

Computer trifft Realexperiment – besser lernen mit Neuen Medien?

Claus Brell*, Horst Schecker*, Heike Theyßen*, Dieter Schumacher⁺,

*Universität Bremen, ⁺Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Kurzfassung

Zu einem gelungenen Physikunterricht gehören Experimente, die heute vermehrt mit Simulationen, Modellbildungssystemen und Interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) ergänzt werden. Computerbasierte Experimente eröffnen Schulen einen Weg aus der Kostenfalle. Sind computergestützte Experimente nun (lern-)wirksamer als "traditionelle" Versuche?

Erste Ergebnisse aus Voruntersuchungen unserer empirischen Studien [4] liegen vor. Die differenzierten Untersuchungen berücksichtigen die Interessantheit der Lernsituationen und betten verschiedene Lernmedien in ein weitgehend vergleichbares Unterrichtsgeschehen ein. Der Einfluss der Schülervariablen Vorwissen, Selbstkonzept und physikbezogene kognitive Fähigkeiten auf die Lernwirksamkeit ist Gegenstand des Forschungsvorhabens. Basis für die Untersuchungen ist ein im Praktikum der Universität Düsseldorf bereits erfolgreich eingesetztes Realexperiment zur geometrischen Optik des Auges. Die weiteren Medien sind ein dem Realexperiment entsprechendes IBE sowie manuelle und computergestützte Strahlengangkonstruktionen.

1. Ausgangslage

Schüler, Lehrer, Eltern und Politik versprechen sich viel vom Einsatz der Neuen Medien in der Schule. Die Verwendung von Computern führt aber nicht zwangsläufig zu einem höheren Lernerfolg [1]. Die Lerneffekte sind vielmehr vielschichtig: Beispielsweise ist der Gebrauch einer "physikalischen Sprache" dann vermehrt zu beobachten, wenn der Computer zusätzlich zu Experimenten Verwendung findet [2].

Die Rolle der Lernvariablen scheint ebenso unklar: Wann hat das Vorwissen einen Einfluss auf die Lernleistung? Profitieren Schüler mit einem starken physikbezogenem Selbstkonzept mehr vom Einsatz des Computers? Sind die kognitiven Voraussetzungen entscheidend?

Viele Erkenntnisse wurden in der Vergangenheit aus Fallstudien gewonnen. Um einige der o.a. Fragen klären zu können, ist eine empirische Studie mit weitgehend kontrollierten Variablen in Form einer Laborstudie angezeit.

2. Struktur des Vorhabens

Wir wollen den Lernerfolg unterschiedlicher Medien mit Schülern der 8. Klasse an Gymnasien untersuchen. Die Schülerinnen und Schüler (im Folgenden mit Pbn bezeichnet) machen sich dazu in einem vorbereitenden Unterricht mit den Arbeitstechniken (Arbeiten in Zweiertteams, Bearbeiten von Arbeitsblättern mit Fragen und teilvorgegebenen Antworten, Zeichnen von Strahlengängen in vorbereitete Konstruktionshilfen...) vertraut. Daten der Begleituntersuchung (physikbezogenes Selbstkonzept, physikbezogene kognitive Fähigkeiten, Computerkenntnisse) werden in der Schule erhoben. Die eigentliche Untersuchung erfolgt im Praktikum der Universität Düsseldorf [3]. Hier absolvieren die

Pbn Leistungstests und experimentieren in vier verschiedenen Unterrichtsszenarien [4].

Jedes Unterrichtsszenario besteht aus unterschiedlich kombinierten Medien und dazu passenden Arbeitsaufträgen:

Szenario SI-R (Szenario „Real“):

Die Pbn arbeiten mit dem Realexperiment und mit Stift und Papier.

Szenario SII-M1 (Szenario „multimedial 1“):

Die Pbn arbeiten mit dem Realexperiment und der Strahlengangsimulation.

Szenario SII-M2 (Szenario „multimedial 2“):

Die Pbn arbeiten mit dem IBE und mit Stift und Papier.

Szenario SIV-V (Szenario „virtuell“):

Die Pbn arbeiten mit dem Realexperiment und der Strahlengangsimulation.

Abb. 1 veranschaulicht den Ablauf der Untersuchung. Die vier Szenarien werden in 3. genauer erläutert.

