

Interdisziplinäre Konzeptentwicklung interaktiver digitaler Lehr-Lernmedien durch Fachdidaktik und Design**Daniel Laumann*, Matthias Ries⁺, Reinhard Schulz-Schaeffer⁺ & Stefan Heusler****Institut für Didaktik der Physik
Westfälische Wilhelms-Universität
Wilhelm-Klemm-Str. 10
48149 Münsterdaniel.laumann@uni-muenster.de
stefan.heusler@uni-muenster.de⁺Informative Illustration
Hochschule für angewandte Wissenschaften
Finkenau 35
22081 Hamburgmatthias.ries@haw-hamburg.de
reinhard.schulz-schaeffer@haw-hamburg.de**Kurzfassung**

Das Projekt *Real:Digital – die Integration zweier Welten* (nf. *Real:Digital*) widmet sich der physikalischen Lehre im Spannungsfeld realer und digitaler Repräsentationen. Um die Glaubwürdigkeit realer Experimente und das Potential interaktiver digitaler Lehr-Lernmedien gewinnbringend integrativ zu nutzen, ist die Berücksichtigung unterschiedlicher Expertisen in der Konzeption entsprechender Lehr-Lernmaterialien notwendig. Bezüglich der Entwicklung interaktiver digitaler Lehr-Lernmedien wurden zahlreiche Gestaltungsmerkmale in empirischen Untersuchungen eingehend analysiert. Die Betrachtung verfügbarer interaktiver digitaler Lehr-Lernmaterialien lässt darauf schließen, dass die an der Entwicklung beteiligten Disziplinen Fachdidaktik (und Schule) sowie Design spezifische Gestaltungsmerkmale in unterschiedlicher Form und in variierendem Maß berücksichtigen.

In diesem Sinne wurden in einem Workshop mit Teilnehmenden der Disziplinen Fachdidaktik und Design sowie Lehrkräften Konzepte für ein interaktives digitales Lehr-Lernmedium zu einem exemplarischen Realexperiment (Wirbelstrombremse) entwickelt. Der Workshop ermöglichte einen Austausch der beteiligten Disziplinen und wurde durch eine Studie zu disziplintypischen Gestaltungsmerkmalen und dem Einfluss interdisziplinärer Arbeit auf Entscheidungen im Konzeptentwicklungsprozess begleitet. Die Befunde weisen auf Unterschiede zwischen den Gruppen insbesondere im Bereich narrativer Elemente und hinsichtlich des Ausmaßes an Interaktivität bei den interaktiven digitalen Lehr-Lernmedien hin.

1. Einleitung

Die Nutzung digitaler Lehr-Lernmedien als Element der Wissensvermittlung in den Naturwissenschaften ist aktuell bereits sowohl in Schulen als auch an Hochschulen weit verbreitet [1]. Aufgrund des stetig wachsenden Einflusses moderner Technologien auf die Lehre und den damit einhergehenden Erwartungen hinsichtlich einer umfassenden Digitalisierung des Bildungsbereichs, erscheint die Auseinandersetzung mit digitalen Lehr-Lernmedien von großer Bedeutung. Die Forderung nach einem verstärkten Einsatz digitaler Medien ergibt sich auf unterschiedlichen Ebenen u.a. dadurch, dass sowohl für das Individuum (Kompetenzentwicklung, Motivation etc.) als auch mit Blick auf die Unterrichtsqualität (kooperatives Lernen, Strukturierung von Lernprozessen etc.) und insbesondere für die Schule als Institution (infrastrukturelle Bedingungen, Weiterbildung von Lehrkräften etc.) positive Effekte erwartet werden [2].

Dabei ist jedoch stets kritisch zu berücksichtigen, dass in der empirischen Bildungsforschung und den

fachdidaktischen Disziplinen weitestgehend Einigkeit darüber herrscht, dass eine Reduktion auf das Darbietungsmedium spezifischer Inhalte die angestrebte Kompetenzentwicklung von Lernenden nicht bzw. nur in geringem Maße beeinflusst wird. Forschung im Kontext der Wirkung digitaler Medien sollte somit stärker auf die Nutzung durch Lernende sowie die jeweilige Gestaltung von Inhalten unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten des Darbietungsmediums bezogen werden [3], [4]. Die Gestaltung von Inhalten unter Nutzung des Potentials digitaler Medien im Rahmen gegebener Gestaltungsprinzipien ermöglicht eine Vermittlung in aktiven und multimodalen Lernprozessen. Hinsichtlich dieser weisen kognitionspsychologische Befunde auf einen Mehrwert digitaler Lehr-Lernmedien bei entsprechender Konzeption hin, siehe Abschnitt 2.

Das Projekt *Real:Digital* befasst sich im Kontext der Gestaltung digitaler Lehr-Lernmedien mit dem Potential einer integrativen Nutzung innovativer Repräsentationen, insbesondere in Form interaktiver

digitaler Lehr-Lernmedien, sowie realer Repräsentationen, d.h. für die Lehre in der Physik klassischer Medien, wie Experimenten oder (Natur-)Phänomenen [5]. Der Zielsetzung des Design-Based Research folgend [6], [7], sollen im Rahmen des Projekts sowohl „nach außen kommunizierbare Theorien“ entwickelt werden, die „für die Praxis brauchbar sind“ als auch die „wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Lernen und Lehren erhöht“ werden [8, S. 62]. Aus diesem Grund lassen sich die Projektinhalte von *Real:Digital* in drei zentrale Handlungsfelder unterteilen.

In einem ersten Handlungsfeld beschäftigt sich die Arbeit des Projekts mit einer naturwissenschaftsspezifischen Erweiterung der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (nf. *CTML*). Ausgehend von der *CTML* werden Gestaltungsprinzipien für den gemeinsamen Einsatz von Sprache und Visualisierungen als Repräsentationsformen abgeleitet. Die Erweiterung dieser Theorie, berücksichtigt mit Experimenten und Naturphänomenen, d.h. klassischen naturwissenschaftsspezifischen Medien, zusätzliche Repräsentationen, die ergänzende Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozesse von Informationen erfordern [5]. Ausgehend von der erweiterten *CTML* gilt es zudem weiterführende Gestaltungsprinzipien unter Berücksichtigung der genannten Repräsentationsformen zu entwickeln und empirisch zu beforschen.

