

## Storyboards für die Erstellung von Mixed-Reality-Experimentierumgebungen

Dorothee Ermel, Sebastian Haase, Marcus Pfaff, Jürgen Kirstein, Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin, Didaktik der Physik

[dorothee.ermel@fu-berlin.de](mailto:dorothee.ermel@fu-berlin.de), [sebastian.haase@fu-berlin.de](mailto:sebastian.haase@fu-berlin.de), [marcus.pfaff@fu-berlin.de](mailto:marcus.pfaff@fu-berlin.de),  
[juergen.kirstein@fu-berlin.de](mailto:juergen.kirstein@fu-berlin.de), [volkhard.nordmeier@fu-berlin.de](mailto:volkhard.nordmeier@fu-berlin.de)

### Kurzfassung

Ziel des Projekts "Erfahrungsbasiertes Lernen durch interaktives Experimentieren in erweiterten Realumgebungen (ELIXIER)" ist die lernförderliche Erweiterung naturwissenschaftlicher sowie ingenieurtechnischer experimenteller Praktika. Dies soll durch den Einsatz multimedialer und interaktiver Elemente im Experimentierprozess sowie einer adaptiven Lernbegleitung in allen Phasen des Experimentierprozesses ermöglicht werden. Um digitale Lernangebote und reale Experimente zu kombinieren, wird das Seamless-Smart-Lab (S2L) entwickelt. Die darin verankerten Strukturen sollen eine nutzerfreundliche Erstellung von interaktiven Laboranwendungen ohne Programmierung beinhalten. So dient das Storyboard zur Festsetzung, welche Daten und Handlungen erhoben werden sollen, wie diese auszuwerten sind (Learning Analytics) und welche Rückmeldungen gegeben werden sollen. Die Datenerhebung erfolgt durch Tracking der Experimentierfortschritte der Lernenden. Ebenso sind für die bedarfsgerechte Anpassung von Inhalten Analysetools für Lernprozesse und Nutzer\*innenaktionen vorgesehen. In diesem Beitrag werden die Elemente und technischen Spezifikationen des Systems vorgestellt.

### 1. Das Seamless Smart Lab (S2L)

Im Rahmen des Projekts ELIXIER soll ein System entwickelt werden, welches eine nutzerfreundliche Erstellung von Mixed-Reality-Experimentierumgebungen ermöglicht. Dieses bringt unterschiedlichste Anforderungen mit sich. So müssen einerseits Lerninhalte erstellt werden können, die sich zur Nutzung in einem erweiterten Lernraum eignen, Parameter festgesetzt werden, welche vom System erhoben und ausgewertet werden sollen, sowie eine Verknüpfung von realem Experiment und virtuellen Informationen oder Hinweisen hergestellt werden. Andererseits sollte darauf geachtet werden, eine nutzerfreundliche Erstellung zu ermöglichen, bei der keine Program-

mierkenntnisse nötig sind sowie leicht Anpassungen an individuelle Leistungen oder Rahmenbedingungen vorgenommen werden können.

Das S2L-System (Seamless Smart Lab) vereint diese Anforderungen (Abb. 1). Die Autoren-umgebung ist für unterschiedliche Nutzerrollen geeignet. So unterstützt das System nicht nur Lehrende und Lernende, sondern bereits auch alle Akteure, die in den Herstellungsprozess der Experimentierumgebung involviert sind. So können im System experimentenspezifische Templates für weitere Autor\*innen bereitgestellt werden, gerätebezogene Inhalte (Daten, Bilder, ...) erstellt und Referenzdaten der idealen Versuchsdurchführung verfasst werden.

