Eine sozialgeographische Perspektive auf Masse und Raum bei Großveranstaltungen. In *Geographische Zeitschrift* (Bd. 100, S. 189–207). Franz-Steiner-Verlag. Heft 4.
- Still, K. G. (2013). *Introduction to crowd science*. Taylor & Francis Group.

**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.





# BiLeSA: Mathematik mit digitalen Bildern sichtbar machen

# 6

Rebekka Axthelm

Die Frage „Wozu braucht man das?“ vonseiten der Studierenden oder Aussagen wie „Das habe ich im Beruf später nie mehr benötigt.“ von ehemaligen Studierenden ist den meisten Mathematikdozierenden sehr vertraut. Stets begegnet uns der Wunsch „in der Lehre die Anwendungsrelevanz aufzuzeigen“ vonseiten der Kollegen. Wo liegt die Schwierigkeit? Oft ist der Weg von der ersten mathematischen Formulierung bis zu einem wirklich interessanten, praxisnahen Beispiel sehr weit. Das fordert die Geduld der Lernenden. Und ist man endlich angekommen, haben sich so viele Lücken auf dem Weg angehäuft, dass das Verständnis für das Gesamte nicht mehr aufgebracht werden kann. Nur wenige „sehen“ das zugrunde liegende Konzept noch.

Das Projekt BiLeSA beinhaltet zwei Teilprojekte, die sich jeweils mit einem Thema aus den Grundvorlesungen zur Mathematik an den Hochschulen ZHAW und HTWG befassen. Im Teilprojekt BiLeSA<sub>LIN</sub> werden lineare und affin lineare Abbildungen behandelt und im Teilprojekt BiLeSA<sub>PDE</sub>, welches in diesem Kapitel behandelt wird, sind Ableitungsterme für multivariate Funktionen und Diffusionsprozesse Thema. Nach Ende des Projekts wurde BiLeSA<sub>COM</sub> um das Paket BiLeSA erweitert, welches die Veranschaulichung der Potenz komplexer Zahlen beinhaltet. Abb. 6.1 zeigt eine grobe Übersicht der Funktionalität der App.

---

R. Axthelm (✉)

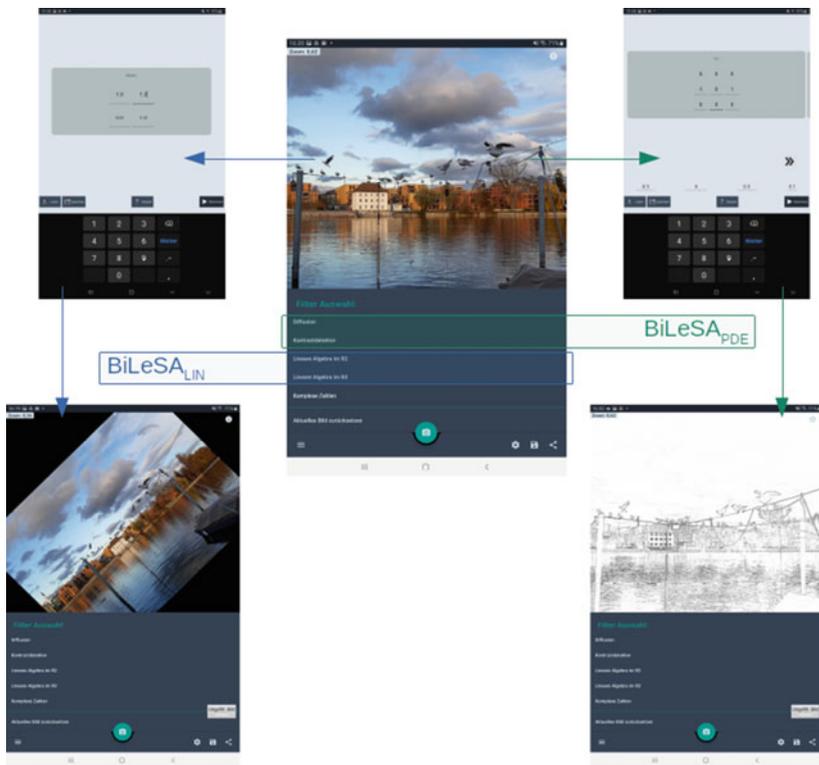
Fakultät Informatik, (HTWG) Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung  
Konstanz, Konstanz, Deutschland

E-Mail: [rebekka.axthelm@htwg-konstanz.de](mailto:rebekka.axthelm@htwg-konstanz.de)

© Der/die Autor(en) 2022

B. Dilger et al. (Hrsg.), *Seamless Learning*,  
[https://doi.org/10.1007/978-3-658-34698-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-658-34698-0_6)

133



**Abb. 6.1** Übersicht der App-Funktionalität für die BiLeSA-Lernobjekte

## 6.1 Ausgangssituation

Wir wollen uns im Projekt BiLeSA dem Bruch „Theorie-Praxis“ widmen, mit dem Ziel, die Brücke zwischen Theorie und Praxis so zu gestalten, dass die Neugierde auf das Relevante nicht verloren geht. „Mathematik sehen“, „mathematische Prozessbeschreibung verstehen“, „Lernen durch Erfahren“ sind die Zielsetzungen von BiLeSA. Wir machen uns dabei die Möglichkeiten der Bildverarbeitung zunutze, um Methoden der Mathematik sichtbar zu machen. Zu diesem Zweck wurde

eigens eine App<sup>1</sup> entwickelt. Der didaktische Mehrwert besteht darin, dass die betrachteten Prozesse nicht einfach per Klick in sinnvoller Weise ausgeführt werden können, sondern dass zur Bedienung zunächst mathematische Kenntnisse erarbeitet werden müssen. Das führt einerseits zu einer gesteigerten intrinsischen Motivation der Lernenden, sich mit den Lehrinhalten zu befassen und andererseits bietet es die Möglichkeit, in einen von vielen Anwendungsbereichen Einblick zu gewähren.

Wir betrachten eine zweistündige Analysisvorlesung (im Hörsaal) mit zwei Übungsstunden (im Seminarraum) und einer Laborstunde (im Rechnerraum) pro Woche. Die Teilnehmenden sind Studierende der HTWG im Studiengang Angewandten Informatik im zweiten Semester. Einige haben Abitur, wovon aber grundsätzlich nicht ausgegangen werden kann. Die Größe der Hörserschaft wechselt zwischen ungefähr 30 und ungefähr 60 Personen. Das Projekt BiLeSA<sub>PDE</sub> befasst sich mit einem Kapitel der Vorlesung, nämlich mit „Ableitungen in höheren Raumdimensionen“. Damit sind Ableitungen von sowohl multivariaten als auch vektorwertigen Funktionen und Kombinationen daraus, also Funktionen  $u$ , mit  $u: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  gemeint. Die Lernziele in diesem Kapitel umfassen das Kennen und Aufstellenkönnen von verschiedenen Ableitungstermen wie Laplace-Operator, Hesse- und Jacobi-Matrix, Gradient, Richtungsableitungen erster und zweiter Ordnung mit konstanten und auch variablen Richtungen. All diese Ableitungsterme basieren auf sogenannten partiellen Ableitungen. Bis hierhin ist der Unterrichtsinhalt sehr abstrakt und zeigt keinen Bezug zur Praxis. Studierende empfinden diesen Unterrichtsteil eher uninteressant. Und das, obwohl wir allein mit diesen wenigen Termen bereits sehr viele Prozesse unserer Welt beschreiben können. Prozesse, die wir in dieser Lehrinheit besprechen sind isotrope und anisotrope Diffusion im Hinblick auf die Anwendung in der digitalen Bildverarbeitung. Als einfaches Beispiel kann man sich ein Weichzeichnen oder Schärfen, mit und ohne Vorzugsrichtung, von digitalen Bildern vorstellen. Der oben beschriebene lange Weg von den Formeln bis zur Anwendungsrelevanz beschreibt damit einen besonders ausgedehnten Spagat zwischen spröder, abstrakter Theorie und spannenden Phänomenen, die gerade für angehende Informatiker und Informatikerinnen besonders interessant sind. An genau dieser Stelle adressieren wir den Bruch zwischen Theorie und Praxis.

Ziel des Projekts ist es, diese Lehrinheit so zu konzipieren, dass Lernende und Lehrende zwischen praktischen Anwendungen sowie Sichtbarmachen der Ableitungsterme und rein abstrakter Rechenmethoden auf vielfältige Weise balancieren

---

<sup>1</sup> BiLeSA App auf <https://www.ios.htwg-konstanz.de/modelling-and-simulation-workgroup>.

können. Die didaktischen Leitprinzipien von BiLeSA sind „Lernen durch Erfahren“ und „Selbstreguliertes Lernen“. Dabei soll die Komponente des Erfahrens nicht erst am Ende einer langen „Durststrecke“ einsetzen sondern sich in möglichst kurzen Abständen mit dem Klären der Rechenmethoden abwechseln. Wie oft der Wechsel zwischen „Theorie“ und „Praxis“ stattfindet kann „selbstreguliert“ gestaltet werden.

Obwohl zur Veranstaltung eine gesonderte Laborstunde zur Verfügung steht, die Raum gibt für mathematisches Rechnen am Computer, würde ein selbstständiges Programmieren einen zu großen Zeitaufwand bedeuten. Daher wurde, speziell für dieses Kapitel, eine Smartphone App entwickelt, die es erlaubt, den praktischen Teil in kürzerer Zeit umzusetzen. Die Idee der App ist, dass sie die numerischen Berechnungen umsetzt, aber nur mit erreichten Lernzielen bedient werden kann.

---

## 6.2 Konzept

BiLeSA<sub>PDE</sub> beinhaltet darüberhinaus ein spezielles Unterrichtskonzept, das sowohl für Lehrende als auch Lernende Variationen der Themenerarbeitung zulässt. Die spezielle Konzeptionierung baut auf einer Zusammenstellung in Matrixstruktur der Einzelthemen auf und trägt keinen in der Didaktik bekannten Namen. Sie ist im Laufe des Projekts, basierend auf den Unterrichtserfahrungen, den Evaluationsergebnissen und der fachlichen Unterstützung vonseiten des Basisprojekts im IBH-Lab „Seamless Learning“, entstanden. Sowohl das Selbststudium als auch das Lehrkonzept kann nach verschiedenen Gesichtspunkten gestaltet werden:

- In der klassischen Reihung, wie sie in der Mathematik üblich ist, werden zunächst alle theoretischen Begriffe, Formeln und Rechenmethoden besprochen, und am Ende wird mit Beispielen die Anwendungsrelevanz erklärt.
- Die Matrixstruktur, auf die später noch näher eingegangen wird, ermöglicht einen kreativen und abwechslungsreichen Unterrichtsablauf, in dem auf verschiedene Weise ein Mischen von Theorie und Anwendungsbeispielen möglich ist.

In der klassischen Vorgehensweise werden zunächst die Rechenmethoden der Ableitungsterme besprochen und die Anwendung auf kontinuierliche Funktionen geübt. Im Anschluss leitet man die mathematische Beschreibung, also Modelle,



**Abb. 6.2** Beispiel einer Aufgabenstellung unter Verwendung der BiLeSA-App, die ein Hinterfragen der Lernziele erfordert

von diffusiven Prozessen her. Digitale Bilder können als diskrete Funktionen interpretiert werden. Um diffusive Prozesse auf digitale Bilder anwenden zu können, müssen alle Ableitungsterme und Modelle speziell für diskrete Funktionen hergeleitet werden. Eine in der Praxis typische lineare Operation auf digitale Bilder wird über diskrete Faltungen ausgeübt, woraus bestimmte Filterdarstellungen, wie sie in der Bildverarbeitung üblich sind, resultieren. Zu jedem diffusiven Prozess passt am Ende eine Linearkombination bestimmter Filter. Bis hierher wird abstrakt mit Bleistift und Papier gearbeitet. Erst mit der Kenntnis der Filter kann nun die App bedient werden. Abb. 6.2 zeigt ein Beispiel.

Es soll interpretiert werden welcher Prozess vom Originalbild zu dem weichgezeichneten Ergebnisbild führt und mit welchen Ableitungstermen dieser Prozess mathematisch beschrieben wird. Dann müssen die Ableitungsterme für diskrete Funktionen, als was digitale Bilder verstanden werden können, aufgestellt werden. Eine anschließende Umformulierung in eine Filteroperation ermöglicht die Bedienung der App. Studierende können dann direkt prüfen, ob Sie mit ihrem Ergebnis das vorgegebene Ergebnisbild reproduzieren können.

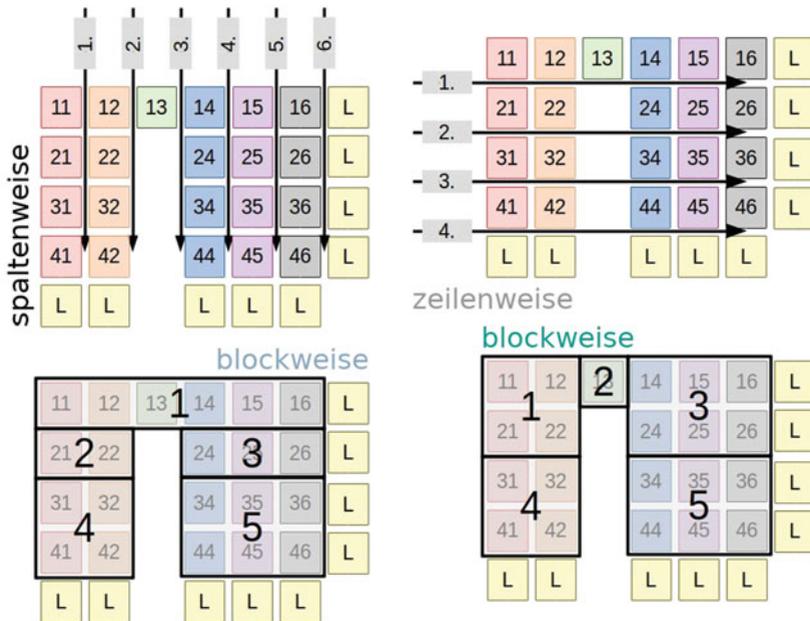
Die Einzelkomponenten der Lehreinheit lassen sich in einer Matrixstruktur zusammenstellen (s. Abb. 6.3). Die Anordnung wie sie in Abb. 6.4 dargestellt ist zeigt eine vertikale Ausrichtung der verschiedenen Ableitungsterme von erster Ordnung (mit Richtungsableitung) über zweiter Ordnung, Richtungsableitung zweiter Ordnung mit konstanter Richtung und letztlich auch mit variabler Richtung. In horizontaler Richtung sind die Themen nach den Kategorien kontinuierliche Ableitungsterme, kontinuierliche Modelle, diskrete Funktionen, diskrete

	kontinuierlich		→	diskret			
1. Ordnung	00 Abl.- terme	01 Modell	02 digitale Bilder	03 Abl.- terme	04 Modell	05 App	LZK
2. Ordnung	10 Abl.- terme	11 Modell		13 Abl.- terme	14 Modell	15 App	LZK
konstante Richtung	20 Abl.- terme	21 Modell		23 Abl.- terme	24 Modell	25 App	LZK
variable Richtung	30 Abl.- terme	31 Modell		33 Abl.- terme	34 Modell	35 App	LZK
	LZK	LZK	LZK	LZK	LZK	LZK	

**Abb. 6.3** Themenanordnung in Matrixstruktur. (LZK = Lernzielkontrolle)

Ableitungsterme und diskrete Modelle, sowie letztlich Aufgabenstellungen für die App sortiert.

