

## Optische Blackboxes im Optik-Anfangsunterricht

Henning Rode\* & Gunnar Friege\*

\*Institut für Didaktik der Mathematik und Physik, AG Physikdidaktik  
Welfengarten 1, 30167 Hannover  
rode@idmp.uni-hannover.de, friege@idmp.uni-hannover.de

### Kurzfassung

Aussagen über die Funktionsweise und damit auch den Inhalt komplexer Systeme zu erhalten steht im Mittelpunkt der Auseinandersetzung mit Blackboxes, welches nicht nur in der Physikausbildung sondern auch in anderen Naturwissenschaften und der Psychologie erfolgt. Während elektrische Blackboxes vielfältig evaluiert sind, gibt es für optische Blackboxes lediglich Ideen zur Gestaltung.

In der hier ausschnitthaft vorgestellten empirischen Studie ( $N > 200$ ) wurden optische Blackboxes für den Anfangsunterricht Optik in Niedersachsen entwickelt und in einer Unterrichtssequenz evaluiert. Um Einblicke in eine förderliche Lernumgebung eben dieser Aufgabenformate zu erhalten, wurde auf ein 2x2 Design zurückgegriffen und sowohl die Form des Feedbacks als auch der Anleitungsgrad der Aufgaben variiert. Neben dem Fachwissen der Schülerinnen und Schüler wurden auch Aspekte der Motivation zu verschiedenen Zeitpunkten mittels Fragebogen erhoben.

In der Auswertung wird auf den Schwierigkeitsgrad der Blackboxes eingegangen sowie mit der Skala „Interesse und Spaß“ ein Teil der verwendeten Motivationskala hinsichtlich Gender-Effekt betrachtet.

### 1. Theoretischer Hintergrund

Blackboxes sind nicht nur in der Physikausbildung in Schule und Hochschule zu finden sondern auch aus anderen Naturwissenschaften und der Psychologie bekannt. Ihre Gemeinsamkeit besteht darin, dass mittels Input-Variation und Output-Analyse Rückschlüsse über ein System erhalten werden sollen, auf welches kein direkter Zugriff besteht ([1], [2]).

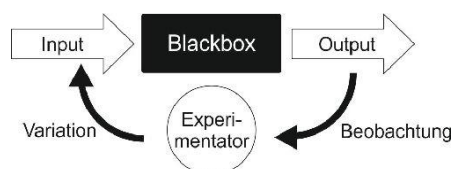


Abb. 1: Regelkreisdarstellung - Arbeit mit Blackboxes nach [1].

Während elektrische Blackboxes vielfältig erprobt sind ([4], [8]) ist der unterrichtliche Einsatz von mechanischen oder optischen Blackboxes kaum evaluiert. Zwar schlägt Günther [5] verschiedene Formen von Blackboxes vor und benennt mögliche Einsatzgebiete, eine empirische Betrachtung fehlt jedoch. Freise hat im Rahmen seiner Masterarbeit [3] eine mögliche Form optischer Blackboxes entwickelt und in einer kurzen schulischen Umsetzung erprobt. Rückschlüsse über Schwierigkeitsgrad und unterrichtliche Einbettung dieser Experimente sind auf Basis dieser Arbeit jedoch nicht möglich.

Zur Erhebung der Motivation wurde auf einen von Mezes, Erb und Schröter [6] verwendeten Fragebogen zurückgegriffen, welcher eine Kombination aus angepassten Items des Achievement Motive Scale

(AMS) und der Flow-Kurzskala nach Rheinberg enthält.