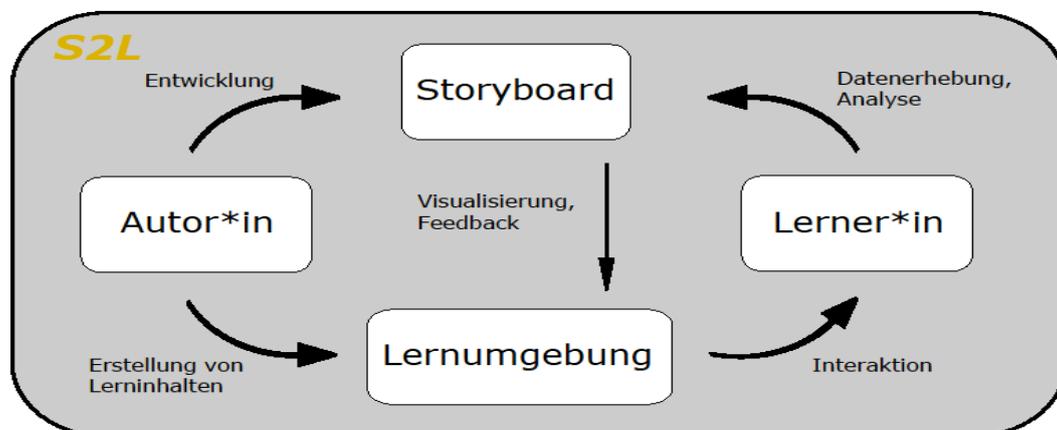


Abb. 1: Das S2L-System integriert eine Autor\*innenumgebung mit der intelligenten Erhebung und Analyse von Handlungen und Daten sowie einer daraus folgenden bedarfsgerechten Anpassung der Lernumgebung

Inhalte können unter anderem in Form von Self-Assessments, der Nutzung modifizierbarer Vorlagen und in einer intuitiven Umgebung erstellt werden. Der Autor oder die Autorin sind also verantwortlich für die Erstellung von Lerninhalten sowie für die Entwicklung eines geeigneten Storyboards.

Im Storyboard werden die Lerninhalte strukturiert (siehe Abschnitt 4.). Durch dieses können verschiedenste Einstellungen und Abläufe definiert werden. Auch die Erstellung des Storyboards soll ohne besondere Kenntnisse möglich sein, erfordert jedoch ein tiefes Verständnis der zu gestaltenden und zu Grunde liegenden Experimente. So kann der Autor oder die Autorin festlegen, wann welche Lerninhalte und in welcher Form diese in der Mixed-Reality-Experimentierumgebung erscheinen sollen. Zusätzlich wird entschieden, welche Daten zur Analyse des Lernprozesses herangezogen und welche Konsequenzen aus bestimmten Interaktionen und Handlungen gezogen werden können. (Dieser Prozess der Lernanalyse wird in Abschnitt 3 genauer erläutert.) So haben die Interaktionen der Lernenden mit der Lernumgebung direkten Einfluss auf die angezeigten Inhalte, welche durch das Storyboard festgelegt sind.

All dies ermöglicht eine bedarfsgerechte sowie individuelle Gestaltung der Experimentierumgebung und eine hohe Verbindung der verschiedenen Experimentierphasen (Vorbereitung – Durchführung – Nachbereitung).

## 2. Kombination von Theorie und Realität

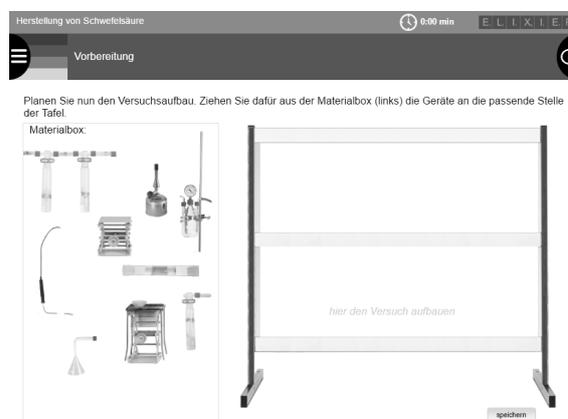
Durch die Bereitstellung virtueller Inhalte und interaktiver Materialien zum Experiment ist eine stärkere Verknüpfung von Theorie und realem Experiment möglich. Ziel ist die direkte Integration multimedialer Elemente in jeder Phase des Experimentierens und in das reale Experiment (Abb. 2).



**Abb. 2:** Beispielhafte Darstellung einer Mixed-Reality-Experimentierumgebung mit Aufprojektion aus dem Bereich der Chemie.

So können in der Vorbereitung bereits die Geräte und Materialien erkundet werden, eventuelle Defizite im Umgang mit diesen aufgedeckt und sich mit dem Aufbau beschäftigt werden. Dies soll nicht nur

theoretisch erfolgen, sondern interaktiv mit den realen Geräten und Aufbauten. Je nach Vorwissen können Videos aufgerufen werden oder mit virtuellen Repräsentationen der Realgeräte Übungen absolviert werden (Abb. 3)



**Abb. 3:** Virtuelle Versuchsvorbereitung. Der Aufbau kann interaktiv geplant und eventuelle Defizite einfach nachgeholt werden.