Ein zweites Handlungsfeld bezieht sich auf Entwicklungsforschung zur integrativen Nutzung realer und digitaler Repräsentationen. Dieses Handlungsfeld strebt die Genese und Beforschung der erforderlichen Gestaltungsprinzipien, siehe erstes Handlungsfeld, im Kontext interdisziplinärer Konzeptentwicklung interaktiver digitaler Lehr-Lernmedien durch Fachdidaktik und Design, aber auch im Kontext der Entwicklung realer Repräsentationen zu existierenden interaktiven digitalen Lehr-Lernmedien an. Dabei werden die exemplarische Entwicklung und empirische Untersuchung der Wirkung von Best-Practice-Beispielen zu eben dieser integrativen Nutzung mit einbezogen [9], [10].

Das dritte Handlungsfeld sieht zudem die Integration von Lehrelementen zu realen und digitalen Repräsentationen in die Lehramtsausbildung vor. Diesbezüglich erfolgte die erfolgreiche Erprobung und Implementation eines Seminarkonzeptes im Rahmen des *Kollegs Didaktik:digital* der *Joachim Herz Stiftung* im Bereich der fachdidaktischen Module des Lehramtsstudiums an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster [11].

Der vorliegende Beitrag lässt sich durch den starken Bezug zur Entwicklung und Untersuchung von Gestaltungsprinzipien als Perspektive und Zielsetzung an der Grenze des ersten und zweiten Handlungsfeldes des Projekts *Real:Digital* verorten.

2. Theoretische Grundlage

Von zentraler Bedeutung für die integrative Nutzung realer und digitaler Repräsentationen scheint eine entsprechende Konzeption und Gestaltung der jeweiligen Medien grundlegend. Dieser Beitrag befasst sich dabei insbesondere mit Gestaltungsprinzipien auf Seiten der digitalen Repräsentationen, während spezifische Forschungsbefunde zur Gestaltung realer Experimentiersituationen für Lernende und damit verbundene Instruktionen etc. nicht vertieft werden sollen.

Hinsichtlich digitaler Lehr-Lernmedien sollte angestrebt werden, deren Konzeption und Realisierung unter Berücksichtigung der jeweiligen Zielsetzung des Einsatzes bestmöglich und unter Berücksichtigung aktueller Forschungsbefunde zur Gestaltung digitaler Lehr-Lernmedien, aber auch Lehr-Lernmedien generell, auszuführen.

Mit Bezug zur bereits genannten *CTML* befassen sich zahlreiche Forschungsarbeiten mit der Vermittlung von Informationen durch die Korrelation von Text und Bild. Besonders grundlegend sind die im Rahmen der Entwicklung der *CTML* abgeleiteten zwölf Gestaltungsprinzipien [12]. Besonders häufig werden dabei das Modality Principle (Modalitätsprinzip) sowie das Multimedia Principle (Multimediaprinzip) mit Bezug zur *Dual Coding Theory* [13] sowie zur *Cognitive Load Theory* [14] rezipiert und angewendet. Aktuelle Untersuchungen zum Modalitätsprinzip, für das bei der Verknüpfung von Bildern und gesprochenen gegenüber geschriebenen Texten beim Lernen ursprünglich eine positive Wirkung auf die Lernwirksamkeit festgestellt wurde, stellen die Allgemeingültigkeit des Modalitätsprinzips jedoch in Frage und diskutieren die grundsätzliche Sinnhaftigkeit einer universellen Empfehlung zur Berücksichtigung von gesprochenem statt geschriebenem Text in multimedialen Lernumgebungen [15], [16]. Im Rahmen dieser Untersuchungen ergibt sich Kritik am Modalitätsprinzip dadurch, dass die ursprünglichen Befunde zu diesem Gestaltungsprinzip insbesondere nicht hinsichtlich der Effektstärke der Befunde reproduziert werden können.

Andere Untersuchungen zur Gestaltung multimedialer Lehr-Lernumgebungen befassen sich mit dem Einfluss spezifischer Textcharakteristika auf die Verarbeitung multimedialer Materials. Die Untersuchungen deuten an, dass der Inhalt eines Textes die Effektivität multimedialer Darbietungen beeinflussen kann. Es zeigt sich u.a., dass durch die Beschreibung von räumlichen Konfigurationen in Texten Konflikte im Bereich der Text- und Bildverarbeitung des Arbeitsgedächtnisses ausgelöst werden können. Diese Konflikte werden bei der Beschreibung von visuellen und gestalterischen Merkmalen durch Text nicht ausgelöst, sodass räumliche gegenüber visuellen Textinformationen unter Umständen schlechtere Lernleistungen verursachen [17].

Ein weiteres Untersuchungsfeld stellen Erhebungen zum Einfluss des Realitätsgrades der Visualisierung im Kontext digitaler Lehr-Lernmedien dar. Obwohl Untersuchungen diesbezüglich durchaus ambivalente Befunde erbringen [18], [19], ergibt sich insgesamt eher der Eindruck, dass realistische Darstellungen möglicherweise hilfreiche Kontextinformationen vermitteln, die die Lernwirksamkeit hinsichtlich spezifischer Inhalte potentiell positiv beeinflussen und Nachteile realistischer Darstellungen im Bereich einer zusätzlichen extrinsischen kognitiven Belastung somit ausgeglichen werden könnten. Kritisch anzumerken ist an dieser Stelle jedoch, dass die genannten Untersuchungen nicht zwischen dokumentierenden und interpretierenden Bildern unterscheiden. Da sich insbesondere die Illustration mit der Interpretation von Realität im Sinne eines Modells befasst, wäre es wünschenswert die in der Studie untersuchten Abbildungen genauer zu klassifizieren. Zudem beeinflusst der Realitätsgrad eines interaktiven digitalen Lehr-Lernmediums auch über die Visualisierung hinaus zusätzlich durch Merkmale der Usability etc. die nicht unbedeutende Beurteilung der Glaubwürdigkeit eines interaktiven digitalen Lehr-Lernmediums, sodass auch dieser Aspekt bei der Gestaltung zu berücksichtigen ist [20].

