

Einsatz von Infrarotlichtquelle und WebKamera zur Analyse von Prozessen beim Experimentieren

Maximilian Barth, Sven Leutner und Gunnar Friege

Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Mathematik und Physik – AG Didaktik der Physik
Welfengarten 1, 30167 Hannover
barth@idmp.uni-hannover.de, s.leutner@gmx.de, friege@idmp.uni-hannover.de

Kurzfassung

Das Ergebnis eines Experiments kann oft auf unterschiedlichen Wegen zu Stande kommen und es ist häufig nicht möglich, Details des Experimentierprozesses auf der Grundlage der Ergebnisdarstellung zu rekonstruieren. Unsere Forschungsgruppe beschäftigt sich u.a. mit der Untersuchung physikalischer Kompetenz und ist insbesondere am Experimentierprozess und nicht nur am Ergebnis (Produkt) interessiert.

Eine herkömmliche Videoaufzeichnung dieses Prozesses und die anschließende Analyse der Videodaten ist naheliegend. Aufgrund des inhaltlichen Schwerpunkts von Experimenten aus dem Themenbereich Atomphysik und Optik sind derartige Videodaten jedoch entweder schwer möglich oder unmöglich, da die meisten Experimente mit stark reduzierter Ausleuchtung des Experimentierbereichs durchgeführt werden. Wir stellen eine Möglichkeit vor, wie durch Kombination kostengünstiger Technik (Infrarotlichtquelle und WebKamera) für den Alltagsgebrauch Aufnahmen in abgedunkelten Räumen und für den mobilen Einsatz (z. B. in der Schule) möglich werden.

1. Motivation und Zielsetzung

Die exponierte Stellung, die das Experiment im Physikunterricht einnimmt, ist im Allgemeinen unumstritten. Verschiedene wissenschaftliche Studien zeigen jedoch, dass die hoch gesteckten Erwartungen, die an das Experimentieren im Unterricht, im Speziellen an Schülerexperimente, gestellt werden, nicht erfüllt werden können (z.B. [1]). Die Vermutung liegt nahe, dass das Potenzial, welches experimentelles Arbeiten in der Schule bietet, nicht ausgeschöpft wird. Gründe dafür werden zum Beispiel in den verschiedenen Zielsetzungen von Lehrpersonen gesehen, welche diese mit Experimenten in der Schule verbinden [2], [3]. Immer wieder wird auch das Abarbeiten von stark angeleiteten Experimentieraufträgen, sogenannten „Kochbuch-Experimenten“, genannt [4]. Hodsen [5] und Hofstein, Lunetta [4] schlussfolgern, dass die didaktische Forschung vor allem einer stärkeren Ausrichtung an tatsächlichen Unterrichtssituationen und Beweggründen der Lehrpersonen bedarf, um Veränderungen und Verbesserungen experimentellen Unterrichts zu erzielen.

Der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe kann nach Schecker et al. [6] als eine Kombination aus Lehrerexperiment, Lehrervortrag und fragend-entwickelndem Unterrichtsgespräch angesehen werden. Nach der TIMS-Studie kommt es selten zu Schülerexperimenten oder einem Entwickeln von Experimenten durch Schüler im Unterricht [7].

Im Jahr 2009 wurde im Bundesland Niedersachsen erstmals ein Zentralabitur mit experimenteller

Aufgabenstellung gestellt [8], welche während des Abiturs in Form eines Schülerexperiments bearbeitet wurde. Die Abituraufgaben basieren auf einer standardisierten Materialbasis, welche zur Vorbereitung auf das Abitur auch im Unterricht eingesetzt wird. Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Möglichkeit, den Einsatz von Schülerexperimenten in dem Bereich Atomphysik und Optik im unterrichtlichen Umfeld näher zu untersuchen.

Für eine fachdidaktische Betrachtung und Analyse der Experimente im Unterricht sind zwei Aspekte von besonderem Interesse.