„Selbstreguliertes Lernen“ bedeutet in diesem Kontext, dass es nicht den einen roten Faden gibt, sondern, dass es verschiedene Wege gibt, die durch den zu erarbeitenden Stoff leiten. Manche Wege sind schnell durchgearbeitet, andere gestalten sich abwechslungsreich und sind daher eher interessant. Der Lernweg für das Selbststudium kann individuell gewählt werden. Genauso variabel ist auch die Durchführung des gesamten Unterrichts, also Vorlesung, Übung und Praktikum, bez. Labor. Abb. 6.4 zeigt Beispiele von möglichen Wegen durch die Inhalte. Ein spaltenweiser Aufbau der Lerninhalte entspricht dem klassischen Weg, wie oben beschrieben; schnell und pragmatisch. Dagegen lässt sich durch den zeilenweisen Aufbau eine bessere Durchmischung von „Theorie und Praxis“ erreichen, womit Lernziele auf eine verstärkt experimentelle Weise erreicht werden können, da nach kleinen Schritten in der Theorie jeweils Anreize zu weiteren Schritten geschaffen werden. Der Nachteil ist der benötigte größere Zeitaufwand, wie er unter Umständen nicht zur Verfügung steht. Es lassen sich verschiedene Kompromisse zwischen interessantem Unterricht und zügigem Vorankommen durch eine blockweise Gestaltung erreichen. Wichtig ist nur von oben nach unten und von links nach rechts vorzugehen; auch innerhalb der Blöcke.

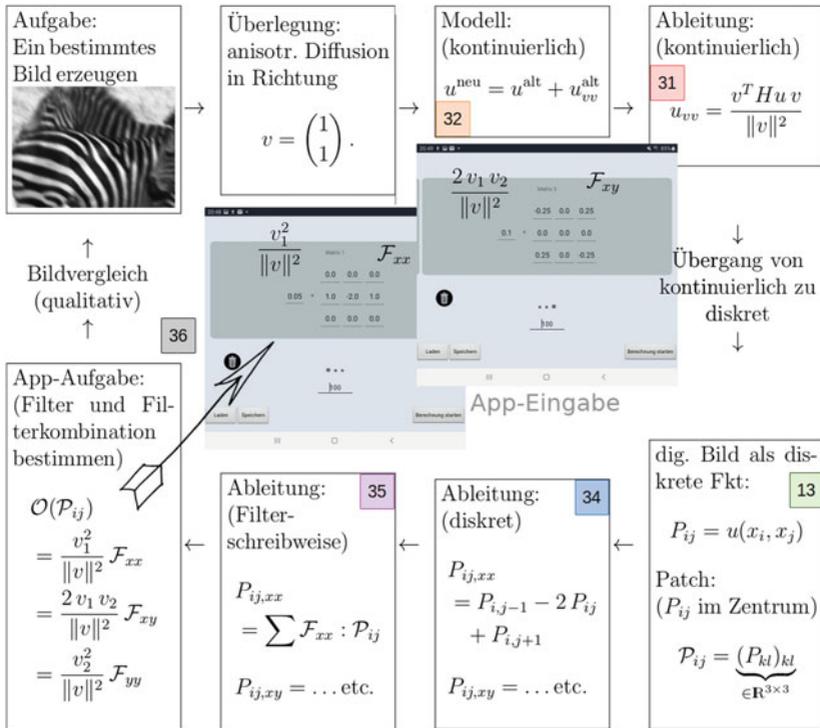


**Abb. 6.4** Varianten des inhaltlichen Unterrichtsablaufs

Das Beispiel in Abb. 6.2 könnte mit den Blöcken 11, 13, 14 und 21 bis 26 erarbeitet werden.

Wir betrachten als ein konkretes Beispiel den Ablauf durch die dritte Zeile. Abb. 6.5 zeigt eine Übersicht dazu, inklusive einer App-Aufgabenstellung.

Vorgehensweise: Ein bearbeitetes Bild ist gegeben. Die erste Aufgabe besteht darin, im Bild den zu modellierenden Prozess zu erkennen. Hier ist es eine anisotrope Diffusion mit diagonaler, von links unten nach rechts oben, Vorzugsrichtung. Das passende Modell<sup>[32]</sup> beinhaltet Richtungsableitungen zweiter Ordnung<sup>[31]</sup>. Darin enthalten ist die Hessematrix. Block [13] beinhaltet die Behandlung eines digitalen Bildes als diskrete Funktion, für die die Hessematrix<sup>[34]</sup> aufgestellt werden muss. Die Hessematrix als diskreter Ableitungsterm lässt sich mit  $3 \times 3$ -Filtern –  $F_{xx}$ ,  $F_{xy}$  und  $F_{yy}$  – darstellen. Das zugehörige diskrete Modell<sup>[35]</sup> führt dann auf eine Linearkombination der berechneten Filter. Dort angekommen ist man in der Lage, die Matrix- und Parameterfelder der App korrekt auszufüllen. Nach Anwendung auf das entsprechende Originalbild kann durch einen Bildvergleich eine qualitative Beurteilung erfolgen. Es ist unwahrscheinlich, dass man



**Abb. 6.5** Beispiel einer Aufgabenstellung mit Richtungsableitungen

zufällig korrekte Werte angibt. Die App lässt sich ohne vorab erarbeitetes Wissen nicht bedienen.

### 6.3 Erkenntnisse

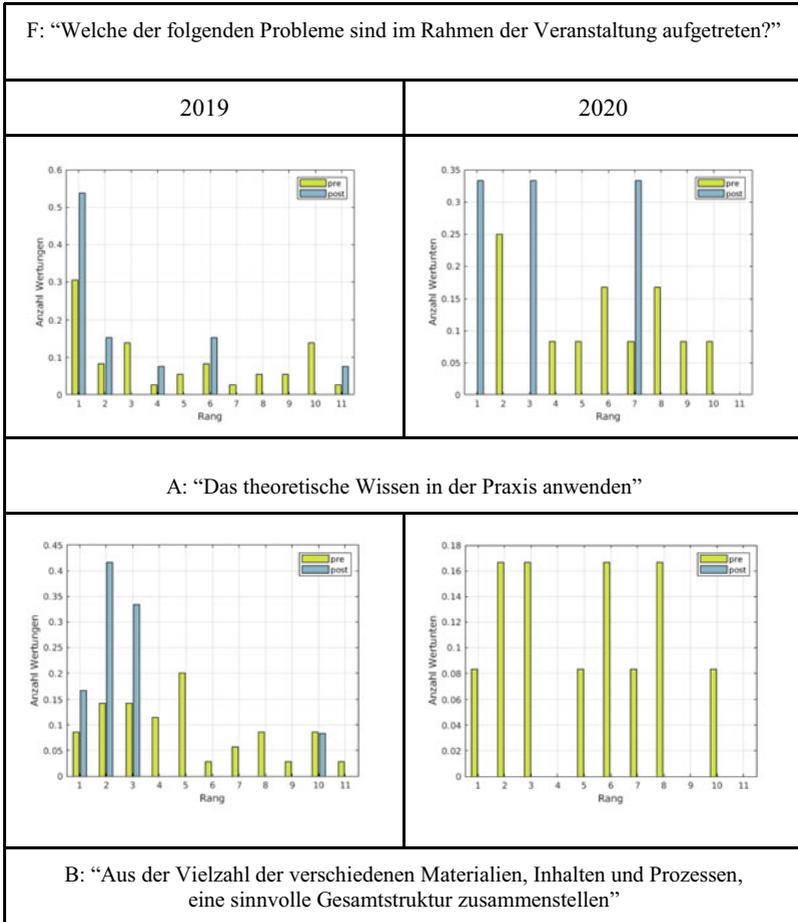
Es wurden zwei Evaluationen in je zwei Schritten durchgeführt: Jeweils eine Pre- und eine Post-Befragung vor und nach der Durchführung dieser Lehreinheit. Die erste Evaluation fand im Sommersemester 2019, die zweite im Sommersemester 2020 statt. Die Evaluationen erlauben einen Einblick, sowohl in die Entwicklung jeweils einer Studierendengruppe (Pre- und Posttest), als auch in die Entwicklung des Unterrichtskonzepts selbst (zwei verschiedene, befragte Gruppen). Bei

der Pre-Befragung 2019 bzw. 2020 nahmen 56.45 % (35 von 62) bzw. 48.93 % (15 von 31) teil und bei der Post-Befragung lag die Beteiligung 2019 bzw. 2020 bei 40.32 % (25 von 62) bzw. 22.58 % (7 von 31). Die niedrigere Beteiligung bei der Post-Befragung 2020 lässt sich dadurch erklären, dass diese Unterrichtseinheit zum Ende des Semesters erfolgte, welches durch die Corona-Pandemie verkürzt war und dadurch alle gegen Ende in eine verstärkte Zeitnot brachte. Die Studierenden richteten ihre Aufmerksamkeit zunehmend auf die anstehenden Prüfungen aus.

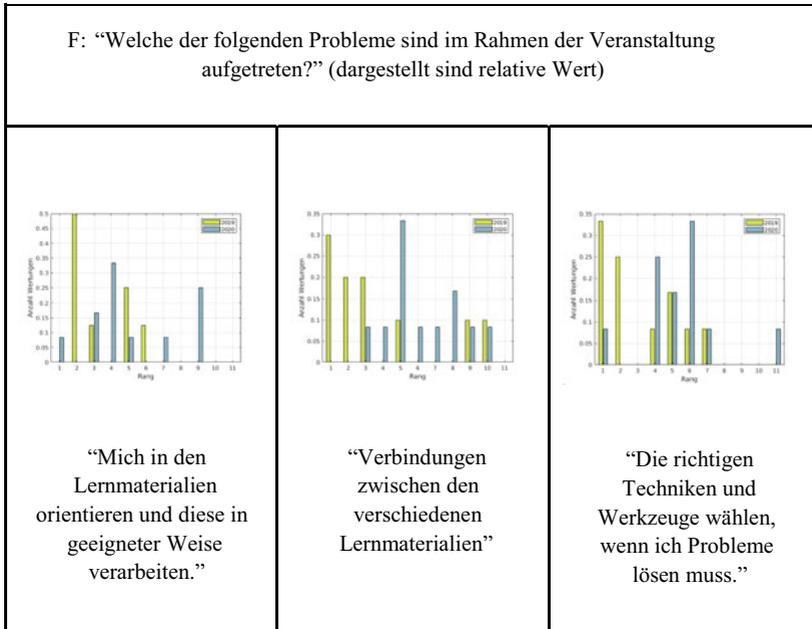
Bei der erstmaligen Durchführung des Kapitels wurde die Matrix zeilenweise durchlaufen (siehe Abb. 6.4). Das hatte zu einem Vermischen von Vorlesungs- und Übungsstrukturen geführt. Die Vorlesung war stärker durchsetzt mit Saalaufgaben, was die Studierenden sehr begrüßt hatten, dafür musste in der Übung ein wenig Lehrmaterial erarbeitet werden. Diese Unterrichtsweise funktioniert allerdings nur, wenn alle Beteiligten „am Ball“ bleiben. Die Teilnehmer sind gewohnt, dass sie in der Übung auch ältere Aufgaben bearbeiten oder ein wenig Vorlesungsinhalte nacharbeiten können. Das didaktische Konzept dieses letzten Kapitels forderte ein gleichzeitiges Vorankommen. Ein Kommentar der Evaluation bringt es auf den Punkt: *„Interessante, neue Unterrichtsmethodik = > stärker angeleitet“*. Die positiven Kommentare beinhalten hauptsächlich die Stichworte *„interessant“* und *„gutes, hilfreiches Arbeitsmaterial“* und werden mit 25 von 35 mehr als doppelt so häufig erwähnt als die negativen Kommentare, die sich hauptsächlich auf den *„Zeitfaktor“* und *„Komplexität des Themas“* beziehen. Weitere Kommentare sind als neutral einzustufen oder beziehen sich auf spezielle Situationen im Semester, die unabhängig sind von den Inhalten und dem Konzept dieser Lehreinheit. Das ist ein zunächst zufriedenstellendes Ergebnis. Dennoch zeigt die Tab. 6.1 (2019-A), dass nach der Unterrichtseinheit mehr Studierende das Problem *„Das theoretische Wissen in der Praxis anwenden“* stark gewichtet haben. Die Nahtstelle Theorie-Praxis ist im Laufe des Unterrichts demnach noch sichtbarer geworden.

Beim zweiten Durchlauf wurde, der Zeitersparnis wegen, ein blockweiser Weg (Abb. 6.4, links unten) gewählt. Den Studierenden sollte wieder mehr Raum zum zeitlich selbstbestimmten Lernen gegeben werden, weshalb zur Unterstützung als Lehrmaterial verstärkt Tutorials eingesetzt wurden. Tab. 6.1 (2019-B) zeigt, dass die Studierenden deutliche Schwierigkeiten mit dem Lehrmaterial hatten. Nach dem zweiten Durchgang (2020-B) hat dies niemand mehr als Problem angesehen. Der Anteil positiver Kommentare zur Gesamtzahl der Kommentare, die sich auf diese spezielle Lehreinheit beziehen lassen, entspricht ungefähr dem im ersten Durchgang. Insgesamt lässt sich sagen, dass die Studierenden sehr am Thema interessiert waren. Sie konnten auch die Brücke zwischen Theorie und Praxis

**Tab. 6.1** Vergleich Pre-/Post-Befragung (Ein hoher Rang bedeutet eine niedrige Gewichtung des genannten Problems und umgekehrt)



erkennen, konnten diese auch einmal betreten aber sie waren nicht in der Lage, sie selbstständig zu überqueren. Die in Tab. 6.1 (2020-A) dargestellte Auswertung zeigt auch hier eine Verstärkung des Bruchs „Theorie-Praxis“, wenn auch nicht so drastisch wie im Jahr zuvor; aber dennoch vergleichbar. Tab. 6.2 zeigt, dass

**Tab. 6.2** Auswertungen aus den Postumfragen 2019 und 2020

einige Problemstellungen im zweiten Durchgang deutlich besser bewertet wurden. Daraus lässt sich schließen, dass die Unterrichtsgestaltung im zweiten Gang didaktisch verbessert werden konnte.