Das nächste Gestaltungselement interaktiver digitaler Lehr-Lernmedien bezieht sich auf die Dynamik von Visualisierungen. Dabei existieren zur Untersuchung der Effektivität dynamischer und statischer Visualisierungen vielfältige Erhebungen. Eine Meta-Analyse weist dynamischen gegenüber statischen Repräsentationen eine positive Beeinflussung der Lernwirksamkeit unter Berücksichtigung bestimmter Umstände nach. So zeigten sich u.a. Vorteile bei der Vermittlung von prozeduralem Wissen und weniger im Bereich deklarativen Wissens oder des Aufbaus von Problemlösekompetenzen [21]. Aktuelle Untersuchungen kritisieren jedoch die Vereinheitlichung statischer Repräsentationen und unterscheiden hier zusätzlich zwischen statisch-simultanen und statisch-sequentiellen Darstellungen, wodurch sich differenziertere Befunde ergeben [19].

Ausgehend von der Annahme eines interaktiven digitalen Lehr-Lernmediums stellt der Grad der Interaktivität bzw. die Usability eine wichtige Dimension dar [22], [23]. In Bezug zum Projekt *Real:Digital* gilt es, die spezifische Lehr-Lernsituation und die Interaktionsmöglichkeiten in der realen (experimentellen) Repräsentationsform mit zu berücksichtigen.

Betrachtet man die gegenwärtige theoretische Grundlage, so zeigt sich, dass zahlreiche Gestaltungsprinzipien bereits (vergleichsweise isoliert) hinsichtlich ihrer spezifischen Wirkung durch empirische Untersuchungen genauer analysiert wurden. Weiterhin lässt sich durch die dargestellte Auswahl an Untersuchungen erkennen, dass bei der Konzeption und Realisierung interaktiver digitaler Lehr-Lernmedien hinsichtlich einer Vielzahl von Gestaltungsmerkmalen Entscheidungen zu treffen sind.

3. Aktuelle Forschungs- und Entwicklungskonzepte

Neben diesen vorwiegend kognitionspsychologischen und nur in Ansätzen fachdidaktischen Befunden, ergeben sich weitere zu berücksichtigende Aspekte bei der Gestaltung interaktiver digitaler Lehr-Lernmedien im Bereich der Physik durch die Analyse aktuell verfügbarer interaktiver digitaler Elemente. Es zeigt sich, dass die Qualität der fachdidaktischen und visuellen Konzepte sowie die wahrgenommene Usability und das Potential zur unterrichtlichen Nutzung erheblich variieren [24], [25], [26], [27].

Auch wenn die oben genannten Medien bzw. Plattformen nur einen Ausschnitt des breiten Spektrums verfügbarer digitaler Produkte darstellen, ist bereits hier zu erkennen, dass die in Abschnitt 2 genannten Gestaltungsprinzipien in sehr unterschiedlichem Ausmaß berücksichtigt bzw. verschiedenartig interpretiert werden. Für die angegebenen Medien ist weiterhin einzubeziehen, dass die für die Entwicklung verantwortlichen und an der Realisierung beteiligten Personen unterschiedlichen Disziplinen entstammen. So gehen je nach Medium stärker Konzepte, Erfahrungen und Wissen der Fachdidaktik, des Designs oder auch praktische Implikationen der Schule ein.

Setzt man die tatsächlich berücksichtigten Gestaltungsmerkmale mit Blick auf Abschnitt 2 sowie deren Interpretation und den Entwicklungshintergrund der interaktiven digitalen Lehr-Lernmedien, gegeben durch die Expertise bzw. den Hintergrund der beteiligten Personen, zueinander in Beziehung, deutet sich an, dass verschiedenartige Disziplinen bestimmte Merkmale bei der Entwicklung der genannten Medien stärker oder weniger stark berücksichtigen bzw. in Teilen möglicherweise sogar vernachlässigen.

4. Untersuchungsziel und Forschungsfragen

Ausgehend von der dargestellten theoretischen Grundlage in Form einer Vielzahl empirischer Untersuchungen einzelner Gestaltungsmerkmale multimedialer Lehr-Lernmaterialien und der deskriptiven und exemplarischen Analyse aktuell verfügbarer Entwicklungskonzepte, ergeben sich unterschiedliche mögliche Zielsetzungen für Forschungsarbeiten in diesem Feld.

Der vorliegende Beitrag strebt die Untersuchung zweier Forschungsfragen mit Bezug zu Gestaltungsmerkmalen interaktiver digitaler Lehr-Lernmedien an. In einem interdisziplinären Konzeptentwicklungsprozess für ein interaktives digitales Lehr-Lernmedium zu einem gegebenen physikalischen Kontext bzw. Experiment soll erhoben werden, welche Gestaltungsmerkmale bei unterschiedlichen Disziplinen Berücksichtigung finden.

Auf diese Art und Weise lässt sich feststellen, welche der gemäß Abschnitt 2 aus Forschungsperspektive relevanten Gestaltungsmerkmale von unterschiedlichen Gruppen genutzt werden und welche (bewusst oder

unbewusst) keine Berücksichtigung finden (Forschungsfrage 1). Die Beantwortung dieser Forschungsfrage verfolgt das Ziel potentiell notwendige Implikationen für die Ausbildung von handelnden Personen unterschiedlicher Disziplinen abzuleiten, um so möglicherweise bislang unbekannte oder vernachlässigte Erkenntnisse zum Einsatz von Gestaltungsmerkmalen in Ausbildungsprozesse integrieren zu können.