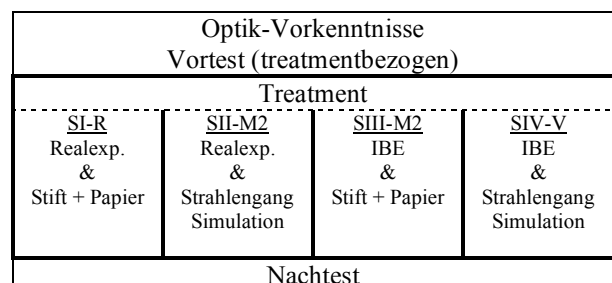


Abb. 1: Vor-Nachttestdesign

Jede Schulklasse wird in vier Vergleichsgruppen aufgeteilt. Jede Gruppe arbeitet in genau einem Unterrichtsszenario (SI-R, SII-M1, SII-M2 oder SIV-V).

Um mit einer begrenzten Probandenzahl aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, ist eine gleiche

Besetzung der Gruppen hinsichtlich der Lernvariablen (Homogenisierung) wichtig. Weiterhin muss ein geeignetes Maß für den Lernerfolg gefunden werden, das weitgehend Zufalls- und Rateeffekte minimiert.

3. Unterschiedliche Medien / Szenarien

Wie in Abb. 1 dargestellt, werden in jedem Szenario ein Medium aus der Welt der Phänomene und ein Medium aus der Welt der mathematischen Modelle kombiniert. Das Realexperiment (Augenmodell) und das zugehörige IBE wurden bereits in [4] vorgestellt. Kombiniert werden diese Medien aus der Welt der Phänomene mit Medien aus der Welt der mathematischen Modelle (Strahlengangkonstruktion / -simulation). Als Realmedium aus der Welt der mathematischen Modelle erhalten die Pbn insgesamt vier Konstruktionshilfen (vgl. Abb. 2), in denen sie Strahlengänge zum Augenmodell vervollständigen.

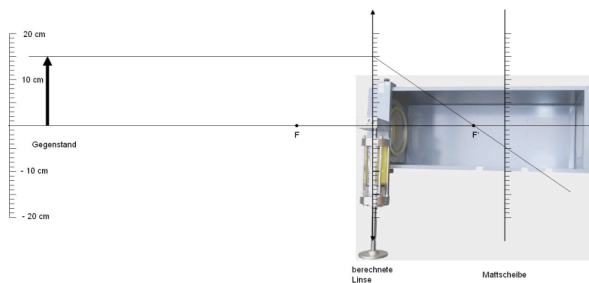


Abb. 2: Strahlengangkonstruktion mit Stift und Papier in vorbereiteter Konstruktionshilfe

Als computergestütztes Pendant wurden vier Simulationen entwickelt, die den Konstruktionshilfen optisch nahe kommen. Die erste Simulation ermöglicht die Konstruktion eines Strahlenganges (Abb. 3).

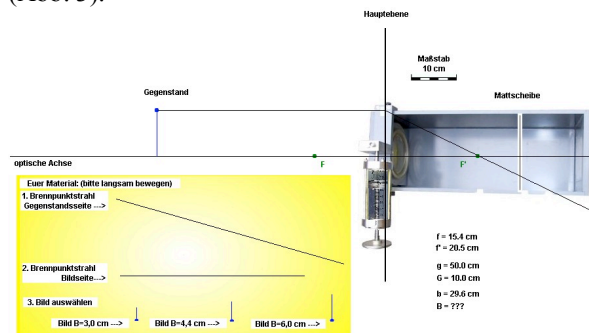


Abb. 3: Strahlengangkonstruktion im Computer

Die anderen drei Simulationen lassen bezogen auf die jeweiligen Arbeitsaufträge Veränderungen der Brennweite, Gegenstandsweite etc. zu (Abb. 4).

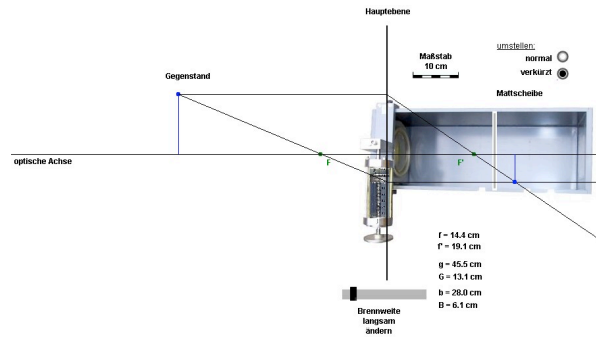


Abb. 4: Animierter Strahlengang

Die Arbeitsaufträge zu den Strahlengängen sind weitgehend identisch. Die Pbn erhalten Arbeitsblätter mit insgesamt 23 Arbeitsaufträgen: 7 beziehen sich auf das Experiment, 5 auf die Strahlengangkonstruktion, 3 stellen die Verknüpfung zwischen Experiment und Strahlengangkonstruktion her, 4 sind Leseaufträge (davon einer sehr kurz) und 4 fragen lediglich das Befinden der Pbn ab.