Einerseits sind die verschiedenen Strategien und Handlungsmuster von Lehrpersonen, wie diese die Experimente in ihren Unterricht einbetten, zu untersuchen.

Andererseits sind die Prozesse, die Schülerinnen und Schüler während eines Experiments durchlaufen, näher zu beschreiben und es ist nach Einflussfaktoren auf das unterrichtliche Experimentieren zu suchen.

Bewährte Kategoriensysteme zur Analyse von Prozessen während Experimentiertätigkeiten lassen sich z.B. bei Schreiber et al. [9], Neumann [10] oder Niedderer et al. [11] finden. Für die Untersuchungen von unterrichtlichem Experimentieren, wie sie in unserer Forschungsgruppe geplant sind, müssen diese Kategoriensysteme jedoch an die speziellen Gegebenheiten angepasst werden.

Weil der Schwerpunkt der Schülerexperimente auf den Themengebieten Schwingungen und Wellen sowie der Atomphysik liegt, ergibt sich das Problem,

die experimentellen Arbeiten der Schülerinnen und Schüler in zum Teil sehr stark abgedunkelten Räumen erfassen zu wollen. Daher bedarf es einer technischen Lösung, die über die Aufnahmefähigkeiten normaler Digitalkameras hinausgeht.

2. Technische Aspekte - Lösungsvorschlag und Konstruktion

Moderne Digitalkameras geben für die häufig vorhandenen Nachtmodi minimale Beleuchtungsstärken von ca. 0,3 lux an, um noch gute Aufnahmen liefern zu können. Für stark abgedunkelte Physikräume reicht dies jedoch nicht aus. Die Beleuchtungsstärke der abgedunkelten Klassenräume liegt häufig nur wenig über der skotopischen Wahrnehmungsgrenze und damit deutlich unter den minimalen Beleuchtungsstärken der normalen Kamera. Um ein Experimentieren zu ermöglichen, bringen Schüler meist eigene kleine Taschenlampen in den Unterricht mit oder verwenden die Bildschirme eigener Handys als Lichtquellen. Da bei den Versuchen oftmals Lichtquellen (z.B. zur Bestimmung der Wellenlänge einer LED) verwendet werden, entstehen im Zusammenspiel mit den Taschenlampen ständig wechselnde Lichtverhältnisse an den Arbeitsplätzen der Schülerinnen und Schüler.

Die Verwendung von Restlichtverstärkern zur Aufnahme der Experimente kann aufgrund dieser Lichtverhältnisse und des hohen Anschaffungspreises ausgeschlossen werden.

Entsprechend eines Vorschlages von Bechtel, Bechtel [12] können Filmaufnahmen auch bei geringer Beleuchtungsstärke im sichtbaren Wellenlängenbereich mit Hilfe einer Infrarotbeleuchtung durchgeführt werden. Da die CMOS oder CCD-Sensoren von Digitalkameras ein deutlich größeres Aufnahmespektrum im infraroten Bereich besitzen als das wahrnehmbare Spektrum des menschlichen Auges, kann die Ausleuchtung des Schülerarbeitsplatzes auch im nicht sichtbaren IR-Wellenlängenbereich erfolgen. Für handelsübliche CCD-Sensoren wird der Aufnahmebereich der Sensoren von einem Hersteller mit ca. 400- 1050 nm angegeben [13]. Im Originalzustand ist in Digitalkameras ein Sperrfilter integriert, um eine möglichst gute Abbildungsqualität zu erreichen. Damit werden Wellenlängen oberhalb des sichtbaren Spektrums herausgefiltert.



Abb.1: WebCam: Lifetec LT 9388 PC Camera mit IR-Sperrfilter

Ziel des Einbaus dieses Sperrfilters ist es, für den Betrachter ein möglichst authentisches und farbechtes Bild zu erzeugen.