Weiterhin wird angestrebt die aus der Theorie und bestehenden Untersuchungen bekannten Charakteristika der Gestaltung mit eben solchen Gestaltungsmerkmalen abzugleichen, die bei der praktischen Konzeptentwicklungsarbeit Berücksichtigung finden (Forschungsfrage 2). Dieser Abgleich soll Anlässe für weiterführende empirische Untersuchungen im Sinne der in Abschnitt 2 beschriebenen Studien liefern und dabei Gestaltungsmerkmale adressieren, die bislang noch nicht bzw. noch nicht im Kontext interaktiver digitaler Lehr-Lernmedien untersucht wurden.

5. Studiendesign

Der für die Untersuchung notwendige interdisziplinäre Konzeptentwicklungsprozess wurde im Rahmen eines zweitägigen Workshops im November 2017 in Münster durchgeführt und erfolgte gemäß des in Abb. 1 dargestellten Verlaufsplans, der nachfolgend erläutert werden soll.

Die Realisierung des interdisziplinären Charakters erfolgte durch die Teilnahme von Expertinnen und Experten aus den Disziplinen Design mit Schwerpunkt Illustration ($N = 9$) sowie Fachdidaktik ($N = 8$). Der Schwerpunkt Illustration bezieht sich auf Personen innerhalb des Designs, die stark bildorientiert arbeiten und im Gegensatz zu anderen Gruppen (Modedesign, Industriedesign) ein etabliertes Verständnis von visueller Kommunikation aufweisen. Innerhalb der Gruppe der Fachdidaktik besaß mehr als die Hälfte der teilnehmenden Personen mehrjährige schulpraktische Erfahrung. Damit wurde angestrebt alle in der Praxis an der Entwicklung interaktiver digitaler Lehr-Lernmaterialien beteiligten Personengruppen und Disziplinen einzubinden.

Der Einstieg in den Workshop erfolgte über eine gemeinsame Plenumsphase mit Aufgabenstellung und einem Briefing zur Grundlagen der Fachinhalte und Fachdidaktik sowie designbezogenen Aspekten jeweils mit Bezug zur Aufgabenstellung. Die Aufgabenstellung für alle teilnehmenden Personen lautete:

„Entwickeln Sie ein Konzept für ein interaktives digitales Lehr-Lernmedium zur Erklärung der Wirbelstrombremse im Kontext des Realexperimentes für die Oberstufe.“

Das Briefing umfasste auf Seiten der Fachdidaktik die Beschreibung von Anwendungen der Wirbelstrombremse und die Demonstration des Phänomens der Wirbelstrombremse in Form eines Realexperimentes mit eingehender Beschreibung und Erklärung unter

Zuhilfenahme einer physikalischen Modellierung und Nennung grundlegender fachlicher Hintergrundinformationen (Eigenschaften magnetisches Feld, Erzeugung magnetischer Felder, Magnetische Wirkung des elektrischen Stroms, Lorentzkraft etc.). Der fachliche Inhalt des Workshops sowie die grundlegenden fachlichen Informationen zur Wirbelstrombremse und die modellbezogene Erklärung des Phänomens wurden den Teilnehmerinnen und Teilnehmern erstmalig am Vorabend des Workshops zugänglich gemacht.

Auf Seiten des Designs beinhaltete das Briefing insbesondere Informationen zur Form der Ausarbeitung der Konzeptentwicklung. Diese sollte als Storyboard bestehend aus prägnanten Einzelbildern (Panels) oder einem Netz-Diagramm (Wireframe) erfolgen und darüber hinaus eine Stilprobe als exemplarische Visualisierung einer Kernfunktion des zu entwickelnden Mediums, die ästhetisch und funktional überzeugend ausgearbeitet ist, umfassen. Die Erläuterungen zur Form der Ausarbeitung umfassten implizit jedoch auch methodische Anleitungselemente, die in Ansätzen Informationen über typische Vorgehensweisen vermittelten.

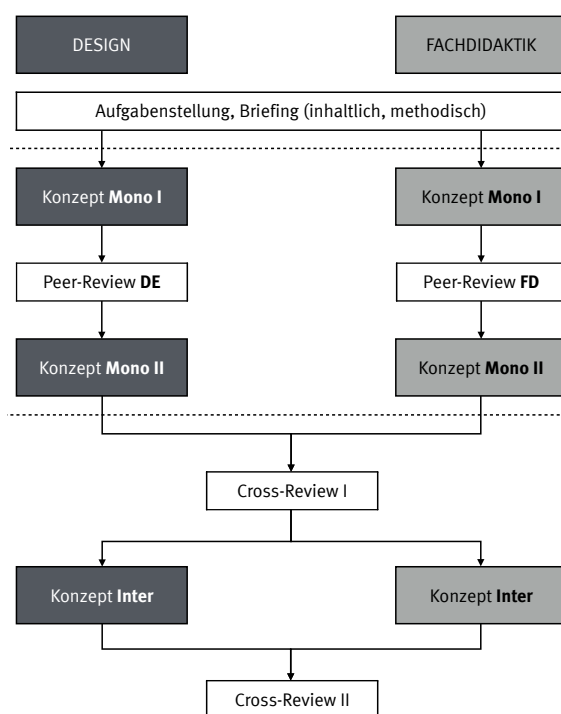


Abb.1: Verlaufsplan zur interdisziplinären Konzeptentwicklung eines interaktiven digitalen Lehr-Lernmediums.

Die nachfolgende Konzeptentwicklung selbst erfolgte in zwei übergeordneten Arbeitsphasen, die sich hinsichtlich des Grades an Interdisziplinarität als monodisziplinäre (nf. *Mono*) und interdisziplinäre (nf. *Inter*) Phase charakterisieren lassen, siehe Abb. 1.