Aus den Erfahrungen heraus hat ein ganzheitliches Konzept der Vorlesung hohe Priorität erhalten. So lange nicht die komplette Veranstaltung mit dem Matrixkonzept gestaltet werden kann, werden die Themenblöcke derart mit der Vorlesung verzahnt, dass für Studierende kein Bruch im Unterrichtsstil stattfindet. Beim nächsten Durchgang dieser Einheit wird auf sehr viel mehr Begleitung gesetzt werden. Das Material, das verschiedene inhaltliche Wege erlaubt wird bis auf Weiteres als zusätzliches Lernmaterial ausgehändigt.

## 6.4 Fazit

Wir sehen die Matrixstruktur im Lehrkonzept und die damit verbundene Möglichkeit, die Inhalte auf vielfältige Weise erarbeiten zu können, als ein innovatives

Konzept mit großem Erfolgspotenzial an, um Theorie und Praxis von der ersten Stunde an näher zusammenzubringen.

Das größte Problem bei diesem Lehrkonzept war der Konzeptwechsel im Laufe der Gesamtveranstaltung. In der Tat empfehlen wir die komplette Lehrveranstaltung in dieser Art zu konzipieren, da sonst ein neuer Bruch entsteht, nämlich der Bruch des Lehrkonzepts innerhalb einer Vorlesung. Inhaltlich ist dieses Kapitel äußerst facettenreich und es ist daher dringend notwendig die Aufgaben zur App eng mit der Vorlesung zu verzahnen. Gelingt dies, so können die Studierenden schnell etwas „sehen“ und sind dann sehr motiviert, das Thema nicht nur oberflächlich zu erfassen. Dies gilt natürlich besonders für angehende Informatiker und Informatikerinnen. Da digitale Bildverarbeitung auch außerhalb der Informatik ein relevantes Thema ist sind die Inhalte auch für andere interessant.

Die erste Spalte beinhaltet mathematische Definitionen der beteiligten Ableitungsterme erster und zweiter Ordnung, welche in verschiedenen Modellen, die in der zweiten Spalte erklärt sind, benötigt werden. Vierte und fünfte Spalte wiederholen diese Themen für diskrete Funktionen. Der Übergang von kontinuierlichen zu diskreten Funktionen und der Zusammenhang zu digitalen Bildern ist in der dritten Spalte erklärt. Die sechste Spalte enthält Aufgaben, die mit der App bearbeitet werden können.

**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.





# Thesis Writer: Digitale Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten, Schreiben und Denken

# 7

Christian Rapp, Otto Kruse und Jakob Ott

## 7.1 Einleitung: Ausgangssituation des Projekts

Das Schreiben von Abschlussarbeiten ist ein traditionelles akademisches Lernarrangement, das schwer in die Systematik der akademischen Unterrichtsformate einzuordnen ist, aber gleichwohl eine wichtige Funktion für die Entwicklung selbstständigen Lernens und wissenschaftlichen Arbeitens ausübt. Es gibt kaum Studiengänge, die keine Abschlussarbeit verlangen. Die Abschlussarbeit ist eine Capstone-Erfahrung, die sozusagen den Schlussstein im Gebäude des Lernens darstellt. Sie ist sowohl ein Lernprozess als auch eine Prüfungsleistung und zudem ein akademisches Ritual, das den Abschluss einer Ausbildungsetappe bzw. den Übergang zu einer neuen Ebene signalisiert.

Die Abschlussarbeit ist also eine fast universelle Lernsituation, die komplex, aber didaktisch unterbestimmt ist und zudem auf mehreren Ebenen (BA, MA, Dissertation, Habilitation) angesiedelt ist. Die daraus entstehenden Arbeiten sind genauso prototypisch für wissenschaftliche Texte, wie sie auch ein Übungsgenre darstellen, das zum wissenschaftlichen Schreiben und Publizieren hinführen soll. Dieser Beitrag beschäftigt sich damit, wie diese spezifische Lernsituation digital

---

C. Rapp (✉) · J. Ott  
Zentrum für Innovative Didaktik, ZHAW School of Management and Law, Winterthur,  
Schweiz  
E-Mail: [rapp@zhaw.ch](mailto:rapp@zhaw.ch)

J. Ott  
E-Mail: [ottj@zhaw.ch](mailto:ottj@zhaw.ch)

O. Kruse  
Angewandte Linguistik, ZHAW, Winterthur, Schweiz  
E-Mail: [otto.kruse@gmx.net](mailto:otto.kruse@gmx.net)

unterstützt werden kann, und berichtet von den Erfahrungen mit der Entwicklung von Thesis Writer (TW, vgl. Kruse & Rapp, 2018; Rapp & Kauf, 2018; Rapp & Kruse, 2020; Rapp & Ott, 2017), einer web-basierten Schreibsoftware, die neben einem Editor zum Schreiben eine Vielzahl von weiteren unterstützenden Funktionen für die Abschlussarbeit anbietet.

Die Digitalisierung verändert das wissenschaftliche Schreiben erheblich (Kruse & Rapp, 2020, 2021), und auch Schreibplattformen wie der TW tragen zu diesen Veränderungen bei. Wir haben es also mit einem Zusammenprall eines sehr traditionellen Lernarrangements mit einer potenziell disruptiven Technologie zu tun. Es ist deshalb nicht genug, das Schreiben von Abschlussarbeiten digital zu unterstützen, sondern es ist auch notwendig, zu ermitteln, was eine digitale Umstrukturierung für das Schreiben bedeutet. Das Konzept des Seamless Learning (Wong, 2015) oder auch des Seamless Writing (Kruse & Rapp, 2019) bietet einen analytischen Ansatz, der die kontextuellen und methodischen Verschiebungen zu ermitteln erlaubt, die digitales Schreiben kennzeichnen, und dabei hilft, neue pädagogische Perspektiven zu entwickeln (Dilger et al., 2019).

Dieser Artikel stellt nach einem kurzen Abriss der Entwicklung des TW dessen wichtigste Funktionalitäten dar, wobei wir die Perspektive des Seamless Learning im Blick behalten, bei der es darum geht, die Veränderungen der digitalen Räume und Kontexte sichtbar zu machen, die ein Tool wie der TW für das Schreiben mit sich bringt (Kruse & Rapp, 2021). Der TW ist als Konstruktion eines neuen, virtuellen Lernraumes zu verstehen, der mit dem Einsatz neuer Technologien das Schreiben selbst verändert.

Schreiben, gleich mit welcher Technologie, formt das Denken, oder, in den Worten Ongs (1992): „Writing is a technology that restructures thought”. Auch der TW ist eine Technologie, welche die Gedanken neu zu strukturieren hilft, und er geht dabei nicht nur über das hinaus, was das Schreiben in der vor-digitalen Zeit dazu leistete, sondern auch über das, was heute konventionelle Textverarbeitungsprogramme bieten. Der TW unterstützt hierbei nicht allgemeines, sondern wissenschaftliches Schreiben und ist auf die besondere Lernsituation der Abschlussarbeit ausgerichtet. Er hilft, die Komplexität dieser Schreibsituation zu bewältigen, und bietet Unterstützung für die zugehörigen konzeptuellen, rhetorischen und sozialen Herausforderungen an. Er ist also ein spezialisiertes Textverarbeitungsprogramm, das auf eine neue Weise dabei hilft, ein wissenschaftliches Projekt zu planen, durchzuführen und zu verschriftlichen. Eigene Gedanken zu entwickeln, zu re-strukturieren und sie sowohl in einen konstruktiven Arbeitsprozess als auch in eine passende Textstruktur einzupassen, ist dabei die Hauptleistung.

Im Folgenden wird beschrieben, warum und wie der TW entwickelt wurde, wie er funktioniert und welche Aufgaben nach seiner Fertigstellung bleiben bzw. dazukommen. Plattformen wie der TW, so wird gezeigt, werden zwar einsatzfähig, aber ihre Entwicklung ist niemals abgeschlossen. Sie erfordern permanente Weiterarbeit, in der sich in der Entwicklung neue Herausforderungen stellen.

---

## 7.2 Konzept des Thesis Writer

### Zielsetzung

Drei Ziele standen bei der Konstruktion des TW im Vordergrund. Das erste lag darin, Hilfe für die Bewältigung von handfesten Problemen bei der Anleitung von Abschlussarbeiten, besonders in Studiengängen mit hoher Studierendenzahl und kurzer Studienzeit anzubieten. Nach lediglich drei Jahren praxisbezogenen Studiums ist es außerordentlich herausfordernd für Studierende, eine wissenschaftliche Abschlussarbeit selbstständig zu schreiben. Die Bearbeitungszeiten sind kurz, die Vorbereitung auf das wissenschaftliche Schreiben ist in vielen Studiengängen unzureichend bis inexistent. Der TW sollte hier eine zusätzliche Ressource für das Schreiben sein mit dem Ziel, zu kompensieren, was im Studium selbst nicht geleistet werden kann.

Das zweite Ziel war erkenntnistheoretischer Natur. Es gibt vergleichsweise viel Literatur zu „postgradualen“ Abschlussarbeiten wie der Master- und Doktorarbeit (z. B. Berman & Smyth, 2015; Dysthe et al., 2006; Kamler & Thomson, 2006; Maxwell & Smyth, 2011), aber kaum Forschung und nur einige wenige Anleitungsbücher zur Bachelorarbeit (z. B. Greetham, 2009; Rahn, 2017; Roberts & Seaman, 2018; Samac et al., 2009). Das Projekt sollte auch dabei helfen, zu verstehen, welche Probleme de facto in Bachelorarbeiten auftreten und welche Arten von Unterstützung digitaler Art tatsächlich genutzt werden. Der TW stellt einen digitalen Rahmen dar, der die Implementierung verschiedener Hilfsangebote und deren Untersuchung erlaubt. Zusätzlich war herauszufinden, wie Bachelorarbeiten gewöhnlicherweise strukturiert sind und wie ihr Charakter zwischen wissenschaftlicher und praktischer Ausrichtung (Fachhochschulen) ausfällt.

Das dritte Ziel war ein technisches. Die Anfänge des TW gehen in eine Zeit zurück, als die Plattformtechnologie gerade aufzublühen begann und erstmals die Möglichkeit bot, synchron kollaborative Angebote für eine große Anzahl von Nutzerinnen und Nutzern zu gestalten. Heute sind derartige Technologien bereits Standard, aber noch vor acht Jahren war das Herunterladen von Tools auf den eigenen Rechner die Methode der Wahl mit vielen unangenehmen

Nebenerscheinungen wie der Notwendigkeit zur Aktualisierung und Adaptation solcher rechnergestützten Software auf verschiedenen Betriebssystemen. Ziel war es, zu zeigen, dass web-basierte Lösungen als Software as a Service (SaaS) implementiert machbar und auch mit einem kleinen IT-Team zu realisieren sind.

## Didaktische Leitprinzipien

Um die spezifische Lernsituation beim Schreiben von Abschlussarbeiten zu spezifizieren, haben wir fünf verschiedene Aufgaben isoliert, die die Schreibenden bewältigen müssen und zu denen der TW entsprechende Unterstützungsangebote macht. Sie stellen die Leitprinzipien dar, nach dem der TW konstruiert wurde.

Die erste Aufgabe für die Schreibenden besteht darin, dass sie ein Verständnis des *Schreibprozesses* gewinnen müssen, und zwar nicht abstrakt, sondern in Verbindung mit einem konkreten forschungsbasierten Thema. Dabei verschränken sich zwei Prozesse miteinander, nämlich der Forschungs- mit dem Schreibprozess, die jeweils unterschiedliche Charakterisierungen haben (Kruse, 2016). Während der Forschungsprozess linear ist und der jeweils nächste Schritt auf den Ergebnissen des vorherigen Schritts aufbaut, ist der Schreibprozess rekursiv. Das heißt, dass frühere Schritte als Ergebnis von Erkenntnissen aus späteren Schritten revidiert werden können. Es galt also eine Prozessstruktur zu finden, die beide Prozesse berücksichtigt.

Ein zweites Leitprinzip besteht darin, dass die Schreibenden schnell ein eigenes *Konzept für ihre Arbeit* finden sollten und dass damit die Anleitung zu konzeptionellem Denken zum Schwerpunkt wird. Der TW versteht sich also primär als ein Denk- und weniger als ein Lern-Tool. Die Nutzenden des TW werden vom ersten Moment an angehalten, an ihrer Arbeit zu schreiben, und werden in eine Auseinandersetzung mit dem Thema ihrer eigenen Arbeit verwickelt. Voraussetzung dafür ist, dass sie ein einigermaßen eingegrenztes Thema haben, von dem sie ausgehen können. Dieses zu finden, ist Aufgabe menschlicher Anleitung und kann nicht allein digital geschehen. Für die konzeptionelle Gestaltung wurde als Standardstruktur der Forschungskreislauf (Thema, Fragestellung, Stand der Forschung, Forschungslücke, Methode, Ergebnisse, Diskussion, Schlussfolgerungen) entwickelt. Er ist an das IMRD-Schema (Introduction, Method, Results, Discussion) angelehnt, das verbreitetste Schema zur Strukturierung von Forschungsberichten und Doktorarbeiten (Paltridge, 2002; Paltridge & Starfield, 2019; Swales, 1995). Strukturen wie dem Forschungskreislauf wird in der Wissenschaft oft vorgeworfen, sie seien zu normativ, da sich lokal oft etwas abweichende Strukturen herausbilden. Für die Didaktik des TW steht im Vordergrund, dass

es grundsätzlich nötig ist, eine Struktur herzustellen, nicht, weil jeder einzelne Punkt davon in der gegebenen Form notwendig wäre, sondern weil alle Punkte miteinander zu einer Konzeption zu verbinden sind. Auch wenn man beispielsweise statt der Fragestellung ein Ziel oder eine Problemstellung vorgibt, ist eine ähnliche konzeptionelle Arbeit nötig. Die Konstruktion und Implementierung von flexibleren Strukturen mit mehr Wahlmöglichkeiten in den TW wird derzeit abgeschlossen.