Für Aufnahmen in abgedunkelten Räumen ist der IR-Sperrfilter, welcher sich im optischen Apparat der Kamera befindet, zu entfernen. Abbildung 1 zeigt den zerlegten optischen Apparat einer handelsüblichen WebKamera. Der IR-Sperrfilter ist häufig hinter der einfachen Linse angeordnet und kann entnommen werden.

Durch Hinzunehmen von IR-LEDs lässt sich eine ausreichende Beleuchtung des Schülerexperimentierbereichs erreichen, da die WebKamera nach Entnahme des Sperrfilters deutlich empfindlicher in diesem Wellenlängenbereich ist.

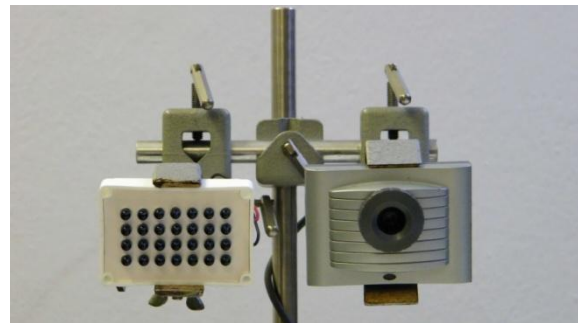


Abb. 2 Kombination von Infrarot-LED-Panel und Webcam an einer Stativhalterung zur Aufnahme von Schülerexperimenten in abgedunkelten Physikräumen.

Abbildung 3 zeigt den Vergleich zwischen Aufnahmen mit einer präparierten WebKamera mit Infrarotbeleuchtung und einem normalen Digitalcamcorder. Bei sehr stark reduzierter Klassenraumbeleuchtung (3. Zeile) sind Aufnahmen nur noch mit WebKamera und IR-Beleuchtung möglich. Die Bilder werden von der Software schwarz-weiß dargestellt.



Abb. 3 Aufnahmen in einem Klassenraum mit wechselnder Beleuchtung und verschiedenen Aufnahmemethoden.

Der Preis für IR-Panel [14] und WebKamera [15] liegt zusammen bei ca. 30-40 Euro. Die Software [16] ist im Internet kostenlos erhältlich.

3. Darstellung von Prozessen während unterrichtlicher Schülerexperimente

Über ein exploratives Vorgehen wird nach unterrichtlichen Einflussfaktoren auf das Experimentieren der Schülerinnen und Schüler gesucht. Ziel ist es, eine Methode zu finden, den Prozess, den diese während des Experimentierens durchlaufen, in geeigneter Form darstellen zu können.

Eine alleinige Betrachtung der Ergebnisse liefert über diesen Prozess wenig Aufschlüsse, da sich die Mitschriften der Schüler während des Experiments häufig auf das Notieren einiger Messwerte oder kleinerer Rechnungen beschränken. Diese sind meist unstrukturiert und in zusammenhangloser Form aufgeschrieben. Im Anschluss an das Experiment werden im Klassenverband die Messergebnisse kurz angesprochen und erste Messungen verglichen. Das Schreiben eines vollständigen oder Teilprotokolls wird häufig in die Hausaufgabe verlagert oder nach dem Vergleichen der Messwerte von einem Stundenprotokollanten für den Rest der Klasse übernommen.

Mehr Informationen über das experimentelle Vorgehen der Schülerinnen und Schüler bietet eine Betrachtung mit Hilfe von Videoaufnahmen. Für erste Unterrichtsvideos wurde das Kategoriensystem von Schreiber et al. [9] leicht abgewandelt. Da die betrachteten schulischen Aufgaben meist mehrere Teilaufgaben umfassen, wurde als neue Variable die Variation des Versuchsaufbaus hinzugefügt. Diese umfasst eine Abwandlung des Versuchsaufbaus von einer Teilaufgabe zur nächsten.