### 2. Forschungsschwerpunkt und Hypothesen

Neben der grundsätzlichen Handhabbarkeit dieser Experimente steht auch die Gestaltung einer förderlichen Lernumgebung im Vordergrund. Um diese nicht nur auf objekt-orientierter Ebene sondern auch motivational zu erfassen, werden neben Parametern der Blackboxes insbesondere auch die Einstellungen der Schülerinnen und Schüler erhoben, um aus mehreren Perspektiven auf die Eignung dieser Experimente für den Anfangsunterricht Optik zu schließen [7]. In dieser Darstellung liegt der Schwerpunkt auf den folgenden drei Forschungsfragen:

- Weisen die optischen Blackboxes angemessene und unterschiedliche Schwierigkeitsgrade auf?
- Hat der Grad der Lenkung Einfluss auf den Erfolg der Bearbeitung?
- Bewerten die Schülerinnen und Schüler die Arbeit mit den Blackboxes positiv?

### 3. Datenerhebung

#### 3.1. Optische Blackboxes

Neben den von Freise [3] entwickelten Boxes mit 6 Öffnungen wurden für den Unterrichtseinstieg jeweils Boxes mit 4 Öffnungen entworfen. In ihrem Inneren wurden Blocker, Spiegel und Doppelspiegel in der ersten Sequenz sowie zusätzlich Strahlteiler im zweiten Abschnitt verbaut. Insgesamt standen für die Unterrichtssequenz auf Basis mehrfacher Evaluation 5 Spiegel-Blackboxes für die erste Doppelstunde und 4 Strahlteiler-Blackboxes für die zweite

zur Verfügung. Abb. 2 zeigt exemplarisch die Box S03, welche in der ersten Doppelstunde eingesetzt wurde.



Abb. 2: Optische Blackbox (geöffnet) mit Lichtquelle

Die Dokumentation der Bearbeitung in Partnerarbeit erfolgte auf vorbereiteten Bögen, welche hinsichtlich der Lenkung verändert wurden. Die Folgerungen aus getätigter Beobachtung wurden in einer vorbereiteten Skizze festgehalten, welche von geschulten Ratern hinsichtlich Beobachten und Erläutern bewertet wurde. Beobachten umfasst dabei u. a. die Vollständigkeit, während unter Erläutern Qualitätsmerkmale der Modellierung zusammengefasst werden.

### 3.2. Motivationsfragebögen

Die von Mezes, Erb und Schröter entwickelten Skalen [6] wurden reduziert und um Items zu Feedback und Lenkung ergänzt, so dass ein Kurzfragebogen mit weniger als 20 Items zur Verfügung stand. Während sich die Items der Vorerhebung auf den vorherigen Unterricht beziehen wird bei den Items im Nachtest ein konkreter Bezug zu den durchgeführten Experimenten hergestellt.

### 3.3. Design der Studie

Die Umsetzung der Hauptstudie erfolgte im Anschluss an die Pilotierung in neun 6. Klassen ( $N > 200$ ) in Region und Stadt Hannover. Die teilnehmenden Lehrer wurden im Hinblick auf Hilfestellung und Einführung der Blackboxes instruiert, so dass der Einfluss der Lehrer als minimiert angesehen werden kann.

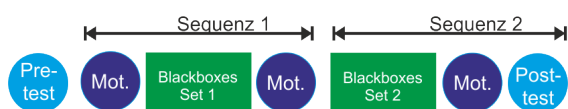


Abb. 3: Design der Studie

Um Rückschlüsse über das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler zu erhalten wurde im Vorfeld ein Fachwissenstest zu assoziierten Optik-Themenfeldern durchgeführt (vgl. Abb. 3). Zu Beginn und zum Ende der Untersuchung wurde die Motivation erhoben (vgl. 3.2). Im Posttest wurden zusätzlich offene Items und eine Konstruktionsaufgabe eingesetzt, auf welche hier jedoch nicht eingegangen wird.

Um Rückschlüsse über eine optimale unterrichtliche Einbettung zu erhalten wurde ein 2x2 Design mit Variation von a) Feedback und b) Lenkung gewählt. Das Feedback erfolgte mithilfe von Musterlösungen.