Ein drittes Leitprinzip besteht darin, *Zusammenarbeit zwischen Schreibenden* zu unterstützen. Auch wenn heute die Document Sharing Technologie weit verbreitet ist, so war diese Technologie anfangs noch nicht im Baukastensatz der Programmierung vorhanden (für neuere Forschung siehe Olson et al., 2017). Der TW bietet eine einfach zu initiiierende Zusammenarbeit von mehreren Nutzerinnen und Nutzern an, welche synchrones Arbeiten am Text und gegenseitiges Feedback ermöglicht.

Ein viertes didaktisches Prinzip geht davon aus, *dass konzeptionelles Denken eng mit rhetorischer Kompetenz einhergeht*. Was eine Metapher wie „Forschungslücke“ bedeutet, erschließt sich leichter, wenn man weiß, wie man solche Lücken benennt, wenn man also wiederkehrende Formulierungen wie „Es gibt kaum Forschung zu ...“, „Wenig ausgeleuchtet hingegen ist ...“, „Unklar ist nach wie vor ...“ und so weiter einsetzt. Phrasen dieser Art sind die konventionellen, erwartbaren Weisen, wie man sich in der Wissenschaft über Forschungslücken austauscht, und es ist wichtig, den Schreibenden diese Phrasen zugänglich zu machen (z. B. Cotos, 2018; Erman & Warren, 2000; Swales, 1995). Der TW bietet verschiedene Formen rhetorischer Unterstützung an und integriert diese in die Anleitung zum konzeptionellen Denken.

Ein fünftes didaktisches Prinzip beruht auf der *Notwendigkeit von Abschlussarbeiten, um Selbstständigkeit im wissenschaftlichen Arbeiten zu demonstrieren* (z. B. Samac et al., 2009). Dieses Prinzip ist in vielen Regulationen und in manchen Ländern auch gesetzlich vorgegeben. So sagt z. B. die deutsche Kultusministerkonferenz (2010), dass mit der Bachelor- und Masterarbeit „die Fähigkeit nachgewiesen wird, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem aus dem jeweiligen Fach selbständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten.“ Es ist dabei klar, dass diese Selbstständigkeit nur über eine differenzierte Anleitung erreicht werden kann. Die Unterstützung, die der TW anbietet, rüttelt nicht an diesem Prinzip der Selbstständigkeit und bietet keine Hilfestellung, die dieses Prinzip unterlaufen würde. Hingegen offeriert der TW den Anleitenden Möglichkeiten, über das Tool mit den Schreibenden zu kommunizieren und sie bei der konzeptionellen Arbeit zu unterstützen.

## 7.3 Methodische Schritte der Entwicklung des TW

### Generelle Strategie

Der TW wurde in mehreren Schritten hergestellt, wobei im Wesentlichen eine Strategie der Design-Forschung eingesetzt wurde (Euler, 2014; Reinmann, 2005, 2017). Dabei werden einzelne Entwicklungsschritte jeweils durch verschiedene Prüf- und Feedbackverfahren validiert und das entstehende Tool dementsprechend adaptiert, bevor die nächste Aufgabe angegangen wurde. Aufgrund der Komplexität des Tools und der Vernetztheit seiner Funktionen ist dies allerdings nicht immer systematisch erfolgt. Der TW entstand in fünf Schritten: 1) Konzeptualisierung, 2) Prototypisierung mit reduziertem Aufgabenbereich, 3) Finalisierung der einsatzfähigen Gesamtkonzeption, 4) Dissemination in verschiedenen Kontexten und Routinebetrieb und 5) kontinuierliche Weiterentwicklung und Optimierung. Der TW wurde im Verlauf von etwa sechs Jahren hergestellt und verlangte ca. 2000 Stunden Programmierung. Zu Beginn des EU-Interreg-V-Projekts „Seamless Learning“ war bereits ein Prototyp vorhanden, sodass nicht alle Entwicklungsschritte im Rahmen dieses Projekts erfolgten. Die Konzeptionsphase war durch mehrere Dinge gekennzeichnet:

1. Recherchen zu ähnlichen Verfahren, die als Vorbild dienen konnten, ergaben, dass kaum Tools vorhanden waren, die vergleichbare Ziele verfolgten, wohl aber entstanden zeitgleich mehrere Anwendungen, mit deren Entwicklerinnen und Entwicklern später ein Austausch stattfand, wie etwa dem Article Writing Tool (Rienecker), dem Research Writing Tutor (Cotos, 2014, 2015; Cotos et al., 2020), dem Academic Writing Assistant (D’Hertefeldt & De Wachter, 2018) dem Aca Writer (Knight et al., 2020) und dem Writing Mentor (Burnstein et al., 2018). Alle diese Tools sind onlinebasierte stand-alone-Angebote für wissenschaftliches Schreiben. Nur der Writing Mentor ist zusätzlich auch als Add-in für Google Docs verfügbar. Der Schwerpunkt der meisten Tools liegt auf automatischem Feedback, lediglich Article Writer und Thesis Writer legen mehr Wert auf Instruktion und Anleitung. Für eine allgemeine Übersicht computergestützter Schreibinstruktion siehe Allen et al. (2016), die entsprechenden Technologien, Pädagogiken besprechen Strobl et al. (2019).
2. Use Cases wurden entwickelt und eingesetzt, um die Zielrichtung der Entwicklung zu illustrieren und die Kommunikation mit den für die Programmierung zuständigen Personen zu erleichtern. Use Cases wurden sowohl für die Schreibenden als auch für die Supervisoren und Administration (z. B. Studiengangsleitung) erstellt.

3. Die Analyse von Abschlussarbeiten aus dem Fachbereich Wirtschaft unserer Hochschule diente dazu, Beschaffenheit und Spannweite von Bachelor- und Masterarbeiten zu verstehen. Es zeigte sich, dass der überwiegende Teil der Arbeiten nach dem Muster einer wissenschaftlichen Arbeit (Einleitung, Methode, Ergebnisse, Diskussion) strukturiert und nur ein kleinerer Teil eher praxisbezogen ausgerichtet war (z. B. Auftraggeber, Ist-Zustand, Zielzustand, Mandat, Lösungsvorschlag). Zwar ist unklar, ob das Sample an Arbeiten eines einzigen Fachbereichs allgemeingültig Aufschluss geben kann, jedoch ist die methodische Vielfalt in wirtschaftswissenschaftlichen Fachbereichen groß genug, um Ausgangshypothesen generieren zu können. Systematische Untersuchungen zu Bachelorarbeiten gab es zu dieser Zeit und gibt es auch heute noch nicht.
4. Designspezifikationen wurden iterativ entwickelt und erfolgten in mehreren Designkonferenzen im Team, auch unter Einbezug eines professionellen Webdesigners. Das Design wurde in der Zwischenzeit mehrfach überarbeitet und bietet eine zeitgemäße Optik.

## Umsetzung des Thesis Writer

Der TW wurde im Jahr 2013 in der Version 1 lanciert. Seine technische Grundlage stellt eine LAMP-Umgebung dar (Linux, Apache, MySQL, PHP). Es war das Zeitalter der Multi-Page-Web-Applikationen, angereichert mit Ajax, um Inhalte nachzuladen. Bereits damals wurde eine einfache Kollaborationsfunktionalität integriert, um asynchrones, gemeinsames Arbeiten an Dokumenten zu ermöglichen. Mit der umfangreichen Aktualisierung 2019/2020 zur Version 2 mussten aktuelle Sicherheits- und Usability-Anforderungen erfüllt werden, die Near-Realtime-Kollaboration mit gleichzeitigem Bearbeiten von verschiedenen Personen beinhalten. Dazu wurde der Login- und Sitzungsmechanismus überarbeitet (IEFT, 2015), die WebSocket-Technologie (IEFT, 2012) integriert, die im Unterschied zum klassischen Anfrage/Antwort-Verfahren (Polling) neu "Daten-Streaming" und Server-getriggerte "Push-Nachrichten" über eine dauerhaft bestehende Verbindung zwischen Server und Browser der benutzenden Person ermöglicht. Ein Dokument zeitgleich bearbeitende Personen können nun ohne spürbare Verzögerung den aktuellen Stand des Dokuments verfolgen und aktualisieren. Auf eine Neuimplementierung als Single-Page-Applikation mit durchgehend aktiver WebSocket-Unterstützung (z. B. via Node.js/React) wurde aus wirtschaftlichen Gründen zunächst verzichtet.

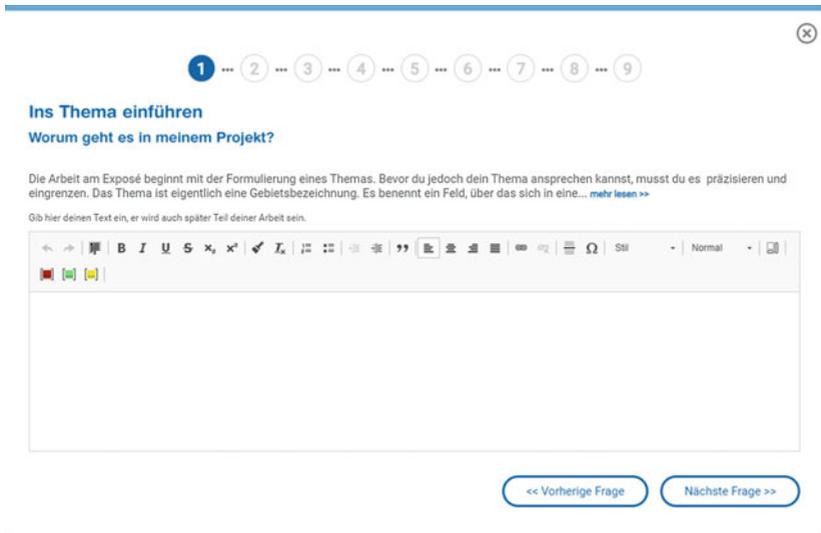
In der Praxis bedeutet das für die Nutzenden neben dem stark verbesserten Reaktionsverhalten der Benutzeroberfläche vor allem erhöhte Datensicherheit und -konsistenz, denn die Frequenz von Speicher- und Aktualisierungsvorgängen wurde deutlich gesteigert. Auch gegen einen temporären Verlust der Netzwerkverbindung (z. B. Mobilverbindung im Zug) zeigt sich die Neuimplementierung fehlertolerant und führt beispielsweise Speichervorgänge aus, sobald die Verbindung wieder verfügbar ist.

Der TW ist heute ein auf das wissenschaftliche Schreiben von Qualifikationsarbeiten optimierter webbasierter Schreibeditor. Er besteht aus folgenden Hauptelementen:

1. Der eigentlichen Schreibumgebung in Form eines webbasierten Editors, der auch kollaboratives Schreiben ermöglicht.
2. Einer vorgegeben Textstruktur analog zum Forschungskreislauf. Schreibende starten dadurch nicht mit dem leeren Blatt, sondern finden bereits eine Grundstruktur für einen Forschungsantrag bzw. einen Forschungsbericht vor.
3. Einer Vielzahl von linguistischen Hilfsfunktionen, die das wissenschaftliche Schreiben unterstützen und im Schreibeditor mit einem Klick zur Verfügung stehen.
4. Einer Projektverwaltung, in der man unter anderem neue Projekte erstellen und Mitschreibende oder Betreuende einladen kann.
5. Zusätzlich werden zur Vertiefung Hintergrundinformationen zu verschiedenen Aspekten des wissenschaftlichen Schreibens (Tutorials) zur Verfügung gestellt. Diese sind auf der Startseite des TW frei zugänglich. Die einzelnen Elemente werden im Folgenden kurz vorgestellt. Dabei wird chronologisch der Weg nachgezeichnet, den man im Tool durchläuft, um ein Proposal zu erstellen.

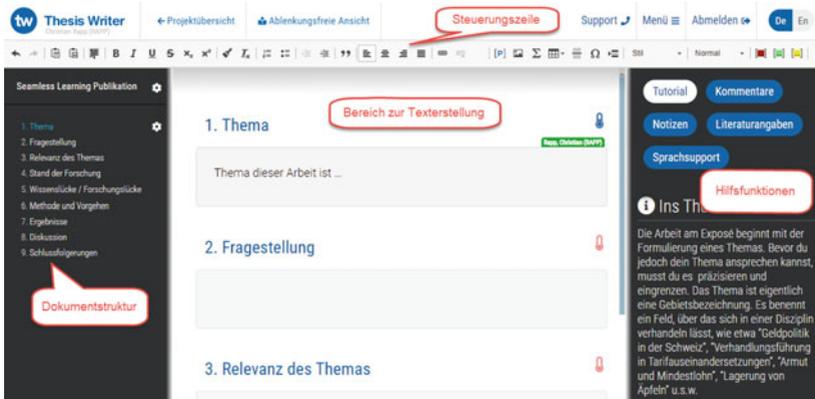
Unter <https://thesiswriter.zhaw.ch/> können sich Nutzende unserer Hochschule mit ihren Hochschulzugangsdaten authentifizieren. Hier wird auch die Sprache für Dokument und Oberfläche ausgewählt (Deutsch oder Englisch). Nach dem Login erscheint eine „Landingpage“, die wichtige Informationen rund um den TW bündelt (zum Beispiel Einführungsvideos) und die Möglichkeit bietet, ein neues Projekt zu erstellen. Dabei wird unterschieden zwischen Proposal und Thesis. Wie oben erwähnt, geht der TW in der Regel von einem zweistufigen Prozess aus: Im ersten Schritt wird ein Proposal erstellt und mit der Betreuungsperson besprochen und gegebenenfalls modifiziert. In der Thesis wird dann über die Ausführung des Projekts berichtet.