4. Itemkonstruktion für Vor- und Nachtest

Den Lernerfolg beim Einsatz der unterschiedlichen Medien erheben wir mit einem Vor- Nachtestdesign. Dazu wurden 23 Items entwickelt, die sich eng am Treatment orientieren. Es gibt Items zur Welt der mathematischen Modelle, zur Welt der Phänomene und zur Verknüpfung der beiden Welten.

Im Vortest und im Nachtest kommt der gleiche Test zum Einsatz.

Die Items sind Multiple Choice Fragen in Vignettenteknik [5] mit vier Antwortmöglichkeiten. Nur eine Antwort ist richtig. Zusätzlich sollen die Pbn bei jedem Item angeben, ob sie sich bei der Antwort sicher sind (vgl. Abb. 5).

Das Augenmodell ist scharf eingestellt. Jetzt schiebst du den Gegenstand weiter vom Augenmodell weg.
Wie stellst du das Bild wieder scharf?

- () Mit der Kurbel Öl aus der Linse herausziehen.
- () Mit der Kurbel Öl in die Linse hineinpumpen.
- () Die Mattscheibe weiter von der Linse weg einhängen.
- () Die Mattscheibe herausnehmen.

Ich bin mir ziemlich sicher. [] ja [] nein

Abb. 5: Aufbau eines Items (Beispiel)

Mit Hilfe der Antwortsicherheit soll der Rateeffekt minimiert werden. Eine Minimierung des Rateeffektes über eine Erhöhung der Distraktorenzahl ist nicht zielführend. In der Physik ist oft etwas größer, kleiner oder gleich. Gleichgewichtige Distraktoren müssten dann durch mit „und“ verknüpfte Aussagen erzeugt werden und führen zu gewagten sprachlichen Konstruktionen, so dass Fähigkeiten bezüglich der Aussagenlogik entscheidender wären als Physikkenntnisse.

5. Definition des Lernzuwachses

Für die Messung des Lernerfolges bieten sich verschiedene Methoden an. Eine verbreitete Methode ist, den Lernstand nach dem Treatment zu bewerten.

Die Itemkonstruktion eröffnet die Möglichkeit, die Antwortsicherheit mit zu bewerten. Dabei wird ein Item nur dann als richtig beantwortet gewertet, wenn

- a) die Antwort richtig ist und
- b) „ja“ bei der Antwortsicherheit angekreuzt wurde

Diese Wertung wird im Folgenden mit „Nachttest*Sicherheit“ bzw. „Vortest*Sicherheit“ bezeichnet.

Es sind verschiedene Kombinationen denkbar, um einen Unterschied zwischen den Leistungen im Vortest und im Nachttest bzw. den Lernerfolg zu ermitteln. Als viel versprechend erweist sich nach Itemanalysen anhand von Daten aus Vorstudien das im Folgenden mit „Lernzuwachs“ bezeichnete Konstrukt:

Lernzuwachs:

Wenn ein Item im Nachttest richtig gelöst und bei der Antwortsicherheit „ja“ angekreuzt wurde und das korrespondierende Item im Vortest nicht richtig beantwortet oder bei der Antwortsicherheit im Vortest „nein“ angekreuzt wurde, dann zählt das Item mit 1, sonst mit 0.

Als Formel ausgedrückt :

$$\text{Lernzuwachs} = \text{Nachttest} * \text{Sicherheit} \wedge \text{nicht}(\text{Vortest} * \text{Sicherheit})$$

Konstrukt	Mittlerer Schwierigkeitsindex	Reliabilität (Cronbachs Alpha)
Vortest	0,41	-0,14
Vortest*Sicherheit	0,03	0,51
Nachttest	0,60	0,63
Nachttest*Sicherheit	0,38	0,87
Lernzuwachs	0,36	0,85

N=22

Abb. 6: Vergleich der Testkennwerte

Abb.6 zeigt die Testkennwerte für verschiedene Konstrukte (u.a. den oben angegebenen „Lernzuwachs“) im Vergleich.

