

Das Beste aus beiden Welten: Simulationsexperimente als Ergänzung zu Realexperimenten

Salome Wörner Leibniz-Institut für Wissensmedien Tübingen, Technische Universität Kaiserslautern

Katharina Scheiter Leibniz-Institut für Wissensmedien Tübingen

Jochen Kuhn Technische Universität Kaiserslautern

Überblick

Schwierigkeitsgrad	für Fortgeschrittene
Vorbereitungsaufwand	mittel
Fächer	MINT-Fächer
Durchführungsduer/Zeitaufwand	unterrichtsbegleitend
Zielgruppe	Primar- und Sekundarstufe, Lernort: Schule
Themengebiet	Experimentieren generell (es sind für viele Themengebiete Simulationen verfügbar)
Ziele	<ul style="list-style-type: none">◆ Schülerinnen und Schüler erwerben vertieftes Konzeptwissen zum Themenbereich durch die Experimente.◆ Schülerinnen und Schüler erwerben Experimentierfähigkeiten mit beiden Experimenttypen (Simulations- und Realexperimente).
Kompetenzbereiche	Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren: 1.2.1, 1.2.2 Produzieren und Präsentieren: 3.2.2 Problemlösen und Handeln: 5.4.1, 5.5.1, 5.5.2 Analysieren und Reflektieren: 6.1.1

- **Worum geht es?** Experimentieren ist ein wichtiger Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Allerdings führen die durchgeführten Experimente teils nur unzureichend zum Erwerb von umfassendem Konzeptwissen bei Schülerinnen und Schülern, da diese zum Großteil mit dem Aufbau des Versuchs und dem Handling der Messinstrumente beschäftigt sind und z. B. nur rezeptartig die Versuchsanleitung abarbeiten. Simulationsexperimente (SE, bspw. Abb. 2) bieten eine Möglichkeit für Ihren Unterricht, mit dem sich die Schülerinnen und Schüler mehr auf die konzeptuellen Inhalte eines Experiments konzentrieren können. Mit ihrem – verglichen zum Realexperiment (RE, bspw. Abb. 1) – vereinfachten Aufbau und der einfachen Variablenmanipulation, bspw. durch Schieberegler, erleichtern SE das Erkennen von Zusammenhängen. Besondere Vorteile von SE sind ihre visuellen Eigenschaften (unsichtbare Phänomene wie bspw. Strahlengänge von Licht können beobachtbar gemacht werden), ihre einfache Handhabbarkeit (SE können schnell und unkompliziert z. B. am Tablet durchgeführt werden) und ihre geringen Kosten (sehr viele SE gibt es kostenlos im Internet). SE sollten RE im Unterricht aber nicht ersetzen, sondern ergänzen. Die haptische Erfahrung beim Experimentieren mit RE bietet ein besonderes Lernpotenzial, z. B. im Bereich des Versuchsaufbaus und im Umgang mit bestimmten Materialien und Messgeräten. Die Beobachtung des echten Phänomens verschafft außerdem Authentizität.

Vorwissen

- ▶ **Technisches Vorwissen** Allgemeiner Umgang mit Tablets, Notebooks oder Desktop-PCs und relevanten Betriebssystemen. Eine Einführung in die jeweiligen SE ist jeweils im Zuge des Experimentierens möglich. Die meisten SE sind sehr intuitiv bedienbar.
- ▶ **Fachliches Vorwissen** Themenabhängig

Ausstattung

▶ Geräte und Materialien	Geräteanzahl	Betriebssystem	Gerätetyp
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ nur Lehrkraft (dann SE als Demonstrationsexperiment) ✓ 1 Gerät pro Gruppe ✓ 1:1-Ausstattung 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ iOS ✓ Android ✓ Windows ✓ macOS ✓ Linux 	<input checked="" type="checkbox"/> Smartphone <input checked="" type="checkbox"/> Tablet <input checked="" type="checkbox"/> Notebook <input checked="" type="checkbox"/> Desktop-PC

Zusätzlich werden Hands-on-Experimentiermaterialien für das RE benötigt (Ausstattung: entweder nur Lehrkraft, dann ist das RE ein Demonstrationsexperiment, oder ein Experimentiersatz pro Kleingruppe oder auch 1:1-Ausstattung für Schülerexperimente).

- ▶ **Web-Ressourcen** Aus Platzgründen werden hier nur beispielhafte Webseiten mit SE aufgeführt. Eine ausführliche Liste von Webseiten mit SE inklusive genauerer Beschreibung finden sich im Abschnitt „Material für den Unterricht“.