Zusätzlich wurde ähnlich dem CBAV-System (siehe Niederer [11]) die Interaktion mit dem (der) Lehrer (in) erfasst. Abweichend wird hierbei unterschieden, ob die Initiative von den Schülern/innen oder von der Lehrperson ausgegangen ist. Außerdem wird

erfasst, ob Schüler/innen mit anderen Mitschülern in Austausch getreten sind. Erste Bestimmungen der Interraterreliabilität liegen bisher zwischen κ -Werten von 0.69 und 0.74. Die für eine Erfassung der Sichtstruktur relativ niedrigen κ -Werte sind vermutlich darauf zurückzuführen, dass die 10 Sekundentaktung mitunter nicht ausreicht um die schnellen Wechsel zwischen den Ausprägungen einer Kategorie aufzulösen.

Abbildung 4 zeigt den Prozessverlauf einer Schülergruppe während eines unterrichtlichen Experiments mit drei Teilaufgaben (subjektive Wellenlängenmessung einer LED). Um die Arbeit der Schüler einordnen zu können, wurde auch hier die Richtigkeit der einzelnen Prozessschritte im Sinne der Aufgabenstellung notiert. Anhand des Diagramms lässt sich erkennen, dass der Weg der Schüler durch die Aufgabenstellung des Experiments keineswegs als linear zu betrachten ist.

Der Interaktion mit der Lehrperson kommt in diesem untersuchten Video eine zentrale Rolle zu, da sie mehrfach in die Arbeit der Schüler eingreift. Erst nach mehrfacher Rücksprache mit der Lehrperson gelingt es den Schülern den Versuch im Sinne der Aufgabenstellung aufzubauen und durchzuführen. In weiteren Unterrichtsvideos zeigen sich Anzeichen, dass sich für Schüler/innen beim Lösen einer experimentellen Aufgabe in der Sekundarstufe II eine Vielzahl an Hürden auftun, an denen Sie zu scheitern drohen. Diese beziehen sich auf alle Teilbereiche des Experimentierens.

Erste Lösungsstrategie ist häufig der Austausch mit der Lehrperson oder mit den Mitschülern/innen, da es zur Lösung meist nur einiger Details im Aufbau oder der Auswertung bedarf. Ein zukünftiger Untersuchungsschwerpunkt wird in der systematischen Betrachtung der Interaktion zwischen Experimentierenden, der Lehrperson sowie den Mitschülern/innen liegen.