In der Nachbereitung ist es möglich, das eigene Experiment in einem Replay-Modus nochmal anzuschauen oder weiterführende Handlungsschritte als interaktives Bildschirmexperiment (IBE) ([1], [2]) durchzuführen. Die webbasierte Infrastruktur des S2L-Systems ermöglicht so die virtuelle Fortsetzung eigener Experimente über die zeitlichen und räumlichen Grenzen des Laborpraktikums hinaus im IBE-Format. Dies eignet sich besonders für Versuche mit Gefahrenpotential, beispielsweise beim Experimentieren mit Chemikalien oder bei Experimenten mit radioaktiven Präparaten, sowie zur Differenzierung im Unterricht. So können IBE einerseits genutzt werden, um den grundsätzlichen Umgang mit Geräten oder Gefahrstoffen nochmals zu üben, oder ergänzende Versuche auch außerhalb des Unterrichts oder des Praktikums kennenzulernen.

Während der Durchführung ist es durch die Anreicherung von virtuellen Elementen direkt am realen Experiment (Augmented Reality) möglich, die Kombination von Theorie und Realität zu veranschaulichen ([3], [4]). Dadurch können Informationen, die normalerweise nicht sichtbar sind, direkt in der realen Welt dargestellt werden. Somit wirken die virtuellen Objekte, als würden sie zur Realumgebung gehören [5]. Augmented Reality (AR) wird hierbei als Zusatz und Anreicherung der realen Erfahrung, Geräte und Handlungen verstanden ohne diese ersetzen zu wollen. Technologisch soll dies durch das Tracking von Objekten, Handlungen und Sensordaten ermöglicht werden. Zur Visualisierung können hierbei Beamer (Projektionen) oder Tablets genutzt werden. Des Weiteren sollen Anleitungen in der Realität direkt erfahrbar gemacht werden. Die Bedienung eines Gerätes oder der Aufbau einer Versuchsanordnung (siehe Abb.4) wird durch die erweiterte Realität begreiflich gemacht. Die Anlei-

tungsschritte sind dabei mit den Benutzerhandlungen rückgekoppelt. Anleitungstexte werden so erheblich einfacher, da sie sich unmittelbar auf die realen Objekte oder Handlungen beziehen. Heute noch übliche sprachliche Anleitungen in der Form "Bringen sie Schalter (20) in Position (3) und lesen dann Display (12) ab.", werden überflüssig.

Zudem kann durch die AR-Unterstützung gezielt die Aufmerksamkeit der Lernenden gesteuert werden, indem Bedienelemente oder Teile des Experiments hervorgehoben werden (Abb. 4).



Abb. 4: Ein Proband wird beim Aufbau eines Chemie-experiments unterstützt. Ortsnah werden ihm Hinweise für das weitere Vorgehen gegeben.

Bei der Nutzung von AR ist die Erhebung wichtiger und experimentspezifischer Daten und Handlungen erforderlich. Die Analyse dieser Daten ist wesentlich für die bedarfsgerechte, personalisierte Anpassung der Lernumgebung und bietet zusätzlich die Möglichkeit der Feststellung und Rückmeldung des individuellen Lernlevels der Experimentierenden.

### 3. Learning Analytics

„Learning Analytics“ dient der Erhebung, Zusammenfassung, Analyse, Auswertung und Visualisierung verschiedenster Daten, mit dem Ziel, die Lehre, das Lernen sowie das Lehr- und Lernumfeld zu optimieren ([6], [7]). Dabei werden Daten unterschiedlicher Quellen interpretiert, die „von Studierenden produziert oder für sie erhoben werden, um Lernfortschritte zu messen, zukünftige Leistungen vorauszuberechnen und potenzielle Problembereiche aufzudecken“ [8].

Das S2L-System soll eine adaptive Mixed-Reality-Lernumgebung anbieten, die einen erfahrungsbasierten, selbstgesteuerten Aufbau von Wissensstrukturen effektiv unterstützt. Die Echtzeit-Lernanalyse ermöglicht eine unmittelbare Rückmeldung über den Stand des individuellen Lernprozesses. Dies ist eine wesentliche Grundlage für die Personalisierung des Lernens oder die Steuerung tutorieller Assistenz. Im Vorhaben sollen auf dieser Basis neuartige Verfahren entwickelt und untersucht werden, welche Messgrößen, Interaktions- oder Handlungsmuster aus realen Laborszenarien als Indikatoren im Rahmen der Lernanalyse einzubeziehen sind.

### 4. Das Storyboard

Durch das S2L-System soll die Lernumgebung mit dem Realexperiment und den Lerner\*innen verknüpft werden. Um diese Interaktionen zu steuern dient das Storyboard. Dort wird festgelegt, welche Daten und Handlungen erhoben werden, wie diese auszuwerten sind (**Learning Analytics**) und in welcher Form Feedback gegeben werden soll.