## 4. Ausgewählte empirische Befunde

Der Einsatz in der Altersklasse setzt voraus, dass die Ansprüche der Blackboxes zu den Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler in einem förderlichen Verhältnis stehen, so dass die Schülerinnen und Schüler motiviert an diesen Boxen arbeiten. Daher wird zunächst der Schwierigkeitsgrad der Boxes betrachtet und Bezug zur Instruktionsqualität hergestellt. Im Anschluss wird auf einen Teil der Motivationskala eingegangen.

### 4.1. Bewertung des Schwierigkeitsgrades

Zur Auswertung der Schülerdokumentationen wurde ein Kategoriensystem entwickelt, welches die beiden Subskalen Beobachten und Erläutern beinhaltet, die zwei, bzw. vier Bewertungskriterien umfassen. Hinsichtlich jedes Kriteriums wurde durch geschulte Rater die erarbeitete Lösung auf einer 0-1-2-Skala bewertet, wobei 0 einer fehlerhaften und 2 einer richtigen Darstellung entspricht. Zur Präsentation der Ergebnisse wird im Folgenden jeweils die relative Punktzahl pro Subskala angegeben (vgl. Abb. 4).

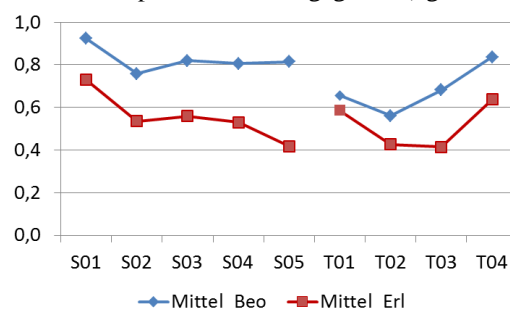


Abb. 4: Mittlere relative Punktzahlen Beobachten und Erläutern

Insgesamt weisen die entwickelten Blackboxes einen für den Anfangsunterricht Optik angemessenen Schwierigkeitsgrad auf; die Beobachtung gelingt erfolgreicher als die Erläuterung ( $N > 146$ ). Es sind weder Boden- noch Deckeneffekte zu beobachten. Wie erwartet gelingt die Beobachtung bei den Spiegel-Blackboxes der ersten Sequenz erfolgreicher als in der zweiten Strahlteiler-Sequenz. Die dort zur Kontrolle eingefügte Spiegel-Blackbox T04 erreicht hinsichtlich Beobachtung und Erläuterung wieder die Lösungshäufigkeit der ersten Sequenz.

### 4.2. Einfluss der Offenheit auf den Bearbeitungserfolg

Im Rahmen der unterrichtlichen Erprobung wurde zwischen stärkerer und schwächerer Lenkung unterschieden. In der ersten Doppelstunde (S01 – S05) gibt es keine signifikanten Unterschiede im Bereich Beobachten in Abhängigkeit von der Offenheit der Anleitungen. Im Umgang mit den komplexeren Strahlteiler-Blackboxes erreichen die Schüler mit

einer stärkeren (geschlossenen) Anleitung eine signifikant bessere Punktzahl hinsichtlich der Beobachtung.

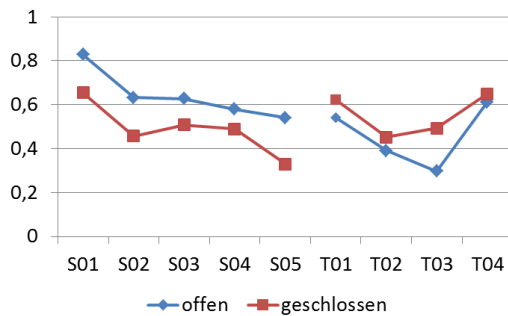


Abb. 5: Mittlere relative Punktzahl Erläutern

In der ersten Sequenz schneiden die Schülerinnen und Schüler mit einem geringeren Anleitungsgrad (offen) hinsichtlich Erläutern signifikant besser ab (Abb. 5). Bei den komplexeren Strahlteiler-Blackboxes liegt lediglich bei T03 ein signifikanter Unterschied vor.