In Arbeitsphase *Mono* erfolgte eine Aufteilung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer hinsichtlich ihrer Disziplin. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer entwickelten einen ersten Konzeptentwurf (*Mono I*), der im Rahmen eines Peer-Reviews nach einer

gegebenen Arbeitszeit den Personen der jeweils eigenen Disziplin präsentiert und mit diesen diskutiert wurde. Die Präsentation umfasste eine Darstellung der Funktionsweise, Bedienelemente, fachlichen Inhalte und visuellen Merkmale sowie eine Erläuterung der jeweils zugrundeliegenden Entscheidungen. Im Anschluss hatten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer Gelegenheit den Konzeptentwurf weiterzuentwickeln und dabei das Feedback der Peer-Review-Phase zu berücksichtigen (*Mono II*). Auf diese Art und Weise sollte eine Reflexion über disziplintypische Handlungsweise und Entscheidungen erfolgen.

Den Einstieg in die Arbeitsphase *Inter* bildete ein erstes Cross-Review, d.h. die Präsentation und Erläuterung der bis dahin existierenden Konzepte disziplinübergreifend mit allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Workshops. Die eigentliche und praktische interdisziplinäre Arbeitsphase (*Inter*) kennzeichnete sich dadurch, dass für die Konzeptentwicklung in unterschiedlicher Form auf die Expertise und Ansätze der jeweils anderen Disziplin zurückgegriffen werden konnte und sollte. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer erhielten die Möglichkeit im Rahmen der Arbeitsphase *Inter*, die Beteiligten der jeweils anderen Gruppe um vertieftes individuelles Feedback zu bitten, dieser Gruppe disziplinbezogene Fragen zu stellen oder direkt Teile der im Rahmen des ersten Cross-Reviews präsentierten Konzepte zu übernehmen und in das eigene Konzept einzuarbeiten. Den Abschluss von Arbeitsphase *Inter* stellte dann ein zweites und finales Cross-Review dar, innerhalb dessen die finalen Konzepte und (in Ansätzen) Stilproben präsentiert und erläutert wurden. Ergänzend sollte an dieser Stelle erwähnt werden, dass als Abschluss des ersten Tages, d.h. nach *Mono II*, von Experten aus den Disziplinen noch ein kurzer Input mit Informationen zu disziplintypischen Arbeitsweisen erfolgte, der ebenfalls als Grundlage für die interdisziplinäre Arbeit genutzt werden konnte.

Neben dem in Abschnitt 4 beschriebenen Ziel des Workshops und der begleitenden Studie bezogen auf eine forschungsbasierte Genese von Erkenntnissen zu disziplintypischen Merkmalen im Entwicklungsprozess interaktiver digitaler Lehr-Lernmaterialien, sollte durch die Gestaltung des Workshops auch ein Austausch über Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Handeln, in Zielen und in der Vorgehensweise der unterschiedlichen Disziplinen bei der Entwicklung von Lehr-Lernmedien ermöglicht werden.

Die Datenerhebung im Rahmen des Workshops erfolgte durch die Sicherung der jeweiligen Entwicklungskonzepte am Ende der Phasen *Mono I*, *Mono II* und *Inter* in Form der Stilproben mitsamt Videoaufzeichnungen und Transkripten der Review-Phasen. Die Analyse der berücksichtigten Gestaltungsmerkmale wurde dann durch eine induktive Genese auf Grundlage der Transkripte sowie eine deduktive Genese, die im Rahmen einer Expertendiskussion durch die Durchführenden des Workshops durchgeführt wurde, realisiert.

Fachliche Gestaltung	
<i>FG1</i>	Vermittlung in geringer/hocher fachlicher Komplexität
<i>FG2</i>	Teilchenbild für Elektronen/Ladungsbild für Elektronenfluss
<i>FG3</i>	Darstellung der Phänomenebene/Modell-ebene
<i>FG4</i>	Fokus Realexperiment/Ergänzung um Anwendung bzw. Analogie
<i>FG5</i>	Starke Idealisierung im Sinne der Lernenden/Geringe Idealisierung im Sinne der Fachlichkeit
<i>FG6</i>	Überblicksverständnis/Detailsverständnis
Visuelle Gestaltung	
<i>VG1</i>	Entwicklung innovativer/Nutzung klassischer bildsprachlicher Elemente
<i>VG2</i>	Visuelle Vermittlung (durch Bilder)/Verbale Vermittlung (durch Worte)
<i>VG3</i>	Zeitaktuelle Darstellung/Zeitlose Darstellung
Didaktische Gestaltung	
<i>DG1</i>	Erzählerische Einbettung/Sachliche Deskription zu vermittelnder Inhalte
<i>DG2</i>	Spektakulär/Sachlich
<i>DG3</i>	Personifizierung/Objektivierung von Elementen
<i>DG4</i>	Humorvoll/Ernst
Bedienbarkeit	
<i>BE1</i>	Vorgegebene/Frei wählbare Perspektive
<i>BE2</i>	Starke Reduktion/Umfassendes Angebot experimenteller Variationsmöglichkeiten
<i>BE3</i>	Lineare Abfolge/Flexible Auswahl von Inhalten bzw. Fragestellungen
<i>BE4</i>	Prüfung vorgegebener/eigener Hypothesen
<i>BE5</i>	Passives Konsumieren/Aktives Erarbeiten

Tab.1: Induktiv und deduktiv abgeleitete Gestaltungsmerkmale im Rahmen des Workshops zur Konzeptentwicklung eines interaktiven digitalen Lehr-Lernmediums.

6. Ergebnisse und Diskussion

Die nachfolgende Beschreibung der Ergebnisse bezieht sich jeweils auf eine Analyse der Konzeptentwürfe der Phasen *Mono II*, stellvertretend für die übergeordnete Arbeitsphase *Mono*, und *Inter*. Insgesamt ließen sich achtzehn Gestaltungsmerkmale in Form von Gegensatzpaaren identifizieren, die sich den Klassen fachliche Gestaltung, visuelle Gestaltung, didaktische Gestaltung sowie Bedienbarkeit zuordnen lassen, siehe Tab. 1.