Das Storyboard besteht im Wesentlichen aus drei zentralen Elementen.

- Eine „**Situation**“ beschreibt einen Zustand während des Experiments. Dies kann zum Beispiel der Start des Versuchs sein oder der fertige Aufbau.
- Die „**Transition**“ beschreibt den Übergang zwischen zwei Situationen. So bewirkt beispielsweise eine Änderung im Versuchsaufbau einen Wechsel zur nächsten Situation.
- Die Bedingungen, welche den Übergang zu einer weiteren Situation auslösen, werden als „**Conditions**“ bezeichnet. Diese können das Anfordern von Hilfe, das Erreichen einer Messwertschwelle, ein Ergebnis der Lernanalyse oder eine Gefahrensituation sein.

Abbildung 5 zeigt beispielhaft die schematische Darstellung eines Storyboards. **T1** bewirkt einen Übergang von Situation **S1** zu **S2**, sobald die **Conditions 1** und **2** erfüllt sind.

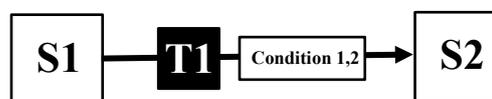


Abb. 5: Schematische Darstellung des Storyboards

Im Folgenden soll an einem Beispiel die Storyboard-Funktion und das S2L-System veranschaulicht werden.

#### 4.1. Storyboard einer erweiterten Experimentierumgebung

Beim Experiment „Wasser kochen“ soll eine be-

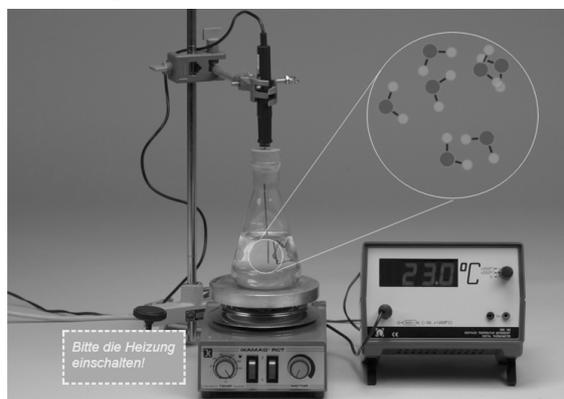


Abb. 6: Wasser soll erhitzt werden, die Heizplatte ist ausgeschaltet (S0)

stimmte Menge Wasser erhitzt und zum Sieden gebracht werden. Die Lernenden werden dabei durch virtuelle Elemente im Experimentierprozess unterstützt (z. B. Handlungsanforderungen) und nicht sichtbare Vorgänge (z. B. Molekülbewegungen) visualisiert. In Abb. 6 ist die Lernumgebung zu sehen. Die Lernenden werden aufgefordert, die Heizplatte einzuschalten, und sehen, wie sich die Wassermoleküle in Abhängigkeit von der Wassertemperatur bewegen.

Das S2L-System trackt dafür die Aktivitäten der Experimentierenden. Nachdem die Heizplatte angeschaltet wurde, erhöht sich die Temperatur und das Storyboard wechselt von Situation S0 zu Situation S2. Dieser Prozess kann in Abb. 7 nachvollzogen werden. Durch die Transition T1, welche das Einschalten der Heizplatte voraussetzt, wechselt das Storyboard von S0 zu S2 und bewirkt das Anzeigen neuer Lerninhalte.

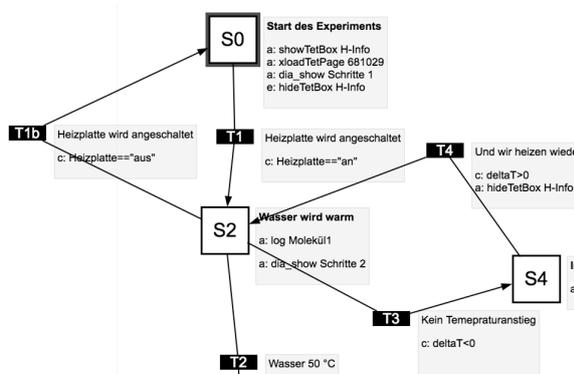


Abb. 7: Ausschnitt aus dem Storyboard für das Experiment „Wasser kochen“. Übergang von S0 zu S2.

Im weiteren Verlauf werden gemäß dem Storyboard und der verfolgten Handlungen der Experimentierenden bedarfsgerechte und zur jeweiligen Situation passende Hinweise oder Informationen gegeben. So ändert sich z. B. die Molekülbewegung simultan zur steigenden Wassertemperatur (Abb. 8).