Die Reliabilität und der mittlere Schwierigkeitsindex des Konstruktes Nachttest*Sicherheit legen dieses als Messinstrument für den Lernerfolg nahe. Aus Validitätsüberlegungen soll jedoch der oben beschriebene Lernzuwachs genutzt werden. Die etwas geringere Reliabilität ist inhaltlich erklärbar: Pbn, die ein gutes Nachttestergebnis haben, werden wohl auch im Vortest besser abschneiden. Die Differenz des Nachttestergebnisses zum Vortestergebnis wird also im Verhältnis zu anderen Pbn geringer ausfallen als das Nachttestergebnis selbst. Das Konstrukt Nachttest*Sicherheit ist im Vergleich mit dem Lernzuwachs mehr von den Pbn-Fähigkeiten abhängig. Gemessen werden soll nicht die Fähigkeiten der Pbn, sondern der Einfluss der eingesetzten Medien.

Die geringe Reliabilität des Vortestes bzw. die niedrige Lösungswahrscheinlichkeit von Vortest*Sicherheit ist auf das überwiegende Raten

zurückzuführen und zeigt, dass die Inhalte des Treatments für die Schüler wie erwartet neu waren.

Für gesicherte Erklärungsansätze sind höhere Probandenzahlen aus unterschiedlichen Schulklassen erforderlich. Es unterscheiden sich nicht nur Individuen, sondern auch ganze Schulklassen als Gesamtheit stark von einander.

6. Homogenisierungsmaß für die Aufteilung der Schüler auf die Szenarien

Ausgehend von der Annahme, dass der Lernzuwachs insbesondere von den Schülervariablen „physikbezogene kognitive Fähigkeiten“ und „physikbezogenes Selbstkonzept“ abhängt, ist eine diesbezügliche gleichgewichtige Aufteilung auf die Vergleichsgruppen (Szenarien) erforderlich. Angezeigt wäre ebenfalls eine Aufteilung nach Optik-Vorkenntnissen. Das ist jedoch aus Logistik-Gründen nicht möglich. Praktikabel ist es, die Schüler nach einem einzigen Parameter aufzuteilen. Ein viel versprechendes Konstrukt für einen solchen Parameter ist das hier vorgeschlagene Homogenisierungsmaß:

Homogenisierungsmaß:

Geometrisches Mittel aus physikbezogenem Selbstkonzept und physikbezogenen kognitiven Fähigkeiten.

Die kognitiven Fähigkeiten wurden mit reduzierten Subtests Q1, N2 und N3 aus dem KFT [6] ermittelt, das Selbstkonzept mit einem modifizierten Fragebogen des Instituts für Didaktik der Chemie an der Universität Duisburg-Essen. Die Ergebnisse einer Vorstudie mit 20 Pbn sind in Abb. 7 angegeben.

	Mittelwert	Streuung	Schiefe
Selbstkonzept	0,47	0,26	0,24
Kognitive Fähigkeiten	0,53	0,16	-0,81
Homogenisierungsmaß	0,48	0,19	0,02

N= 20

Abb. 7: Vergleich der Lernervariablen

Die höchste positive Korrelation mit dem Lernzuwachs ergibt sich für das oben vorgeschlagene Homogenisierungsmaß (Abb. 8).

Korrelation Lernzuwachs mit.....	r	Sign. Niveau
Selbstkonzept	0,38	0,053
Kognitive Fähigkeiten	0,29	0,113
Homogenisierungsmaß	0,41	0,039

N=19

Abb. 8: Korrelation der Lernervariablen mit dem Lernzuwachs

7. Ergebnisse aus Voruntersuchungen

Die Voruntersuchungen dienten dazu, die Messinstrumente zu erproben und den Unterrichtsentwurf für das Treatment schrittweise zu verbessern.

Aus den Voruntersuchungen liegen noch nicht genug Daten vor, um Aussagen über den Lernzuwachsunterschied in den unterschiedlichen Szenarien zu machen.

Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen aus der Vorstudie sind allerdings zu beobachten (Abb. 9). Die Jungen wiesen einen höheren Wert im Homogenisierungsmaß und im Lernzuwachs auf als die Mädchen. Ein noch etwas größerer Unterschied ist bzgl. des Vorwissens zu sehen:

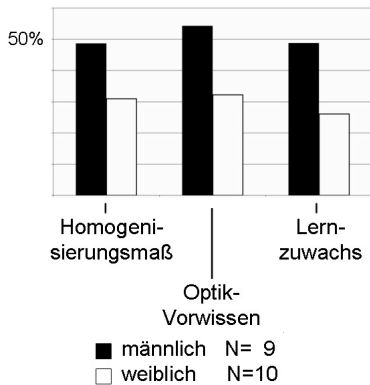


Abb. 9: Mittelwerte der Lösungsanteile aus Begleituntersuchung und Leistungstests

Die Unterschiede könnten ein Indiz dafür sein, dass Physikunterricht derzeit suboptimal für Mädchen gestaltet ist.

Die Pbn durften sich für die Arbeitsblätter in der Schule und für das Treatment ihren Partner selbst aussuchen. Bis auf eine Ausnahme haben sich immer gleichgeschlechtliche Teams zusammengefunden (N=53).

In den Fragebogen für das physikbezogene Selbstkonzept war die Aussage „Im Physikunterricht sollte mehr mit Computern gemacht werden“ integriert. Die Pbn kreuzten Antworten mit folgender Verteilung an (Abb. 10):

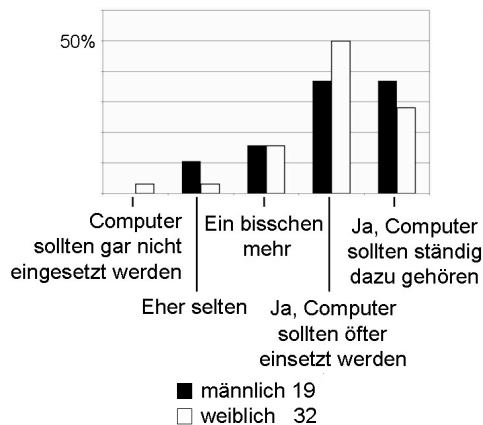


Abb. 10: Schülerwertung zum Einsatz von Computern im Physikunterricht

Die Antwortverteilung zeigt, dass die Pbn dem Einsatz von Computern im Physikunterricht positiv gegenüber stehen.

Die Bearbeitungsdauer für alle Arbeitsaufträge lag zwischen 53 und 80 Minuten (N=31). Die Bearbeitungsdauer eines Arbeitsauftrages bewegte sich, wenn man die Bearbeitungsdauer der Abfragen des Befindens auf jeweils 30 Sek. schätzt, im Schnitt zwischen 2:50 Min. und 4:15 Min. Die Pbn konnten die Aufträge in Zeiträumen von unter 5 Minuten abschließen; damit kann von einem Kompetenzerleben [7] (erfolgreiches Bearbeiten des Auftrages) der Pbn ausgegangen werden.

Weitere Hinweise, sowie das Poster zu diesem Artikel, findet man auf der Projektseite im Internet:

<http://L-Forschung.de>

8. Literatur

- [1] Hucke, Lorenz (1999) *Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums* Logos-Verlag, Berlin.
- [2] Buty, Christian (2002) *Modelling in Geometrical Optics Using a Microcomputer* in Psillos, Dimitris & Niedderer, Hans (Hrsg.) *Teaching and Learning in the Science Laboratory* Kluwer, Dordrecht
- [3] Theyßen, Heike (2000) *Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin: Darstellung der Entwicklung eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion* Logos-Verlag, Berlin.
- [4] Brell, Claus, Schecker, Horst, Schumacher, Dieter, Theyßen, Heike (2004) *Auswirkungen verschiedener Lernmedien auf den Lernerfolg in Didaktik der Physik, Beiträge zur Frühjahrstagung Düsseldorf 2004.* Lehmanns Media, Berlin
- [5] Lenzen, H.Th., Koop, M., Baier, W.K. (2000) *Konstruktion von Multiple-Choice-Aufgaben für die schriftlichen Prüfungen in der Medizin nach der Approbationsordnung für Ärzte* IMPP, Mainz
- [6] Heller, Kurt A. & Perleth, Christoph (2000) *KFT 4-12+ R, Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision* Hogrefe, Göttingen
- [7] von Aufschnaiter, Stefan & von Aufschnaiter, Claudia (2003) *Time structures of teaching and learning processes.* Paper presented at the conference of ESERA Utrecht, The Netherlands, August 2003