Die Erstellung eines Proposals wird in einem ersten Schritt durch den sogenannten Proposal Wizard unterstützt (siehe Abb. 7.1). Hier werden die Schrei-



**Abb. 7.1** Proposal Wizard Thesis Writer

benden Schritt für Schritt durch die Etappen des Forschungskreislaufs geführt. In jedem Abschnitt gibt es ein bewusst minimalistisch gehaltenes Textfeld und knappe Instruktionen (in Form eines kurzen Tutorials). Diese Funktionalität gründet auf der Erfahrung, dass Studierende anfangs mit der komplexen konzeptionellen Struktur von Forschungsarbeiten und der dahinterstehenden Forschungslogik nicht vertraut sind und sie dementsprechend auch bei der disziplinergerechten sprachlichen Umsetzung Mühe haben. Der Wizard unterstützt die Aufgabe, die geplante Arbeit konzeptionell zu durchdenken und aufzubauen. Erfahrungsgemäß brauchen Studierende im Proposal Wizard für die Erstellung eines ersten Konzepts etwa eine halbe bis dreiviertel Stunde. Dies variiert je nach Stand der Vorüberlegungen. Die Studierenden müssen darüber informiert werden, dass es hier keinesfalls um die Erstellung eines druckreifen Textes geht, sondern um eine erste grobe Skizze, die in einem nächsten Schritt in Ruhe ausgearbeitet werden kann. Das Ziel liegt darin, in Gang zu kommen, die einzelnen Bereiche des Forschungskreislaufes zu durchdenken und dabei auch die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Elementen in den Blick zu nehmen (mit Fragen wie beispielsweise: Wie hängt die Fragestellung mit der Methode zusammen? Wie sind Stand der



**Abb. 7.2** Proposal Editor Thesis Writer

Forschung und Forschungslücke miteinander verbunden? Inwieweit muss die Diskussion der Ergebnisse mit Fragestellung und Forschungslücke verbunden sein?). Eine Voraussetzung für die sinnvolle Nutzung des Wizard ist ein bereits gut eingegrenztes Thema. Dieser Schritt hin zum Thema wird vom Programm nur insofern unterstützt, als sich eine Reihe von Tutorials darauf beziehen. Die Beurteilung eines Themas in Bezug auf seine Sinnhaftigkeit, Machbarkeit und Relevanz ist Aufgabe der Betreuenden und kann (und soll) von einer Maschine nicht geleistet werden.

Sobald der Wizard beendet wird, öffnet sich der Proposal Editor (Abb. 7.2). Dies ist das Hauptarbeitsfeld des TW. Der im Wizard produzierte Text wird automatisch übernommen. Der Proposal Editor gliedert sich in drei große Bereiche: 1) den mittleren Bereich, in dem der Text erstellt wird, 2) den linken Bereich, in dem die Dokumentstruktur angezeigt wird und geändert werden kann, und 3) den rechten Bereich, in dem die Hilfsfunktionen untergebracht sind. Über diesen Bereichen sind in der Steuerungszeile die Funktionen des Texteditors (Schriftart, Schriftgröße, Formatierungen usw.) platziert. Ganz oben befindet sich eine Menüleiste zur Navigation, in der auch die Textverwaltung integriert ist.

Im Folgenden stellen wir die verschiedenen Hilfsfunktionen dar, die der TW zur Verfügung stellt. Sie sind, neben der vorgegebenen Struktur (Forschungskreislauf), das, was den TW von klassischen Textverarbeitungsprogrammen wie MS Word unterscheidet, zielen eben auf die Anleitung und Erstellung von wissenschaftlichen Qualifikationsarbeiten ab und sollen in diesem Bereich Mehrwert

generieren. Die folgende Darstellung bezieht sich immer noch auf den Proposal Editor. Der Editor für den eigentlichen Bericht (Thesis Editor) weist eine geringfügig andere Funktionalität auf, die später thematisiert wird.

Standardmäßig wird im rechten Bereich ein *Tutorial* angezeigt, und zwar spezifisch pro Bereich des Forschungskreislaufes. Wenn beispielweise etwas im Bereich „Stand der Forschung“ geschrieben wird, ist das entsprechende Tutorial dazu aktiviert. Diese Tutorials sind im Vergleich zu den Tutorials im oben beschriebenen Proposal Wizard etwas ausführlicher. Im Prinzip handelt es sich, zusammen mit den auf der Startseite verfügbaren Tutorials, um ein integriertes Lehrbuch mit dem Ziel, Medienbrüche zu vermeiden und die jeweils passenden Instruktionen zur Verfügung zu stellen.

Im TW ist eine *Kommentarfunktion* integriert, die über das rechte Panel, aber auch per Kontextmenü (rechter Mausklick) erreichbar ist. Die Kommentarfunktion kann auf verschiedene Arten eingesetzt werden: 1) Der Autor/die Autorin kann sie als Annotationswerkzeug nutzen, beispielweise mit einem Hinweis, dass noch Literatur fehlt. 2) Sie ermöglicht Kollaboration, sei es zwischen Autoren/Autorinnen und/ oder zwischen Autor/Autorin und Feedbackgebenden (seien es Betreuende oder Peers). In der Projektverwaltung können Dokumente sehr einfach an andere Personen in der Hochschule freigegeben werden. 3) Man kann die Kommentarfunktion auch als Chat umfunktionieren, da sie mit einer Echtzeittechnologie implementiert wurde.

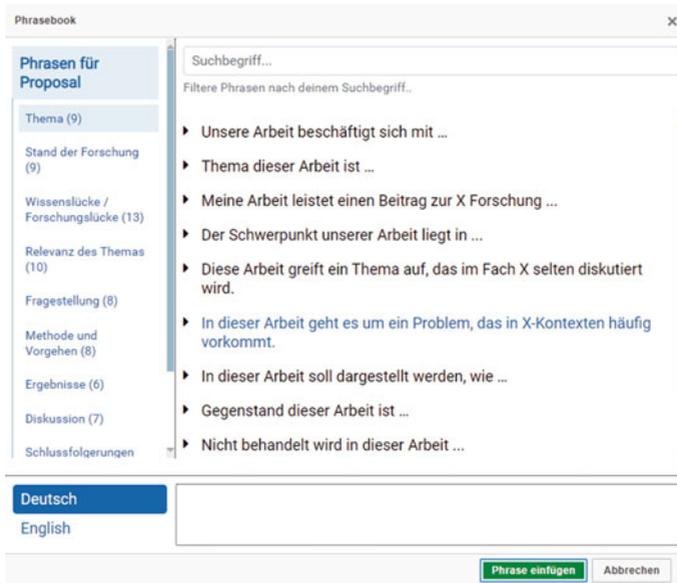
Für die Organisation von Wissen haben wir einen *Zettelkasten* für Notizen integriert. Diese sind für kleinere bis mittlere Textmengen optimiert. Sie können mit Schlagwörtern (Tags) versehen werden, nach denen gefiltert werden kann. Auch Erinnerungen an noch zu erledigende Aufgaben sind möglich: „Am Ende der Arbeit nochmals...“ „Braucht noch mehr Unterfütterung mit Literatur...“. Natürlich kann man auch gelesene Literatur erfassen – samt entsprechender konzeptioneller Vorüberlegungen. Damit unterstützt diese Funktion auch Schreibende, die einer bottom-up Strategie folgen, also Strukturen aus den Details entwickeln. Der Strukturbaum (Dokumentstruktur, linke Seite des Arbeitsbereichs) wendet sich dagegen eher an Nutzende, die erst Strukturen generieren und dann schreiben. Um bei vielen Notizen den Überblick zu behalten, wurde eine Baumnavigation integriert.

Der Umgang mit Literatur inklusive Zitieren und Referenzieren ist eine Kompetenz, die für das Schreiben von Abschlussarbeiten essentiell ist. Der TW richtet sich primär an Bachelorstudierende. Hier stand die Frage im Raum, ob und in welchem Umfang Zitiersoftware integriert werden soll. Dies ist auch eine Ressourcenfrage: Programmierzeit, die hier investiert wird, fehlt an anderer Stelle.

Gleichzeitig existiert hierzu sehr ausgefeilte etablierte Software (teils kommerzieller Natur, teils als Open Source). Vor diesem Hintergrund haben wir eine minimalistische *Literaturverwaltung* integriert – Quellen können einfach erfasst und beim Export nach MS Word als alphabetisch sortierte Liste angehängt werden. Es soll lediglich sichergestellt werden, dass keine Quellen vergessen werden. Eine z. B. APA-konforme Liste lässt sich dann relativ einfach mit anderen Programmen oder Webdiensten realisieren. Mittelfristig ist die Integration von Zotero geplant, das sich per Schnittstelle (API) leicht ansprechen lässt.

Ein Herzstück des TW ist die *sprachliche Unterstützung*. Unter den Herausforderungen der Schreibenden ist das Erlernen einer wissenschaftlichen Sprache anfangs besonders dringlich. Wissenschaftssprache ist hochgradig kodifiziert und konventionalisiert. Bis zur Hälfte des Textes eines wissenschaftlichen Artikels besteht aus immer wiederkehrenden phraseologischen Elementen (Erman & Warren, 2000). Autorinnen und Autoren müssen ihre kommunikativen Absichten rhetorisch realisieren und sich dabei an die erwartbaren Ausdrücke ihrer Disziplin halten. Hier zeigt die Erfahrung, dass Studierende in den kurzen Studiengängen bis zur Bachelorarbeit nicht genug Zeit zum Lesen wissenschaftlicher Literatur haben, um mit den sprachlichen Gewohnheiten ihrer Disziplin vertraut zu werden. Auch an entsprechender Schreibpraxis im Studium fehlt es oft. Dies ist an Fachhochschulen tendenziell wohl ausgeprägter als an Universitäten. Vor diesem Hintergrund wurden zwei korpusbasierte Hilfsmittel im TW integriert: ein sogenanntes Phrasebook und die Möglichkeit, Korpusabfragen durchzuführen. Das Korpus besteht aus gut 20.000 Dokumenten (jeweils Deutsch und Englisch) von frei zugänglichen wissenschaftlichen Texten (v. a. Forschungsartikel und Dissertationen).

Im *Phrasebook* (siehe Abb. 7.3) stehen im Proposal Editor pro Bereich des Forschungskreislaufes zirka zehn typische Phrasen zur Verfügung. Bei der Auswahl wurde darauf geachtet eine gewisse Bandbreite abzudecken (Heterogenität zwischen den Phrasen), um die Chance zu erhöhen, dass Nutzende zu ihrem jeweiligen Darstellungsanliegen die passende Phrase finden können. Gleichzeitig wurde die Anzahl der Phrasen bewusst limitiert, damit die Auswahl nicht zu zeitaufwendig ist. Das Vorbild, die Manchester Academics Phrasebank (<http://www.phrasebank.manchester.ac.uk/>), umfasst zirka 150 Seiten an Phrasen. Studierende der Anfangssemester wären davon wohl eher überwältigt als unterstützt. Die englischsprachigen Phrasen wurden jeweils zu den deutschsprachigen parallelisiert, d. h. ein sinngemäßes Äquivalent wurde gesucht statt einer wörtlichen Übersetzung (Beispiel: „My study addresses the issue of ...“ entspricht „Unsere Arbeit beschäftigt sich mit...“). Dabei werden die möglichen Selbstreferenzen zwischen



**Abb. 7.3** Phrasebook im Proposal Editor

„ich“, „wir“ und den unpersönlichen, deagentivierten und passivierten Darstellungsformen durchpermutiert, damit diese Optionen jeweils sichtbar werden. Die Phrasen lassen sich jederzeit per Rechtsklick im Text aufrufen, auswählen und mit einem Klick einfügen. Nutzende sollen während der Formulierungsarbeit leicht darauf zugreifen können.

Im Thesis Editor stehen nochmals deutlich mehr Phrasen zur Verfügung als im Proposal Editor (ca. 1400 für jede Sprache). Hier werden noch weitere, über den Forschungskreislauf hinausgehende Bereiche abgedeckt wie: Vorspann, Definitionen und Konzepte, theoretischer Hintergrund, Argumentieren, Aufbau der Arbeit, Forschungshypothesen, Schlussfolgerungen und Empfehlungen, Moderation des Textflusses und Leserführung, wobei jeder dieser Bereiche in zirka fünf weitere Untergruppen gegliedert ist. Dort werden standardmäßig ebenfalls zehn, und bei Bedarf weitere Phrasen angezeigt. Der theoretische Hintergrund von Phrasebooks liegt in Swales‘ (1981/, 1995, 2011) genretheoretischem Ansatz, dessen „Move Analysis“ verschiedentlich genutzt wurde, um digitale Unterstützung für Schreibende auf der Ebene von Phrasen zu entwickeln (Cotos, 2018).

Schreibende werden weiterhin bei der Formulierungsarbeit durch drei *Suchfunktionen* unterstützt, mit denen das integrierte Korpus in Echtzeit durchsucht werden kann. Dies ermöglicht etwa eine Suche nach Kollokationen, also nach Wörtern, die häufig benachbart auftreten. Für das Nomen „Bedrohung“ wird zum Beispiel im Korpus „existenziell, Markposition, ernsthaft, empfinden“ gefunden und es werden jeweils die Wortklassen (Nomen, Adjektiv, Verb) angezeigt. Weiterhin kann man nach ähnlichen Wörtern suchen. Es handelt sich dabei nicht um exakte Synonyme, sondern um Wörter, die ähnliche word embeddings im Korpus haben. Schließlich kann man sich durch ein Konkordanz-Tool Beispiele aus dem Korpus aufzeigen lassen. Zum Suchwort „Bedrohung“ beispielsweise wird eine Liste mit einhundert Verwendungsbeispielen verb wie „Eine Bedrohung‘ für die großen Länder der EWU besteht nicht.“ Daraus können sich Nutzende den Gebrauch bestimmter Wörter in ihrer Disziplin erschließen.

## **Begründung für die Gestaltung einer neuen Arbeitsoberfläche für das Schreiben**

In der Entstehung von Textverarbeitungssoftware sind Entscheidungen in Bezug auf die Gestaltung von Schreibsoftware getroffen worden, die meist recht willkürlich und oft einfach davon geprägt waren, möglichst viel von der alten Schreibmaschine und dem Blatt Papier zu erhalten (vgl. Heilmann, 2012). Das Papierformat wurde an das Din-A4-Format angelehnt und mit dem WYSIWIG-Prinzip wurde die Textgestaltung analog zum manuellen Schreiben so konzipiert, dass das, was geschrieben wurde, auf dem Bildschirm so erscheint, wie es dann auch ausgedruckt wird – die analoge Situation zum früheren Schreiben, bei dem der Text immer so bleibt, wie er aufs Papier gesetzt wird. Die Transformation von Schriftzeichen in digitale Codes hingegen würde auch völlig andere Darstellungsmöglichkeiten erlauben. Steuerungselemente wurden von dem Schriftraum ferngehalten, sodass das makellose weiße Papier wie früher die Ausgangslage des Schreibens darstellte. Erst die Entwicklung neuer Betriebssysteme mit Split-Screen-Möglichkeiten und Zoom-Funktion in Zusammenhang mit größeren Bildschirmen änderten dieses Prinzip des Einheitsfensters.