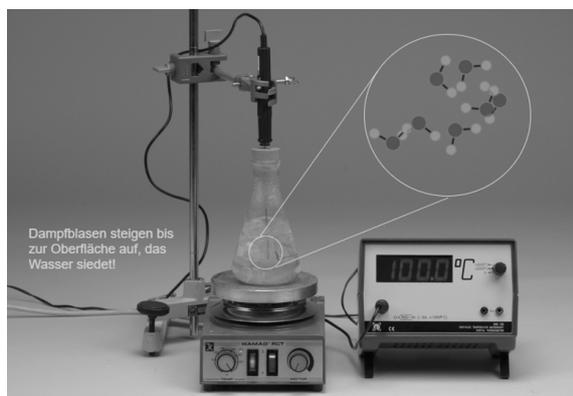


Abb. 8: Die Heizplatte ist angeschaltet, das Wasser kocht (S7)

Das Storyboard zum Experiment "Wasser kochen" besteht insgesamt aus sieben Situationen, so dass das Experiment erfolgreich absolviert worden ist, sobald

das Storyboard in Situation 7 (hier fett umrandet) angekommen ist (Abb.9).

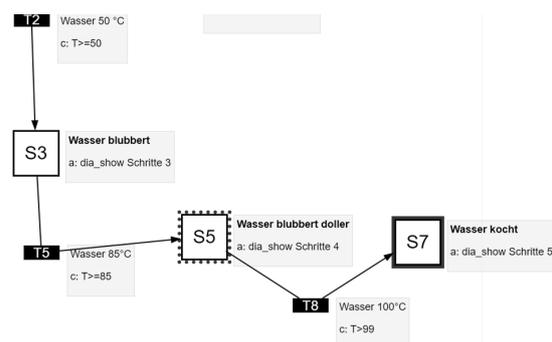


Abb. 9: Ausschnitt aus dem Storyboard für das Experiment „Wasser kochen“. S7 wurde erreicht.

Verschiedene „Pfade“ können als Experimentierschritte durch das Storyboard genommen werden. Durch vorher festgelegte Bedingungen wird entschieden, welche Situation als nächstes eintritt und welche virtuellen Elemente (z. B. Hilfen oder Informationen) angezeigt werden. Der individuelle Weg wird vom S2L-System verfolgt und entsprechend ausgewertet. So kann personalisiertes und bedarfsgerechtes Feedback gegeben werden, welches nicht nur im Nachhinein sondern bereits während des Experimentierprozesses zur Verfügung gestellt werden kann.

## 5. Ausblick

Im weiteren Projektverlauf werden drei verschiedene Demonstratoren entwickelt und das S2L-System an diesen umgesetzt. Sie dienen der methodischen Erforschung und Evaluation mit verschiedenen Nutzergruppen (universitäre und berufliche Bildung). Machbarkeit und Mehrwert eines universell anwendbaren Lern- und Unterstützungssystems für Laborpraktika werden auf diese Weise in unterschiedlichen Nutzungskontexten untersucht und optimiert. Einen wesentlichen Forschungsschwerpunkt stellen dabei Aspekte der Usability, sowie Fragen der didaktischen Gestaltung der Lerninhalte und tutoriellen Assistenz dar.

## 6. Literatur

- [1] Kirstein, J. (1999): Interaktive Bildschirmexperimente - Technik und Didaktik eines neuartigen Verfahrens zur multimedialen Abbildung physikalischer Experimente. Dissertation, Technische Universität Berlin
- [2] Kirstein, J., Haase, S., Mühlenbruch, T., & Nordmeier, V. (2016). 20 Jahre Interaktive Bildschirmexperimente. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung
- [3] Salmi, H., Thuneberg H. & Vainikainen, M. (2017): Making the invisible observable by Augmented Reality in informal science educa-

- tion context. International Journal of Science Education, Part B Vol. 7, Iss. 3
- [4] Bacca, J. Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., Kinshuk (2014): Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. Educational Technology & Society, 17
- [5] Azuma, R. (1997): A Survey of Augmented Reality. Teleoperators and Virtual Environments 6, 4, 355-385
- [6] <https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/blog/learning-analytics-hochschullehre>
- [7] <http://learning-analytics.info/>
- [8] Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., und Hall, C. (2016). NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition: Deutsche Ausgabe (Übersetzung: Helga Bechmann, Multimedia Kontor Hamburg). Austin, Texas: The New Media Consortium.