Nach der Genese dieser Gegensatzpaare erfolgte für jede teilnehmende Person eine Inhaltsanalyse der angefertigten Konzeptentwürfe. Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich auf ausgewählte Merkmale hinsichtlich derer sich interessante Unterschiede zwischen den Gruppen oder ein Einfluss durch die interdisziplinäre Arbeit feststellen lassen, genauer auf die Merkmale *FG4*, *DGI*, *BE2* und *BE5*.

6.1. Merkmal *FG4*: Fokus Realexperiment/ Ergänzung um Anwendung bzw. Analogie

Ein erster interessanter Befund zeigt sich für Merkmal *FG4* und ist in Tab. 2 dargestellt. Vergleich man die entwickelten Konzeptentwürfe der beiden Disziplinen offenbart sich, dass die Gruppe Design sowohl nach der Arbeitsphase *Mono* als auch nach der Arbeitsphase *Inter* etwa zur Hälfte ausschließlich einen Bezug zum gegebenen Realexperiment berücksichtigt oder dieses gemeinsam mit möglichen Anwendungen einbezieht. Der Bezug zum Realexperiment wurde in der Aufgabenstellung gefordert. In der Gruppe Fachdidaktik finden Anwendungsbezüge nach der Arbeitsphase *Inter* verglichen mit der Arbeitsphase *Mono* doppelt so häufig in den Konzepten Berücksichtigung. Als mögliche Interpretation für die Steigerung der Anwendungsbezüge in der Gruppe Fachdidaktik könnte diese entweder auf die längere Zeit der Konzeptentwicklung oder aber auf die Form der berücksichtigten Anwendungsbezüge der Gruppe Design zurückgeführt werden.

	<i>Mono DE</i>	<i>Inter DE</i>	<i>Mono FD</i>	<i>Inter FD</i>
Fokus Realexperiment	55.6	44.4	62.5	25.0
Ergänzung Anwendung	44.4	55.6	37.5	75.0

Tab.2: Prozentualer Anteil der Ausprägung des Merkmals *FG4* in Konzeptentwürfen beider Gruppen (Design DE, Fachdidaktik FD) nach den Arbeitsphasen *Mono* und *Inter*.

6.2. Merkmal *DGI*: Erzählerische Einbettung/ Sachliche Deskription

Ein anderer bemerkenswerter Befund lässt sich im Bereich der didaktischen Gestaltung bei Merkmal *DGI* verorten, siehe Tab. 3. Betrachtet man die beiden beteiligten Gruppen ergeben sich hinsichtlich dieses Merkmals Unterschiede in der Frage einer erzählerischen Einbettung gegenüber einer sachlichen Deskription der zu vermittelnden Inhalte. In der Gruppe Design wird nach der Arbeitsphase *Mono* insgesamt in etwa der Hälfte der Entwürfe eine erzählerische Einbettung, die in den meisten Fällen als Ergänzung zur sachlichen Deskription erfolgt, vorgesehen. Nach Arbeitsphase *Mono* findet sich jedoch nur ein einziger Entwurf in der Gruppe Fachdidaktik, der ebenfalls eine erzählerische Einbettung beinhaltet. Alle anderen Konzepte weisen eine rein sachliche Deskription auf. Dies kehrt sich durch die Arbeitsphase *Inter* um, da unter den finalen Konzeptentwürfen nur

ein einziger in der Gruppe Fachdidaktik auf eine entsprechende erzählerische Einbettung verzichtet.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Austausch über die Konzepte und die interdisziplinäre Arbeitsphase in der Gruppe Fachdidaktik ein Bewusstsein für die Sinnhaftigkeit einer erzählerischen Einbettung erzeugt haben und die Teilnehmerinnen und Teilnehmer darüber hinaus zur Veränderung der bereits existierenden Konzepte bewegt wurden.

Mit Bezug zu Merkmal *DGI* finden sich auch weiterführende qualitative Belege. So begründen Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der Gruppe Design die erzählerische Einbettung dadurch, dass so „emotionale Relevanz für das Thema“ aufgebaut wird und sie beurteilen ein spezifisches Konzept in einer Aussage wie folgt: „Super fand ich die Idee [...] mit dem personalisierten Magnet und den Elektronen.“

	<i>Mono DE</i>	<i>Inter DE</i>	<i>Mono FD</i>	<i>Inter FD</i>
Erzählerische Einbettung	22.2	22.2	12.5	12.5
Sachliche Deskription	44.4	22.2	87.5	12.5
Beides	33.3	55.6	0.0	75.0

Tab.3: Prozentualer Anteil der Ausprägung des Merkmals *DGI* in Konzeptentwürfen beider Gruppen (Design DE, Fachdidaktik FD) nach den Arbeitsphasen *Mono* und *Inter*.

Die letztgenannte Äußerung bezieht sich auf die in Abb. 2 dargestellte Stilprobe, die ein Konzept verfolgt, dass die Erklärung über personenbezogene Eigenschaften des Magneten und der Elektronen führt. Die Entscheidung das eigene Konzept zu überarbeiten und Elemente der Gruppe Design zu übernehmen drückt sich durch eine exemplarische Äußerung der Gruppe Fachdidaktik wie folgt aus: „Was ich bei den den anderen schön fand, aber da liegt nicht meiner Stärke, wäre ein narrativer Ansatz. Das habe ich selbst nicht gut hinbekommen, aber ich halte es für eine tolle Idee so eine Rahmenstory einzubauen.“

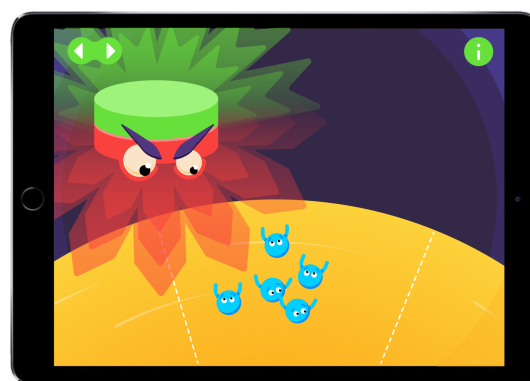


Abb.2: Stilprobe exemplarischer Entwurf Gruppe Design mit personalisiertem Magnet und Elektronen.