Der TW wählte ein anderes Arrangement für die Arbeitsoberfläche und schaffte damit einen neuen standardisierten, digitalen Raum für das Schreiben, der der Komplexität der Aufgabe besser entsprechen sollte. Der allgemeine Zweck dieser Veränderung liegt darin, dass die Arbeitsoberfläche selbst steuernde Funktion für das Schreiben hat und die Arbeit unterstützen soll, statt sie lediglich zu

ermöglichen. Die Angst vor dem leeren Blatt (Kruse, 1993) soll durch ein strukturiertes Blatt unterlaufen werden, dessen Felder und Fenster schon per se Vorgaben dazu machen, wie der Arbeitsprozess an der Abschlussarbeit zu strukturieren ist.

Der gesamte Bildschirm ist in einen Steuerungsteil (obere Zeile) und einen Arbeitsteil gegliedert (siehe Abb. 7.2). Die Arbeitsfläche ist in drei vertikal angeordnete Panels geteilt. Geschrieben wird in der Mitte. Das linke Panel ist durch den Gliederungsbaum besetzt, während sich auf der rechten Seite die Hilfsfunktionen befinden. Wer trotz dieser fixen Anordnung das integrierte, leere Blatt zurückhaben möchte, kann dies über den Button „ablenkungsfreie Ansicht“ herstellen und dann wie früher frei von Einschränkungen den Text auf dem leeren Bildschirm entwickeln.

Das Textfeld in der Mitte ist durch horizontal angeordnete Felder gekennzeichnet. Jedes dieser Felder hat bereits eine Überschrift. Im Modus des Proposal Writing ist dieses Feld in neun Kästen aufgeteilt und jedes von ihnen mit einer Überschrift versehen. Diese Überschriften entsprechen dem oben dargestellten „Research Cycle“, den wir als Standardstruktur vorgeben. Im Gliederungsbaum auf der linken Seite wird diese Struktur abgebildet und bietet die Möglichkeit, die Gliederungspunkte umzubenennen, zu verschieben oder zu ergänzen. Wird ein Punkt umbenannt, so wird das auch für das entsprechenden Textfeld in der Mitte übernommen. Wird ein neuer Gliederungspunkt oder Unterpunkt gebildet, entsteht im mittleren Panel ein neuer Kasten mit der entsprechenden Beschriftung.

Mit diesem Aufbau ist ein Strukturelement des Genres der Abschlussarbeit in die Schreibsoftware aufgenommen worden und bestimmt, wie die Schreibenden vorgehen (sollen). Es ist dabei ein wichtiges Anliegen, dass diese Struktur veränderbar ist; es wird aber auch signalisiert, dass es Standardstrukturen in wissenschaftlichen Genres gibt, an die sich zu halten lohnend sein kann. Rückmeldungen von Schreibenden gehen dahin, dass sie die Aufteilung der Aufgabe in Teileinheiten hilfreich finden, da sie damit einen Überblick darüber erhalten, was erwartet wird, und sie die Abstimmung, welche Information in welchen Abschnitt gehört, leichter bewältigen können. Eine solche Struktur geht über das hinaus, was üblicherweise in Templates angeboten wird, da sie sehr viel flexibler aufgebaut ist und mehr als nur kurze Instruktionen dazu bietet, was in den entsprechenden Feldern zu sagen ist. Der Aufbau ist eher ein neuer Gestaltungsraum für die Textherstellung, der auf die besonderen Anforderungen an die Lernsituation, wie sie bei Abschlussarbeiten besteht, zugeschnitten ist. Mit der Standardstruktur und ihren optionalen Erweiterungen gekoppelt ist das Phrasebook, sodass rhetorische Hilfe mit minimalem Aufwand generiert werden kann.

Ob dieses Arrangement tatsächlich angenommen wird, ist offen. Es gibt auch Befürworter einer schnörkellosen Arbeitsoberfläche, in der sich die Schreibenden ablenkungsfrei mit ihren eigenen, auf dem Papier nach und nach deponierten Gedanken beschäftigen können. Auch der TW bietet die Option einer solchen „ablenkungsfreie Ansicht“, in der dann allerdings keine Hilfsfunktionen in Anspruch genommen werden können.

---

## 7.4 Effekte

Bei der Entwicklung einer Schreibplattform unter Einsatz neuer Technologie stellt sich die Frage, welche Effekte diese hat. Sind die Resultate besser als wenn konventionelle Textverarbeitungsprogramme verwendet werden? Lernen Studierende das Schreiben schneller? So wünschenswert die Beantwortung solcher Fragen auch ist, es erweist sich schnell, dass Antworten nicht einfach zu finden sind. Das hat im Wesentlichen drei Gründe. Der erste ist Komplexität. Für die Entwicklung einer vielschichtigen Plattform ist die Gesamtwirkung nur schwer zu ermessen, solange die einzelnen Funktionen nicht optimal gestaltet sind. Hier ist eher Forschung angemessen, die die Funktionsweise und Wirkung einzelner Funktionen optimiert. Der zweite Grund liegt darin, dass komplexe Tools auf den Kontext einwirken, in dem sie eingesetzt werden. Es ist schwer, ein Tool wie den TW als Intervention zu testen, wenn sich dabei das Anleitungsverhalten der Lehrenden verändert. Sind Effekte dann auf das Tool oder das veränderte Verhalten der Lehrenden zurückzuführen? Der dritte Grund liegt darin, dass die Nutzen nicht dazu gezwungen werden können, den TW einzusetzen. Digitale Tools dieser Art zu nutzen, bleibt der Entscheidung der Studierenden und der Lehrenden überlassen. Alle Arten von Vergleichen in natürlichen Settings scheiden daher aus.

Ein design-based Forschungsansatz geht deshalb anders vor und untersucht Teilfunktionen und Einstellungen zur Nutzung, um damit Entscheidungen über die Weiterentwicklung treffen zu können. Zwei solcher Studien seien hier angeführt. Die erste konzentrierte sich auf die Sicht der Studierenden (self-reported data) bei der Nutzung des TW zur Erstellung eines Proposals. Die zweite untersucht die Rolle des TW in einer Betreuungssituation bei der Themendefinition von Bachelorarbeiten. Im Rahmen des Projekts wurde der TW an der ZHAW School of Management and Law vor allem in zwei Kontexten eingesetzt. 1) Er wird im ersten Semester im Rahmen des Moduls „Skills“ genutzt, das sich für die Hälfte des Semesters dem wissenschaftlichen Arbeiten und Schreiben widmet. Pro Jahr durchlaufen dieses Modul ca. 800 Studierende. Als Leistungsnachweis ist eine

Disposition in Vierergruppen zu verfassen. Der TW wird den Studierenden vorgestellt, aber es besteht keine Verpflichtung, ihn zu nutzen. Eine Befragung einer Gruppe von Studierenden dieses Kurses wurde genutzt, um einige Urteile über die Usability des Tools zu erhalten. 2) In einer Pilotstudie wurde der Einsatz des TW bei der Betreuung von BA Arbeiten untersucht. Der Fokus lag dabei darauf, wie der TW in die Betreuungssituation eingreift, wenn es um die Aushandlung von Thema und Fragestellung zwischen Betreuungsperson und Studierenden geht. Zu beiden Bereichen wurden Ergebnisse bereits publiziert, daher beschränkt sich der folgende Abschnitt auf eine Zusammenfassung.

## **Pilotstudie 1: Nutzendenurteile**

Rapp und Kauf (2018) sammelten quantitative und qualitative Daten im oben genannten Modul Skills, um den Einsatz, die Nutzbarkeit und den Nutzen des TW innerhalb eines TAM-Rahmens (Technology Adoption Model) besser zu verstehen (für einen Überblick siehe Oliveira & Martins, 2011; Venkatesh et al., 2003; Williams et al., 2015). Im Rahmen eines mixed method explanatory sequential design (Creswell & Plano Clark, 2011; Plano Clark & Ivankova, 2016) wurden in einem ersten Schritt Fragebogendaten erhoben, die acht geschlossene und drei offene Fragen enthielten. In einem zweiten Schritt wurden in zwölf Fokusgruppen qualitative Daten erhoben, um die Ergebnisse des ersten Schritts besser zu verstehen.

Vier Forschungsfragen wurden in der Studie behandelt: (RQ1): "Stellten die verschiedenen Teile des Proposal für die Studierenden Probleme dar? (RQ2): "Haben die Studierenden den Thesis Writer benutzt, und wenn ja, welche Teile davon? Wenn sie den TW nicht benutzt haben, was waren ihre Gründe dafür?" (RQ3): "Zu welchem Grad wurden die vom TW Proposal Editor zur Verfügung gestellten Unterstützungsfunktionen (Tutorial, Sprachführer, Beispiele und sprachliche Unterstützung) als hilfreich eingeschätzt?" und (RQ4): "Wie haben die Studierenden die Benutzerfreundlichkeit des Thesis Writer wahrgenommen?"

Die quantitativen Daten wurden mit MS Excel und dem Statistikprogramm R analysiert. Wo numerische Werte verfügbar waren, wurden Stichprobenmittelwert, Median, Standardabweichung und Größe angegeben. Bei kategorialen Daten wurden absolute Zahlen angegeben. Statistische Signifikanz wurde angenommen, wenn  $p < 0,5$ . Der Kruskal-Wallis-Test diente für Signifikanztests, bei denen mehrere Gruppen verglichen werden mussten, in denen die Daten nicht normal verteilt waren. Wilcoxon-Tests wurden für den Vergleich zwischen Gruppen mit Fehlinflationskorrektur nach Holm, wie in R implementiert, verwendet. Qualitative

Daten wurden induktiv in zwei Kodierungszyklen für aufkommende Themen analysiert (Creswell, 2013; Flick, 2014; Miles et al., 2014). Da das Ziel der Studie die Evaluation des TW war, wurden in erster Linie strukturelle, deskriptive und in-vivo-Kodierungen (Saldaña, 2013) verwendet.

Im Folgenden sind kurz die wichtigsten Ergebnisse der Studie dargestellt, die im Hinblick auf die Wirksamkeit des TW als Tool von Bedeutung sind. In RQ3 bewerteten die Benutzenden auf einer Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 4 (trifft voll und ganz zu), wie unterstützend die vier Hilfsmittel im Proposal Editor waren: Tutorials ( $n = 44$ ,  $M = 3,25$ ,  $SD = 0,44$ ); Phrasebook ( $n = 53$ ,  $M = 3,40$ ,  $SD = 0,66$ ); Beispiele ( $n = 53$ ,  $M = 3,47$ ,  $SD = 0,50$ ); sprachliche Unterstützung ( $n = 23$ ,  $M = 2,96$ ,  $SD = 0,98$ ). Es wurden also alle vier Hilfsmittel als unterstützend bewertet. In Bezug auf die Funktionen zur sprachlichen Unterstützung, die bei den Ergebnissen etwas weniger gut bewertet wurden ist anzumerken, dass sie zum Zeitpunkt der Datenerhebung noch nicht voll funktionsfähig waren.

Bei den qualitativen Daten wurden zwei Aspekte besonders hervorgehoben: Erstens wurde die vom TW bereitgestellte Struktur (der Forschungskreislauf) als am hilfreichsten genannt, da sie die komplexen Aufgaben des Proposalschreibens in überschaubare Blöcke aufteilt, für die dann jeweils Unterstützung bereitgestellt wird. Das Phrasebook wurde ebenfalls als sehr hilfreich eingestuft vor dem Hintergrund, dass die Studierenden über erhebliche Probleme bei der Formulierung von Texten „auf wissenschaftliche Art“ berichteten, die sie vermutlich in der Schule nicht gelernt hatten. Es wurde auch berichtet, dass die Phrasen vor allem dann hilfreich waren, wenn es darum ging mit dem Schreiben „in Gang zu kommen“. RQ4 konzentrierte sich auf die Benutzerfreundlichkeit des TW. Sechs positiv formulierte Fragen, die wiederum auf einer Skala von 1 bis 4 bewertet wurden, untersuchten verschiedene Aspekte der Verwendbarkeit, wie z. B.: „Der Thesis Writer ist leicht verständlich“, „Ich war nie durch das System verwirrt“ und „Das Layout ist klar“. Alle Mittelwerte lagen über 3,0. Zwei Items wurden negativ formuliert (sodass ein niedriger Wert auf der Skala einer hohen Benutzerfreundlichkeit gleichkam), nämlich "Ich brauchte mehr inhaltliche Unterstützung" und "Ich brauchte mehr technische Unterstützung", woraus sich Mittelwerte von 2,29 bzw. 1,88 ergaben. Für eine Gesamtbeurteilung des TW wurden zwei Items verwendet: Eines fragte, ob die Studierenden den TW auch für ihr BA-Studium verwenden würden ( $M = 3,19$ ,  $SD = 0,71$ ), und ob sie den TW weiterempfehlen würden ( $M = 3,28$ ,  $SD = 0,79$ ). Sowohl in den quantitativen als auch in den qualitativen Daten sprechen die Nutzenden dem TW also einen hohen Grad an Benutzerfreundlichkeit und Nützlichkeit zu.

## Pilotstudie 2: Conceptual alignment

Die zweite explorative Studie (Rapp et al., 2020) bezog sich auf die Situation, in der Studierende mit den entsprechenden Betreuenden ihrer Arbeit die ersten Festlegungen zu Inhalten, Zielen und Vorgehen aushandeln. Im Fokus stand die Frage, wie sich beide auf Thema und Forschungsfragen einigen, ein Vorgang, der sich mit Schober (2005) als „conceptual alignment“ definieren lässt. Damit ist der Prozess einer gegenseitigen Annäherung der konzeptuellen Vorstellung gemeint, in der beide Seiten sicherstellen müssen, dass sie einander verstehen. Gefragt war, welche Rolle der TW dabei spielt.