#### 4.3. Ausgewählte Befunde zur Motivation

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf den pre-post-Vergleich der Skala Interesse und Spaß (IuS). Die Reliabilität der Skala ist zu beiden Erhebungszeitpunkten akzeptabel und mit jenen von Mezes, Erb und Schröter [6] vergleichbar (pre:  $N=205$ ,  $\alpha=0,865$ ; post:  $N=223$ ;  $\alpha=0,793$ ).

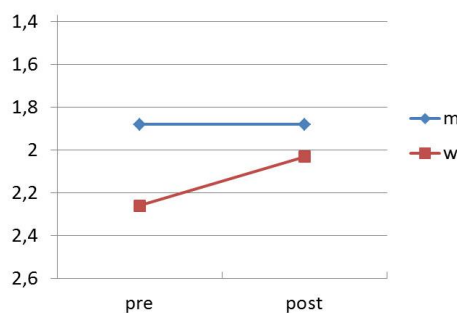


Abb. 6: Vergleich der Skala Interesse und Spaß nach Geschlecht

Zur Ermittlung des Skalenwertes IuS wurde der Mittelwert aus den Einzelitems gebildet (1: sehr positiv,...,5: sehr negativ), diese sind in Abb. 6 dargestellt. Während die Subskala IuS bei den männlichen Teilnehmern ( $N=83$ ) unverändert bleibt ( $MW_{\text{vor}}=MW_{\text{nach}}=1,88$ ) verbessern sich die Mädchen ( $N=104$ ) signifikant ( $MW_{\text{vor}}=2,26$ ,  $MW_{\text{nach}}=2,03$ ; Wilcoxon-Rangsummen-Test,  $\alpha=0,013$ ).

#### 5. Zusammenfassung

Nach einer ersten Datenanalyse bilden die entwickelten Blackboxes für die Schülerinnen und Schüler einen interessanten Unterrichtsgegenstand mit angemessenem Schwierigkeitsgrad. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten ausdauernd und erleben den Umgang mit den Experimenten als positiv und interessant, obwohl die Experimente alltagsfern und sich untereinander ähnlich sind. Dabei profitieren

vor allem Teilnehmerinnen, welche sich hinsichtlich motivationaler Aspekte verbessern und eine Lücke zu den Schülern teilweise schließen können.

#### 6. Literatur

- [1] Burkert, Jürgen; Rudolph, Hartmut (1974): Die black box als didaktisch-methodisches Hilfsmittel im Physikunterricht. Physik und Didaktik, 1, S. 31-40.
- [2] Fischer, Heinz (1971): Die Black-Box-Methode im Unterricht. In: Physik in der Schule 9, S. 119-125.
- [3] Freise, Christian (2012): Optische Black-Box – Entwicklung und Erprobung experimenteller Aufgabenstellungen. Unveröffentlichte Masterarbeit. Hannover. IDMP AG Physikdidaktik.
- [4] Friege, Gunnar & Mie, Klaus (2006): Black-Box-Experimente für die Sekundarstufe I und II. In A. Pitton (Hrsg.), Lehren und Lernen mit neuen Medien.
- [5] Günther, Johannes (2008): Black Boxes – Analogien zu Problemstellungen in der Naturwissenschaft. In: Unterricht Physik 103.
- [6] Mezes, Christian; Erb, Roger; Schröter, Evelin (2012): Der Einfluss von Videoexperimentieranleitungen auf die Motivation von Schülerinnen und Schülern. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 1/11.
- [7] Rode, Henning; Friege, Gunnar (2014): Learning with Optical Black-Box-Experiments in the 6th Grade. In NARST 2014 (proceedings), Pittsburgh, PA.
- [8] Terry, Colin (1995): Blackbox electrical circuits. In: Phys. Teach. 33, 386.