6.3. Merkmale *BE2* bzw. *BE5*: Starke Reduktion/Umfassendes Angebot experimenteller Variationen bzw. Passives Konsumieren/Aktives Erarbeiten

Ein dritter interessanter Befund bezieht sich auf die Merkmale *BE2* und *BE5*, siehe Tab. 4 und 5, und ist der Bedienbarkeit der Konzepte zuzuordnen.

	<i>Mono DE</i>	<i>Inter DE</i>	<i>Mono FD</i>	<i>Inter FD</i>
Starke Reduktion Variationen	11.1	0.0	62.5	50.0
Umfassendes Angebot Variationen	77.8	88.9	37.5	37.5
Beides	11.1	11.1	0.0	12.5

Tab.4: Prozentualer Anteil der Ausprägung des Merkmals *BE2* in Konzeptentwürfen beider Gruppen (Design DE, Fachdidaktik FD) nach den Arbeitsphasen *Mono* und *Inter*.

Betrachtet man die Auswertung hinsichtlich *BE2*, siehe Tab. 4, zeigt sich sowohl für die Arbeitsphase *Mono* als auch für die Arbeitsphase *Inter* ein Unterschied bezogen auf den Umfang des Angebotes so genannter experimenteller Variationsmöglichkeiten zwischen den Gruppen. Es ist festzustellen, dass die Gruppe Fachdidaktik in den Konzepten dabei restriktiver mit der Anzahl angebotener Variationsmöglichkeiten umgeht. Dieser Eindruck wird durch die Befunde zu *BE5* gestärkt, siehe Tab. 5. Diese deuten an, dass aktives Erarbeiten durch die Nutzerin oder den Nutzer in der Gruppe Design fast in allen Konzepten vorausgesetzt wird. In der Gruppe Fachdidaktik existiert dieser Aspekt ebenfalls, aber wird in stärkerem Umfang durch Elemente begleitet, die ein passives Konsumieren erfordern.

	<i>Mono DE</i>	<i>Inter DE</i>	<i>Mono FD</i>	<i>Inter FD</i>
Passives Konsumieren	11.1	0.0	37.5	12.5
Aktives Erarbeiten	88.9	88.9	62.5	25.0
Beides	0.0	11.1	0.0	62.5

Tab.5: Prozentualer Anteil der Ausprägung des Merkmals *BE5* in Konzeptentwürfen beider Gruppen (Design DE, Fachdidaktik FD) nach den Arbeitsphasen *Mono* und *Inter*.

Eine tiefergehende Analyse deutet daraufhin, dass der stärkere Bezug zur Implementation der Konzepte im schulischen Unterricht sowie tiefergehende fachliche Erklärungen den höheren Anteil von Elementen mit geringerer Interaktivität in der Gruppe der Fachdidaktik begründen könnten. Ebenfalls lässt sich ein Einfluss durch den Vergleich von realem und virtuellem Experimentieren vermuten, der vor allem in der Gruppe Fachdidaktik bekannt sein und diese bei Entscheidungen hinsichtlich der Interaktivität beeinflusst

haben könnte. Ein weiterer Erklärungsansatz bezieht sich auf die bei den entwickelnden Personen zugrundeliegenden Vorstellungen der (Lehr-)Lernsituation. Während die schulische Lehrpraxis aufgrund einer gewissen Linearität hinsichtlich der Erfüllung von Lernzielen bzw. Teil-Lernzielen eine Reduktion der Interaktivität erforderlich oder wünschenswert macht, erscheint aus Perspektive der Gruppe Design u.a. die Nutzung als Computerspiel möglich, die jedoch keine Begrenzung an Interaktivität aufgrund fehlender zeitlicher Vorgaben erfordert.

7. Fazit und Ausblick

Betrachtet man den durchgeführten Workshop und die im Rahmen dessen durchgeführte Studie vor dem Hintergrund der gegebenen Fragestellungen ist eine differenzierte Beurteilung notwendig.

Mit Blick auf die Teilnehmerinnen und Teilnehmer deuten die Rückmeldungen darauf hin, dass die gemeinsame Arbeit an Konzepten zu interaktiven digitalen Lehr-Lernmedien und der Austausch unterschiedlicher Disziplin als fruchtbar und anregend wahrgenommen wurde. Es konnten spannende Konversationen zwischen den Disziplinen aber auch innerhalb dieser beobachtet werden.

Hinsichtlich der Studie ist der Workshop als hilfreiche Pilotierungsphase zur Durchführung einer ausführlicheren Studie anzusehen. Die Daten der Pilotierung ermöglichen jedoch neben der Überarbeitung des Studiendesigns bzw. des Workshops auch durchaus eine weiterführende Arbeit auf Grundlage der erhobenen Daten, da diese umfangreiche Informationen zu Konzepten eines interaktiven digitalen Lehr-Lernmediums mit Erläuterungen von N= 9 bzw. N= 8 Expertinnen und Experten der Disziplinen Design und Fachdidaktik Physik beinhalten.

Bei einer wiederholten Durchführung der Studie wäre beispielsweise eine ausführlichere interdisziplinäre Arbeitsphase oder eine transdisziplinäre Arbeitsweise als Prinzip integrativer (Entwicklungs-)Forschung wünschenswert. Alternativ könnte für einen validen Vergleich angestrebt werden, in einer dritten Gruppe von Beginn an interdisziplinär in Kleingruppen an Konzepten zu arbeiten. Im durchgeführten Workshop musste aufgrund der engen Zeitplanung letztlich in vielen Fällen auf die in der Aufgabenstellung geforderten Stilproben verzichtet werden. Hier wäre bei einer erneuten Durchführung mehr Zeit für die einzelnen Arbeitsphasen wünschenswert, sodass für die Konzepte sowohl Storyboards als auch Stilproben zur Beurteilung herangezogen werden könnten.