Die BA-Arbeit an der ZHAW School of Management and Law ist auf eine Bearbeitungszeit von 14 Wochen ausgelegt und forschungsbasiert. In einem ersten Schritt werden Thema und potenzielle Forschungsfragen besprochen. Nach zirka vier Wochen geben die Studierenden ein Proposal (Disposition) ab. In der Studie wurden im Jahr 2020 Daten wie folgt erhoben: 1) ein Forscher nahm als Beobachter an drei Kickoff-Meetings zur BA-Arbeit teil (an denen in je ca. eineinhalb Stunden das Proposal besprochen bzw. bearbeitet wird), um das Proposal zu erstellen und zu diskutieren. Die Treffen wurden aufgezeichnet, Field Notes erstellt und nach dem Treffen Fragen an die Studierenden gestellt. Die Daten wurden induktiv kodiert ohne initiales Kodierungsschema (Schreier, 2012). 2) Es wurde eine virtuelle Fokusgruppe mit vier Dozierenden, die BA-Arbeiten betreuen und dabei überwiegend den TW nutzen, durchgeführt (convenience sample). Dazu wurde ein Leitfaden eingesetzt und als initiales Kodierungsschema genutzt (Saldaña, 2016). Die Fokusgruppe wurde aufgezeichnet, die Aufzeichnungen teilweise transkribiert und induktiv auf Themen hin untersucht (Gibbs, 2015; Krueger & Casey, 2015).

Die Nutzung des TW gab der Anleitungssituation eine neue Struktur. Vor der Nutzung des TW waren die Dozierenden meist so verfahren, dass sie das Thema mündlich diskutierten und sich nach der Sitzung ein Protokoll der Studierenden hatten schicken lassen. Dabei kam es oft zu frappierenden Diskrepanzen zwischen dem, was aus Sicht der Dozierenden besprochen worden war und dem, was sich im Protokoll davon wiederfand.

Der TW strukturierte das Treffen insofern anders, als die Studierenden das Programm auf dem Laptop laufen ließen und es auf einen großen Monitor projizierten. Die Interaktion zwischen Studierenden und Dozierenden orientierte sich nicht mehr face-to-face zueinander, sondern richtete sich zum Monitor aus, auf dem beide den vorher geschriebenen Text lesen und gemeinsam weiterentwickeln konnten. In einem der drei Fälle wurde der Text gemeinsam verfasst. Als positiven Effekt nannte eine Betreuungsperson, dass bei der Nutzung des TW eine direkte

Kontrolle möglich sei, ob man sich verstanden habe. Ein Sachverhalt wurde dabei besprochen, und die Betreuungsperson konnte am Monitor mitverfolgen, welche Anpassungen der oder die Studierende dabei vornahm. Dabei wurde unmittelbar sichtbar, ob die schriftliche Umsetzung für beide Seiten dem vorher Besprochenen entsprach.

Die Aushandlung von Thema und Forschungsfragen war das zentrale Element der Besprechungen. Die Anleitenden mussten dabei nicht die Vorgaben für die Struktur des Proposals machen, sondern beide, Anleitende und Studierende, konnten sich an den Vorgaben des TW orientieren und gemeinsam überlegen, ob die gewählte Lösung dem entsprach. Ein Konflikt, der sich in allen drei Anleitungssituationen entfaltete, drehte sich um die Frage, wie weit die Arbeiten forschungs- oder praxisorientiert sein sollten. Der im TW hinterlegte Forschungskreislauf, als erweiterte Variante des IMRaD-Schemas, präferiert klar ein forschungsorientiertes Vorgehen. Die Studierenden waren jedoch alle drei berufstätig und planten Arbeiten im Kontext ihrer jeweiligen Firmen. Ihre Arbeiten waren entsprechend praktisch orientiert. Die Diskrepanzen traten dann vor allem in den Bereichen Forschungsfrage, Forschungsstand und Forschungslücke auf. Der Forschungskreislauf unterstütze die Betreuungsperson dabei, die Arbeit forschungsbasiert anzulegen und über die von Studierenden oft gewünschte rein praktische Lösung eines betriebswirtschaftlichen Problems hinaus zu einer wissenschaftlichen Lösung zu gelangen.

Die Aushandlung des Themas und der Forschungsfrage(n) war auch in der Fokusgruppe ein zentrales Thema. In den meisten Fällen, so berichteten die teilnehmenden Dozierenden, werden die Themen von ihnen selbst vorgegeben, meist liegen sie in ihrem eigenen Arbeits-/ Forschungsschwerpunkt, um Synergien zu erzielen. Dafür waren sie dann auch bereit, mehr Zeit in die Betreuung zu investieren als vorgesehen. Die Rolle, die die Technologie in dem Prozess der Themenaushandlung spielen sollte, wurde unterschiedlich gesehen. Einigkeit herrschte darin, dass in dem ersten Schritt, der der Vorauswahl des Themas gilt, die Technologie keine Rolle spielen sollte, damit ein offener Austausch erfolgen kann. Erst in einem zweiten Schritt schien es ihnen sinnvoll, den TW zu nutzen, um einen Entwurf für das Proposal zu schreiben. Die Unterstützung, die die Hilfsfunktionen im TW dabei leisten, wurde positiv bewertet, entlastet sie doch die Betreuenden von Routinetätigkeiten und der Beantwortung wiederkehrender Fragen. Analog zu den Beobachtungen der Kickoff-Meetings wurde die strukturierende Rolle des Forschungskreislaufes hervorgehoben, die Austausch und Verständigung über den Forschungsprozess ermöglicht und erleichtert. Es

herrschte abschließend Einigkeit darüber, dass elektronische Unterstützung wertvoll ist, aber auch ihre Grenzen hat und Betreuende zwar unterstützen, aber nicht ersetzen kann.

---

## **7.5 Wenn das Tool fertig ist, was kommt dann?**

Eine Schreibplattform wie der TW, die von Studierenden und Lehrenden im Dauerbetrieb genutzt wird, wird niemals einen Stand erreichen, in der sie sämtliche Anforderungen erfüllt. Je komplexer sie ist, desto mehr Elemente gibt es, die sich als revisionsbedürftig erweisen und desto mehr Adaptationen in Bezug auf Veränderungen in Browsern oder Programmiertechnologien werden nötig. Plattformen sind Daueraufgaben nicht nur in Bezug auf kontinuierliche Pflege, sondern auch in Bezug auf neue Erkenntnisse, die sich aus dem Betrieb selbst und dessen Wirkung auf ihre Adressaten ergeben.

Auch das Prüfen der verschiedenen Funktionalitäten sowie Feedback von Usern zwingen zum Handeln. Einige Bestandteile des TW funktionieren nicht wie erwartet, andere sind zu wenig ausgebaut und eine weitere Gruppe von Bestandteilen wird einfach nicht genutzt und scheint überflüssig zu sein. Im Folgenden sind die wichtigsten Punkte aufgeführt, die nach Fertigstellung einer Plattform zu erledigen sind.

## **Verstehen, was das Produkt eigentlich macht**

Neue Technologien schaffen Realitäten, die den Gegenstand verändern, im vorliegenden Fall also die Arbeitsabläufe beim Schreiben, die Interaktion mit Anleitenden und Peers sowie die konzeptuelle Gestaltung und Planung einer Arbeit. Die Konstruktion des TW war anfangs davon motiviert, für eine Reihe von Problemen eine hilfreiche Lösung anzubieten. Der Seamless-Learning-Ansatz hat dabei geholfen, die Rahmenbedingungen für Abschlussarbeiten besser zu verstehen und den Aspekt der Organisationsentwicklung sichtbarer machen.

Der TW ist ein Eingriff in ein traditionelles, etabliertes Arbeitsfeld der Hochschullehre und muss sich in diesem Feld positionieren. Zwar sind die meisten Lehrenden durchaus offen für ein solches digitales Angebot, jedoch gibt es auch Reibungsflächen mit den gegebenen Anleitungsroutinen. Manche Hochschulen reagierten bei der Dissemination des TW mit Ablehnung oder stillem Boykott, wie bei einem Kooperationspartner geschehen.

Wenn man die Arbeitsabläufe beim Schreiben von Abschlussarbeiten verändert und darauf abzielt, dass sie flüssiger, integrierter und lehrreicher werden, wie es das Konzept des Seamless Learning beschreibt, dann verändert man auch die Organisation, in der dies geschieht. Entsprechend sind Maßnahmen der Organisationentwicklung nötig, wenn man ein Tool wie den TW verpflichtend in einem Studiengang integrieren will.

Auch die Binnenprozesse des Schreibens verändern sich. Schreiben und Lernen rücken näher zusammen, indem Tutorials über jeden Schritt des Schreibens verfügbar sind. Sprachlernen wird zum Thema, indem neue, integrierte Hilfen über Wortgebrauch, Idiomatik, Fachterminologie etc. angeboten werden und indem Abfragetools zwei große Korpora nach sprachlichen Mustern zu durchsuchen erlauben. Kooperation wird einfacher durch gemeinsame Verfügbarkeit von Texten und effektive Kommunikationsmöglichkeiten über das Vorgehen beim Schreiben oder die Weiterentwicklung des entstehenden Textes.

Begleitforschung zu einem Programm wie dem TW sollte dem entsprechend nicht einfach auf Effizienz ausgerichtet sein, sondern vor allem danach fragen, was sich ändert und was die Nutzenden tatsächlich mit dem Tool machen. Dazu gehört auch, welche Funktionen sie nicht in Anspruch nehmen, wie lange sie das Tool nutzen und warum sie entscheiden, wieder zu ihrem vertrauten Textverarbeitungsprogramm zurückzukehren.

## **Verpflichtungen einer Lernplattform**

Abschlussarbeiten sind Prüfungsleistungen und werden unter hohem Zeitdruck verfasst. Eine Plattform, auf der Studierende ihre Arbeiten verfassen, muss Funktionsfähigkeit gewährleisten und größere Störungen, vor allem Datenverlust, weitestgehend ausschließen. Dies erfordert ein Sicherheitskonzept, das die Speicherung aller Eingaben im Sekundentakt nötig macht und auch bei Netzausfall noch wirksam ist. Es gibt dennoch problematische Situationen, wenn z. B. ein Nutzer den Laptop einfach zuklappt oder im Zug die Mobilfunkverbindung abreißt. Eine mögliche Lösung liegt darin, so oft wie möglich Daten an den Server zu schicken. Das kann aber schnell zu ebenso unerwünschten Performanceproblemen führen. Auch der Abriss der Datenverbindung ist ein Problem, bei dem man abwägen muss. Unterbindet man die Dateneingabe (kein Arbeiten im Tunnel) oder schreibt man die Daten in einen Zwischenspeicher und riskiert Datenverlust, wenn genau in dem Augenblick die Verbindung abreißt? Allerdings reden wir hier von wenigen Zeichen, die verloren gehen könnten.

Einen großen Teil der Datensicherung haben wir gar nicht selbst in der Hand. Zu Beginn des Projekts lagen die Daten wirklich auf einem physischen Server im Erdgeschoss unserer Fakultät. Inzwischen liegen sie auf einem virtuellen Server des Rechenzentrums, der redundant gesichert ist. Hier darf und muss man sich auf die Kollegen verlassen (es wird jedoch weiterhin täglich eine zusätzliche Sicherungskopie erstellt).

Eine weitere große Herausforderung sind die Änderungen in Technologien. Der TW läuft im Webbrowser. In Bezug auf Häufigkeit der Nutzung wurde der Internet Explorer beispielweise über die Jahre rasant von Google Chrome überholt, später von Microsoft Edge abgelöst. Neben der Microsoft-Welt muss man auch die bei Studierenden beliebten Macs bzw. deren Browser unterstützen. Man hat also eine knappe Hand voll von Browsern, die man beobachten muss, um ggf. Anpassungen vorzunehmen. Glücklicherweise reduziert sich das inzwischen auf zwei "Engines" (Kernimplementierungen): Webkit und Quantum (Firefox). Denn auch Apples Safari und Microsoft Edge basieren inzwischen auf Webkit.

Programmiersprachen ändern sich ebenfalls. Der TW ist noch in PHP programmiert. Inzwischen gibt es wesentlich geeignetere Lösungen. Für ein kleines Programmiererteam ist es aber herausfordernd, mit den enormen Entwicklungen im Bereich Webtechnologien Schritt zu halten. Auch ist es schwierig, Geld für eine Neuimplementierung mit neuen Technologien einzuwerben, da dies oft nicht als Notwendigkeit erachtet wird (aber oft nötig ist, um zukunftsfähig zu bleiben). Ein anderes Risiko ist der Ausfall (aus welchen Gründen auch immer) des/der Hauptprogrammierenden. Eine Verteilung von Arbeit und Verantwortung auf mehrere Schultern wäre hier wichtig, um Risiken zu minimieren, ist aber ebenfalls kostenintensiv. Eine gute Dokumentation wäre von Vorteil, um Kontinuität zu schaffen, aber solange es keine Probleme gibt, scheint sie nur aufwändig und wenig Nutzen stiftend zu sein.

Bei den genannten Herausforderungen stellt sich schnell die Frage, wer eigentlich für solch ein Tool zuständig ist und die längerfristige Wartung und ggf. Weiterentwicklung sicherstellt. Hier betreten Hochschulteams schnell ungewohnten Boden. Nicht leichter macht es der Umstand, dass solche Tools oft aus einem Projekt entstehen (sei es eine interne Finanzierung oder Drittmittel), sich entwickeln und dann mit dem Projektende auf dem Trockenen sitzen. Im Falle des TW liegt zudem eine Kooperation zwischen verschiedenen Fakultäten vor, was Verpflichtungen schafft, aber nicht von allen gleichermaßen mitgetragen wird, da sie andere Formen von Abschlussarbeiten schreiben lassen.

## Rechtliche und ethische Aspekte

Neben der funktionalen Seite hat digitale Technologie auch eine rechtliche Dimension. Die Europäische Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) sieht für die Betreiber von Plattformen eine Reihe von strengen Auflagen vor. Zur europäischen Verordnung kommen landesspezifische Umsetzungsverordnungen, die teils verschärfend, teils aufweichend wirken. Deutschland und Österreich fahren dabei recht unterschiedliche Strategien, von denen die deutsche zu Vorgaben führten, die für viele praktisch unerfüllbar waren. Die österreichische Umsetzung kostete Zeit (bei der Dissemination des TW an einer Hochschule in Wien), aber die Aufgabe konnte gemeistert werden. An einer deutschen Hochschule musste die Dissemination aufgegeben werden – zumindest in der Einführungsphase des neuen europäischen Gesetzes waren die datenschutzrechtlichen Probleme nicht lösbar.