Fächerübergreifende Angebote:

- <https://phet.colorado.edu/de/> (kostenlos, Deutsch, Simulationen z.T. auf Englisch)
- <https://www.golabz.eu/labs> (kostenlos, z.T. Deutsch, Simulationen zum Großteil auf Englisch)
- <https://www.me-vermitteln.de/unterrichtsmaterialien/experimente> (kostenlos, Deutsch)
- <https://www.planet-schule.de/sf/multimedia-simulationen.php> (kostenlos, Deutsch)
- <https://www.explorelearning.com/> (kostenpflichtig + Free Version, Englisch)
- <https://www.edumedia-sciences.com/de/> (kostenpflichtig, Deutsch)

Fachspezifische Angebote für Physik:

- <https://www.leifiphysik.de/> (kostenlos, Deutsch)

Fachspezifische Angebote für Chemie:

- <https://chemie-interaktiv.net/> (kostenlos, Deutsch)

Fachspezifische Angebote für Biologie:

- <http://virtualbiologylab.org/> (kostenlos, Englisch)

Einsatz im Unterricht

Der Einsatz von SE in Kombination mit RE im Unterricht wird hier anhand eines konkreten Beispiels in der Physik (Optik, Klasse 7/8) vorgestellt.

► Wie geht das?

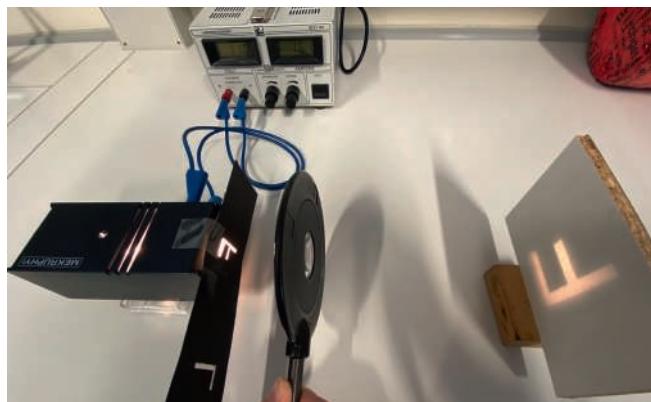
Bei der Auswahl eines SE für Ihren Unterricht können Sie sich an der bereitgestellten Checkliste (Link s. u.) orientieren. Machen Sie sich beim Auswählen eines SE auch mit dessen ganzem Funktionsumfang vertraut. Gegebenenfalls ist es sinnvoll, Ihren Schülerinnen und Schülern das SE im Unterricht oder mit Hilfe eines Videotutorials vorzustellen, falls dieses nicht völlig selbsterklärend ist.

Das SE in unserem Beispiel (Abb. 2) wurde ausgewählt, um den Schülerinnen und Schülern eine Hilfestellung beim Verstehen reeller und virtueller Bilder beim RE zum Thema Abbildungen durch eine Sammellinse (Abb. 1) zu geben. Die dynamische Visualisierung des entstehenden Bildes des Gegenstands und der zugehörigen Strahlengänge, Lichtbündel und Konstruktionsstrahlen durch die Linse kann das Konzeptverständnis der Schülerinnen und Schüler zu diesem Thema fördern. Das SE hilft hier als Brücke zwischen Theorie (statische Abbildungen zum Strahlengang beim Abbildungsvorgang durch eine Sammellinse) und Praxis (am RE beobachtbare Phänomene beim Abbildungsvorgang durch eine Sammellinse, wie z. B. Bildumkehrung und Vergrößerung/Verkleinerung). Ein Beispiel für ein (hier recht ausführliches) Videotutorial zu diesem SE zu Abbildungen durch eine Sammellinse finden Sie unten verlinkt.

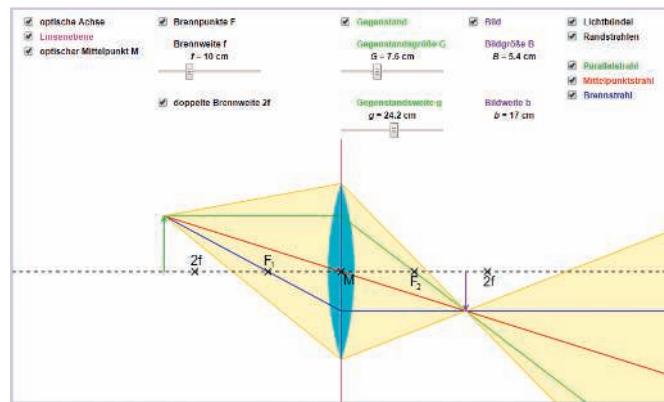
► Wie kann ich das in meinen Unterricht übertragen?

In diesem Experiment zu Abbildungen durch eine Sammellinse (vgl. Abb. 1 und 2) kann das SE einerseits zur Vorbereitung auf das RE eingesetzt werden, sodass die Schülerinnen und Schüler mit dem SE erste Erfahrungen mit dem im Experiment behandelten Phänomen sammeln. Durch Verschieben bspw. des Schiebereglers für die Gegenstandsweite g kann schon im Voraus, bevor das echte Phänomen im RE beobachtet wird, festgestellt werden, wie sich mit der Verschiebung der Gegenstandsweite g das Bild des Gegenstands dynamisch in seiner Position und Größe verändert. Auf dieses Wissen kann dann später beim Durchführen des RE zurückgegriffen werden, und die Schülerinnen und Schüler können ihre Beobachtungen im RE auf das mithilfe des SE erworbene Basiswissen aufbauen.