Hinsichtlich der Durchführung weiterführender empirischer Untersuchungen deuten die Ergebnisse darauf hin, dass insbesondere für das Element der erzählerischen Einbettung, das Bezüge zum im Bereich der Fachdidaktik bekannten Ansatz des Storytellings aufweist [28], und bezüglich Usability und

Interaktionsmöglichkeiten, insbesondere in Bezug zum Realexperiment, genauere Analysen wünschenswert wären.

8. Anmerkungen

Die Durchführung des Workshops und der begleitenden Studie zur interdisziplinären Konzeptentwicklung interaktiver digitaler Lehr-Lernmedien durch Fachdidaktik und Design erfolgt in Kooperation mit der *Deutsche Telekom Stiftung* im Rahmen der Förderung des Projekts *Real:Digital – Die Integration zweier Welten*.



Abb.3: Logo des Projekts *Real:Digital – Die Integration zweier Welten*.

9. Literatur

- [1] Hanekamp, G. (2014): *Zahlen und Fakten: Al-lensbach-Studie 2013 der Deutsche Telekom Stiftung*. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.): *Digitalen Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 21-28). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- [2] Herzig, B. (2014). *Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht?* Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- [3] Jonassen, D. H., Campbell, J. P. & Davidson, M. E. (1994): *Learning with media: Restructuring the debate*. In: *Educational Technology Research and Development* 42, 2, 31-39.
- [4] Kerres, M. (2003): *Wirkungen und Wirksamkeit neuer Medien in der Bildung*. In R. Keil-Slawik & M. Kerres (Hrsg.): *Wirkungen und Wirksamkeit neuer Medien in der Bildung* (S. 31-44). Münster: Waxmann.
- [5] Laumann, D. (2017): *Integrativer Einsatz realer und interaktiver digitaler Repräsentationen in der Physik*. In: *PhyDid B – Beiträge zur Frühjahrstagung*, Dresden.
- [6] Design-Based Research Collection (2003): *Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry*. In: *Educational Researcher* 32, 1, 5-8.
- [7] Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004): *Design Research: Theoretical and Methodological Issues*. In: *The Journal of the Learning Sciences* 13, 1, 15-42.
- [8] Reinmann, G. (2005): *Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung*. In: *Unterrichtswissenschaft* 33, 1, 52-69.
- [9] Laumann, D. (2018): *Integrativer Einsatz realer und interaktiver digitaler Repräsentationen in der Physik*. In M. Schuhen & M. Froitzheim (Hrsg.): *Das Elektronische Schulbuch 2017*. Fachdidaktische Anforderungen und Ideen treffen auf Lösungsvorschläge der Informatik (S. 41-54). Münster: LIT Verlag.
- [10] Laumann, D. & Wichtrup, P. (2018): *Es schwingt und klingt – Interaktive Webanwendung zur Akustik*. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.): *Naturwissenschaften digital: Toolbox für den Unterricht* (S. 52-55). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- [11] Vogelsang, C., Laumann, D., Thyssen, C. & Finger, A. (2018): *Der Einsatz digitaler Medien im Unterricht als Teil der Lehrerbildung – Analysen aus der Evaluation der Lehrinitiative Kolleg Didaktik: digital*. In C. Maurer (Hrsg.): *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017. Universität Regensburg.
- [12] Mayer, R. E. (2009): *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [13] Paivio, A. (1986): *Mental Representations – A Dual Coding Approach*. New York, NY: Oxford University Press.
- [14] Sweller, J. (2005): *Implications of cognitive load theory for multimedia learning*. In R. E. Mayer (ed.): *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 19-30). New York, NY: Cambridge University Press.
- [15] Lindow, S., Fuchs, H. M., Fürstenberg, A., Kleber, J., Schweppe, J. & Rummer, R. (2011): *On the Robustness of the Modality Effect: Attempting to Replicate a Basic Finding*. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 25, 4, 231-243.
- [16] Schüler, A., Scheiter, K. & Gerjets, P. (2011): *Does the Modality Effect in Multimedia Learning Appear only with Text Containing Spatial Information?* In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 25, 4, 245-256.
- [17] Schüler, A., Scheiter, K. & Gerjets, P. (2012): *Verbal descriptions of spatial information can interfere with picture processing*. In: *Psychology Press* 20, 7, 682-699.
- [18] Scheiter, K., Gerjets, P., Huk, T., Imhof, B. & Kammerer, Y. (2009): *The effects of realism in learning with dynamic visualizations*. In: *Learning and Instruction* 19, 6, 481-494.
- [19] Imhof, B., Scheiter, K. & Gerjets, P. (2011): *Learning about locomotion patterns from visualizations: Effects of presentation format and realism*. In: *Computers & Education* 57, 3, 1961-1970.
- [20] Couture, M. (2004): *Realism in the design process and credibility of a simulation-based virtual laboratory*. In: *Journal of Computer Assisted Learning* 20, 1, 40-49.
- [21] Höffler, N. T. & Leutner, D. (2007): *Instructional Animation Versus Static Pictures: A*

- Meta-Analysis*. In: Learning and Instruction 17, 6, 722-738.
- [22] Karapanos, M., Becker, C. & Christophel, E. (2018): *Die Bedeutung der Usability für das Lernen mit digitalen Medien*. In: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 36-57.
- [23] Smetana, L. K. & Bell, R. K. (2012): *Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature*. In: International Journal of Science Education 34, 9, 1337-1370.
- [24] Interaktive Simulationen der Stiftung CK-12: <https://www.ck12.org/> (Stand: 5/2018).
- [25] Interaktive Simulationen der University of Colorado at Boulder (PhET): <https://phet.colorado.edu/de/simulations/> (Stand 5/2018).
- [26] Interaktive Simulationen des Physiklehrers Matthias Borchardt: <http://www.mabo-physik.de/> (Stand 5/2018).
- [27] Interaktive Simulationen des Instituts für Didaktik der Physik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster: <http://physikkommunizieren.de/realdigital/> (Stand 5/2018).
- [28] Heering, P. (2016): *Geschichten erzählen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. In: MNU Journal 69, 3, 171-176