Auch hier besteht das Problem, dass man sich auf ein Terrain einlassen muss, das man als Didaktiker oder Techniker nicht kennt. Glücklicherweise besitzt die ZHAW – im Gegensatz zu vielen kleineren Hochschulen – einen ausgebauten Rechtsdienst, der beansprucht werden konnte und der seit kurzem zusätzlich Spezialisten für Datenschutzrecht hinzuziehen kann. Die Abklärungen waren spannend, aber zogen sich ungefähr ein Jahr hin. Ein großes Problem stellt dabei die Neuartigkeit der DSGVO dar. Es fehlte und fehlt an umfassender und aufgearbeiteter Rechtsprechung. Die Landesdatenschutzbeauftragten in Deutschland waren oft überlastet und geben zudem keine rechtsverbindliche Auskunft, sodass das Risiko immer beim Anbieter bleibt. Bei mehreren telefonischen Anfragen kam es teilweise zu unterschiedlichen Einschätzungen.

Ein verwandtes Thema an der Schnittstelle von Recht und Ethik ist der Umgang mit den anfallenden Daten. In der Lehre halten vermehrt computergestützte Tools Einzug und die COVID-19 Pandemie wird dies wohl noch weiter befeuern. Viele der Tools arbeiten webbasiert (Software as a Service). Die Daten fallen also serverseitig an und sind damit prinzipiell zugänglich. Damit stellt sich schnell die Frage, wer auf welche Daten Zugriff bekommen soll, wozu und auf welcher Grundlage sie ausgewertet werden können. Auch hier ergeben sich schnell Zielkonflikte. Für den TW wurde beschlossen, dass die Nutzenden die Hoheit über ihre Daten haben sollen, nicht die Hochschule oder die Anleitenden. Daher entscheiden die Nutzenden selbst, wem sie Zugriff auf ihre Texte geben. Dies ist auch entsprechend in den Nutzungsbedingungen festgelegt. Dozierende haben nur dann Zugriff auf die Texte, wenn die Studierenden sie freigeben. Auch die Verwendung der Daten zu Forschungszwecken ist genau geregelt.

## Literatur

- Allen, L. K., Jacovina, M. E., & McNamara, D. S. (2016). Computer-based writing instruction. In C. A. MacArthur, S. Graham, & J. Fitzgerald (Hrsg.), *Handbook of writing research* (S. 316–329). Guildford.
- Berman, J., & Smyth, R. (2015). Conceptual frameworks in the doctoral research process: A pedagogical model. *Innovations in Education and Teaching International*, 52(2), 125–136. <https://doi.org/10.1080/14703297.2013.809011>
- Burnstein, J., Elliot, N., Klebanov, B. B., Madnani, N., Schwartz, M., Houghton, P., & Molloy, H. (2018). Writing Mentor™: Writing progress using self-regulated writing support. *Journal of Writing Analytics*, 2, 285–313.
- Cotos, E. (2014). *Genre-based automated writing evaluation for L2 research writing: From design to evaluation and enhancement*. Palgrave MacMillan.
- Cotos, E. (2015). Automated writing analysis for writing pedagogy: From healthy tension to tangible prospects. *Writing and Pedagogy*, 7(2–3), 197–231. <https://doi.org/10.1558/wap.v7i2-3.26381>
- Cotos, E. (2018). Move analysis. In C. A. Chapelle (Hrsg.), *The encyclopedia of applied linguistics* (S. 1–8). Wiley.
- Cotos, E., Huffman, S., & Link, S. (2020). Understanding graduate writers' interaction with and impact of the research writing tutor during revision. *Journal of Writing Research*, 12(1), 187–232. <https://doi.org/10.17239/jowr-2020.12.01.07>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2011). *Designing and conducting mixed methods research* (2. Aufl.). Sage.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). Thousand Oaks: Sage.
- D'Hertefeldt, M., & De Wachter, L. (2018). Academic writing assistant – Effective and process-oriented writing support. *JoSch – Journal der Schreibberatung*, 15, 23–32.
- Dilger, B., Gommers, L., & Rapp, C. (2019). The learning problems behind the seams in seamless learning. In C.-K. Looi, L.-H. Wong, C. Glahn, & S. Cai (Hrsg.), *Seamless learning: Perspectives, challenges and opportunities* (S. 29–52). Springer.
- Dysthe, O., Samara, A., & Westrheim, K. (2006). Multivoiced supervision of master's students: A case study of alternative supervision practices in higher education. *Studies in Higher Education*, 31(3), 299–318. <https://doi.org/10.1080/03075070600680562>
- Erman, B., & Warren, B. (2000). The idiom principle and the open choice principle. *Text*, 20(1), 29–62. <https://doi.org/10.1515/text.1.2000.20.1.29>
- Euler, D. (2014). Design-research – A paradigm under development. In D. Euler & P. F. E. Sloane (Hrsg.), *Design-based Research* (S. 15–41). Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik/Beiheft. Steiner. ISBN-10: 9783515108386.
- Flick, U. (2014). *The SAGE handbook of qualitative data analysis*. Los Angeles: SAGE.
- Gibbs, G. R. (2015). *Analyzing qualitative data*. Sage.
- Greetham, B. (2009). *How to write your undergraduate dissertation*. Palgrave Macmillan.
- Heilmann, T. A. (2012). *Textverarbeitung: Eine Mediengeschichte des Computers als Schreibmaschine*. Bielefeld: transcript.
- IEFT. (2012). *The WebSocket protocol*. <https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-hybi-thewebsoc-ketprotocol-17>

- IEFT. (2015). *JSON Web Token (JWT)*. <https://tools.ietf.org/html/rfc7519>.
- Kamler, B., & Thomson, P. (2006). *Helping doctoral students write: Pedagogies for supervision*. Taylor & Francis.
- Knight, S., Shibani, A., Abel, S., Gibson, A., Ryan, P., Sutton, N., Wight, R., Lucas, C., Sándor, Á., Kitto, K., Liu, M., Vijay Mogarkar, R., & BuckinghamShum, S. (2020). Acawriter: A learning analytics tool for formative feedback on academic writing. *Journal of Writing Research, 12*(1), 141–186. <https://doi.org/10.17239/jowr-2020.12.01.06>
- Krueger, R. A., & Casey, A. (2015). *Focus groups: A practical guide for applied research*. Sage.
- Kruse, O. (2016). Wissenschaftliches Schreiben forschungsorientiert unterrichten. In A. Hirsch-Weber & S. Scherer (Hrsg.), *Wissenschaftliches Schreiben in Natur- und Technikwissenschaften. Neue Herausforderungen der Schreibforschung* (S. 29–54). Springer Spektrum.
- Kruse, O. (1993). *Keine Angst vor dem leeren Blatt. Ohne Schreibblockaden durchs Studium*. Campus.
- Kruse, O., & Rapp, C. (2018). Digitale Anleitung von Abschlussarbeiten mit Thesis Writer [Digital support of theses with Thesis Writer]. *JoSch – Journal der Schreibberatung, 9*, 51–64. <https://doi.org/10.3278/JOS1801W051>
- Kruse, O., & Rapp, C. (2019). Seamless writing: How the digitisation of writing transforms thinking, communication, and student learning. In C.-K. Looi, L.-H. Wong, C. Glahn, & S. Cai (Hrsg.), *Seamless learning: Perspectives, challenges and opportunities* (S. 191–208). Springer.
- Kruse, O., & Rapp, C. (2020). Digitale Schreibtechnologie: Entwicklungen, Anforderungen und Kompetenzen. In B. Huemer, U. Doleschal, R. Wiederkehr, M. Brinkschulte, S. E. Dengscherz, K. Girsensohn, & C. Mertlitsch (Hrsg.), *Schreibwissenschaft – eine neue Disziplin. Diskursübergreifende Perspektiven* (Bd. 2, S. 227–241). Böhlau.
- Kruse, O., & Rapp, C. (2021). Digital Writing Spaces – eine Verortung digitaler Schreibtechnologie in räumlichen und geographischen Metaphern [Digital Writing Spaces – A localisation of digital writing technology in spatial and geographical metaphors]. In F. Freise, M. Jacoby, L. Musumeci, & M. Schubert (Eds.), *Writing Spaces – Wissenschaftliches Schreiben zwischen und in den Disziplinen* [Writing Spaces – Academic Writing in and between the disciplines]. wbv Media.
- Kultusministerkonferenz. (2010). *Ländergemeinsame Strukturvorgaben für die Akkreditierung von Bachelor- und Masterstudiengängen* (vom 10.10.2003 i.d.F. vom 04.02.2010). [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2003/2003\\_10\\_10-Laendergemeinsame-Strukturvorgaben.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2003/2003_10_10-Laendergemeinsame-Strukturvorgaben.pdf).
- Maxwell, T. W., & Smyth, R. (2011). Higher degree research supervision: From practice toward theory. *Higher Education Research & Development, 30*(2), 219–231. <https://doi.org/10.1080/07294360.2010.509762>
- McNamara, D. S., Graesser, A. C., McCarthy, P. M., & Cai, Z. (2014). *Automated evaluation of text and discourse with coh-matrix. A writing strategy tutoring system called the writing Pal*. Cambridge University.
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis : A methods sourcebook* (3rd. ed.). Thousand Oaks, California: Sage Publications.

- Oliveira, T., & Martins, M. F. (2011). Literature review of information technology adoption models at firm level. *The Electronic Journal of Information Systems Evaluation*, 14(1), 110–121.
- Olson, J. S., Wang, D., Olson, G. M., & Zhang, J. (2017). How people write together now: Beginning the investigation with advanced undergraduates in a project course. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 24(1), 1–40. <https://doi.org/10.1145/3038919>
- Ong, W. J. (1992). Writing is an activity that restructures thought. In P. A. Downing, S. D. Lima, & M. Noonan (Eds.), *The linguistics of literacy*. John Benjamins. <https://doi.org/10.1075/tsl.21>
- Paltridge, B., & Starfield, S. (2019). *Thesis and dissertation writing in a second language: A handbook for students and their supervisors* (2. Aufl.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315170022>
- Paltridge, B. (2002). Thesis and dissertation writing: An examination of published advice and actual practice. *English for Specific Purposes*, 21(2), 125–143.
- Pérez-Llantada, C. (2014). Formulaic language in L1 and L2 expert academic writing: Convergent and divergent usage. *Journal of English for Academic Purposes*, 14, 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.jeap.2014.01.002>
- Plano Clark, V. L., & Ivankova, N. V. (2016). *Mixed methods research: A guide to the field* (Bd. 3: SAGE mixed methods research series). Sage.
- Rahn, H.-J. (2017). *Tipps für eine erfolgreiche Bachelorarbeit*. Engelsdorfer Verlag.
- Rapp, C., & Kauf, P. (2018). Scaling academic writing instruction: Evaluation of a scaffolding tool (Thesis Writer). *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 28(4), 590–615.
- Rapp, C., & Kruse, O. (2020). Thesis Writer 2.0 – A system supporting academic writing, its instruction, and supervision. In C. Müller Werder & J. Erlemann (Hrsg.), *Seamless learning – lebenslanges, durchgängiges Lernen ermöglichen* (S. 180–189). Waxmann.
- Rapp, C., & Schlatter, U. (2020). The impact of writing technology on conceptual alignment in BA thesis supervision. In C. Müller Werder & J. Erlemann (Hrsg.), *Seamless learning – lebenslanges, durchgängiges Lernen ermöglichen* (S. 235–241). Waxmann.
- Rapp, C., & Ott, J. (2017). Learning analytics in academic writing instruction—opportunities provided by Thesis Writer (TW). *GI-Edition*, 391.
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung (Innovation without Research? A plea for more design-based research in the study of teaching and learning). *Unterrichtswissenschaft, Zeitschrift für Lernforschung*, 33(1), 52–69.
- Reinmann, G. (2017). Design-based research. In D. Schemme & H. Novak (Hrsg.), *Gestaltungsorientierte Forschung – Basis für soziale Innovationen. Erprobte Ansätze im Zusammenwirken von Wissenschaft und Praxis* (Design based research – basis for social innovations. Tested approaches from the cooperation of research and practice) (S. 49–61). Bertelsmann. <https://doi.org/10.3278/111-087w>.
- Roberts, L. D., & Seaman, K. (2018). Good undergraduate dissertation supervision: Perspectives of supervisors and dissertation coordinators. *International Journal for Academic Development*, 23(1), 28–40. <https://doi.org/10.1080/1360144X.2017.1412971>

- Roscoe, R., Allen, L. K., Weston, J. L., Scott, A., Crossley, S. A., & McNamara, D. (2014). The writing pal intelligent tutoring system: Usability testing and development. *Computers and Composition*, 34, 39–59. <https://doi.org/10.1016/j.compcom.2014.09.002>
- Saldaña, J. (2013). *The coding manual for qualitative researchers* (2. Aufl.). Sage.
- Saldaña, J. (2016). *The coding manual for qualitative researchers* (3rd ed.). London: SAGE Publications.
- Samac, K., Prenner, M., & Schwetz, H. (2009). *Die Bachelorarbeit an Universität und Fachhochschule* [The Bachelor's thesis at university and college]. Facultas.wuv.
- Schober, M. F. (2005). Conceptual Alignment in Conversation. In B. F. Malle & S. D. Hodges (Eds.), *Other minds: How humans bridge the divide between self and others* (S. 239–252). Guilford.
- Schreier, M. (2012). *Qualitative content analysis in practice*. Sage.
- Strobl, C., Ailhaud, E., Benetos, K., Devitt, A., Kruse, O., Proske, A., & Rapp, C. (2019). Digital support for academic writing: A review of technologies and pedagogies. *Computers & Education*, 131, 33–48.
- Swales, J. (1995). *Genre analysis. English in academic and research settings*. Cambridge University Press. ISBN: 978-0521338134.
- Swales, J. (2000). *Genre analysis. English in academic and research settings*. Cambridge University Press. ISBN: 978-0521338134.
- Swales, J. M. (2011). *Aspects of article Introductions*. University of Michigan [Original work published 1981].
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
- Williams, M. D., Rana, N. P., & Dwivedi, Y. K. (2015). The unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT): A literature review. *Journal of Enterprise Information Management*, 28(3), 443–488.
- Wong, L.-H. (2015). A brief history of mobile seamless learning. In L.-H. Wong, M. Milrad, & M. Specht (Hrsg.), *Seamless learning in the age of mobile connectivity* (S. 3–39). Springer.
- Wray, A., & Perkins, M. R. (2000). The functions of formulaic language: An integrated model. *Language & Communication*, 20(1), 1–28. [https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/S0271-5309\(99\)00015-4](https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/S0271-5309(99)00015-4).

**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.