Alternativ kann das SE auch im Anschluss an das RE zum Sichern, Erweitern oder Transferieren des bereits erworbenen Wissens der Schülerinnen und Schüler eingesetzt werden. So können die Schülerinnen und Schüler bspw. zunächst im RE das echte Phänomen beobachten (Was passiert, wenn die Gegenstandsweite g im RE verändert wird?). Wurde in einer Einführung vor dem Experimentieren schon das Konzept der Konstruktionsstrahlen (Parallelstrahl, Mittelpunktstrahl und Brennstrahl) besprochen, so können die Lernenden an dieser Stelle durch eine entsprechende Arbeitsanweisung dazu angeregt werden, sich den Verlauf dieser drei Konstruktionsstrahlen im RE vorzustellen. Beim anschließenden Durchführen des SE können die Schülerinnen und Schüler ihre Vermutungen und Überlegungen überprüfen, die unsichtbaren Konstruktionsstrahlen direkt beobachten und sich den sonst nicht sichtbaren Durchgang des Lichts durch die Sammellinse anschauen.



▲ Abb. 1 Beispiel für ein Realexperiment zu Abbildungen durch eine Sammellinse im Physikunterricht



▲ Abb. 2 Beispiel für das dazu passende Simulationsexperiment, angelehnt an eine Simulation von LEIFphysik

Egal für welche Reihenfolge Sie sich bei Ihrem Experiment entscheiden – bei der Umsetzung im Unterricht ist Folgendes zu beachten: Wie beim Experimentieren mit einem RE ist es gut, wenn Sie Ihren Schülerinnen und Schülern schon vor dem Experimentieren einen kleinen Überblick über Grundlagen des entsprechenden Themas vermitteln. Es ist besonders wichtig, dass Ihre Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren und bei der Integration der verschiedenen Experimenttypen angeleitet werden (z. B. durch ein Arbeitsblatt und eine Diskussion im Klassenverbund). Bei einigen der vorgestellten Webseiten mit SE sind zu jeder Simulation umfangreiche Begleitmaterialien verfügbar.

► **Was muss ich beachten?**

Tipp: Die Kombination eines SE mit einem RE kann entweder in einer Doppelstunde erfolgen oder in zwei aufeinanderfolgenden Einzelstunden. Sind die Schülerinnen und Schüler schon mit dem Einsatz von SE vertraut, kann die Durchführung eines SE auch als Hausaufgabe vorbereitend oder nachbereitend zum Unterricht beauftragt werden.

Tipp: Durch einen QR-Code auf Ihrem Arbeitsblatt zum Experiment, der direkt zur Webseite des SE führt, kann das SE von Schülerinnen und Schülern mit Tablets besonders einfach geöffnet werden.

Tipp: Der Aspekt der Authentizität eines beobachteten Phänomens kann im Rahmen der Verwendung von SE hervorragend zu einer Unterrichtsdiskussion über epistemologische Überzeugungen und kritisches Bewerten von digitalen Simulationen ausgeweitet werden.

Tipp: Wenn Sie keine Möglichkeiten zum Einsatz von RE haben, können Sie diese Phase auch durch ein Videoexperiment ersetzen. Dadurch kann die gesamte Sequenz auch Online bereitgestellt und administriert werden, sodass die Schülerinnen und Schüler auch im Falle von Distanzunterricht oder als Hausaufgabe auf diese Möglichkeit nicht verzichten müssen.

Material für den Unterricht

► **Weiterführende Materialien**

Beispiel-Simulation zu „Abbildungen durch eine Sammellinse“

SE zu „Abbildungen durch eine Sammellinse“ (Physik, Optik, Klasse 7/8) auf Go-Lab
<https://www.golabz.eu/lab/converging-lens-sammellinse>

Überblick über verschiedene Webseiten mit Simulationsexperimenten

Tabelle mit einer Beschreibung der verschiedenen Webseiten mit SE und der zugehörigen Links, inklusive QR-Codes

Checkliste zum Bewerten eines Simulationsexperiments

Die Checkliste hilft dabei, sich aus dem umfangreichen Angebot im Internet für eine Simulation für Ihren Unterricht zu entscheiden

Beispiel-Videotutorial zur Simulation „Abbildungen durch eine Sammellinse“

Kurzes Video-Tutorial zu dem SE „Abbildungen durch eine Sammellinse“, mithilfe von OBS Studio aufgezeichnet

Den Überblick zu verschiedenen Webseiten mit Simulationsexperimenten und die Checkliste finden Sie auf www.mint-digital.de/unterrichtsidee unter „Simulationsexperimente“.