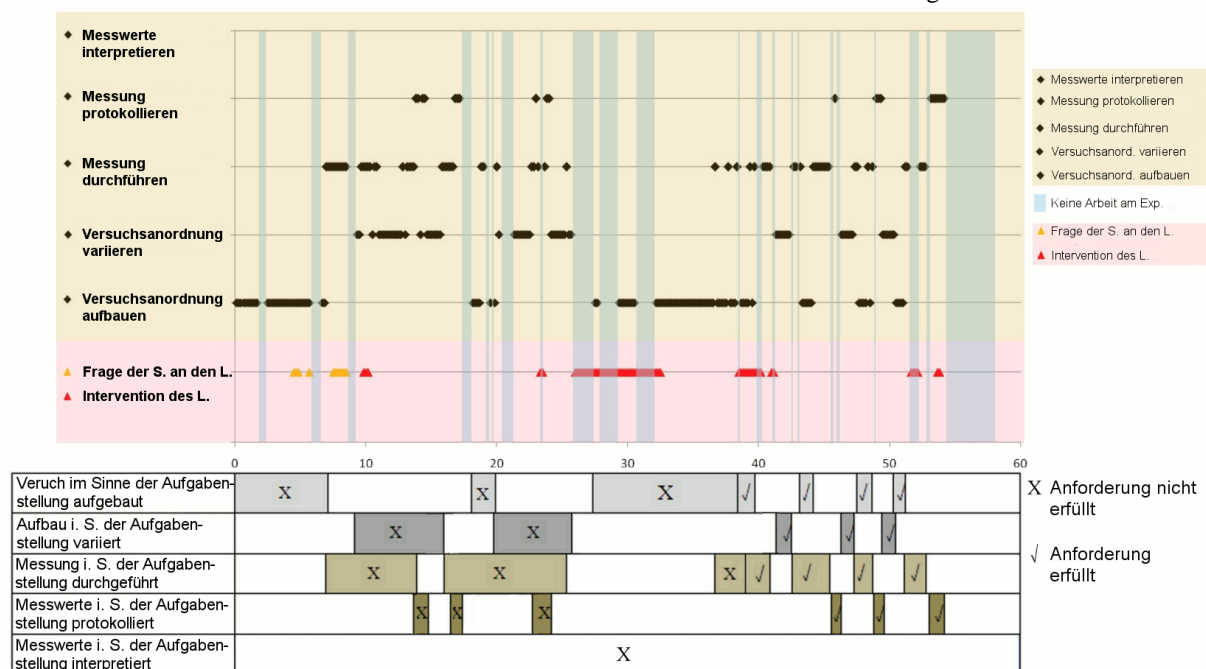


Abb. 4 Darstellung des Prozessdiagramms einer Schülergruppe bei Bearbeitung einer experimentellen Aufgabenstellung

4. Literatur

- [1] Lunetta, V. (1998): The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. In: Fraser, B. J. (Ed.) International handbook of science education, S. 249-262, Dordrecht: Kluwer.
- [2] Séré, M.-G. (2002): Towards renewed research questions from the outcomes of the European project Labwork in Science Education. Science Education, 86, 5, S. 624–644.
- [3] Hopf, M. (2004): Schülerexperimente, Stand der Forschung und Bedeutung für die Praxis. Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule, 63, 6, S.2–7.
- [4] Hofstein, A.; Lunetta, V. (2004): The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. In: Science Education, 88, 1, 28–54.
- [5] Hodsen, D., (1993): Re-thinking Old Ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. Studies in Science Education, 22, 1, S.85–142.
- [6] Schecker, H., Fischer, H. E., Wiesner, H., (2004): Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In: Tenorth, H.-E. (Hrsg.) Kerncurriculum Oberstufe II. Biologie, Chemie, Physik, Geschichte, Politik. Expertisen im Auftrag der KMK (S. 148-234), Weinheim u.a.: Belz.
- [7] Baumert, J.; Köller, O., (2000): Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In: Baumert, J.; Köller, O. (Hrsg.), Opladen: Leske + Budrich.
- [8] Niedersächsisches Kultusministerium, http://www.nibis.de/nli1/gohrzs/zentralabitur/zentralabitur_2009/20070307ExpKastenInfoE-Mail.pdf, Stand (5/2010).
- [9] Schreiber, N.; Theyßen, H.; Schecker, H., (2009): Experimentelle Kompetenz messen?!. In: Deutsche Physikalische Gesellschaft, Fachverband Didaktik der Physik (Hrsg.): Vorträge auf der Frühjahrstagung Bochum 2009 (Tagungs-CD).
- [10] Neumann, K. (2004): Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. Reihe: Studien zum Physiklernen, Bd. 38, Berlin: Logos.
- [11] Niedderer, H., et al. (1998): Category based analysis of videotapes from labwork (CBAV) - the method and results from four case studies. In: Working Paper 9 from the European Project Labwork in Science Education (Project PL 95-2005).
- [12] Bechtel, S., Bechtel, S. (2009): Bau einer einfachen Infrarotkamera und experimentelle Untersuchungen zum Wood-Effekt - “die Welt mit anderen Augen sehen”, Wettbewerbsarbeit im BundesUmweltWettbewerb.
- [13] Herstellerinformationen CCD-Sensor : <http://www.andor.com/pdfs/Digital%20Camera%20Fundamentals.pdf>, Stand (5/2010)
- [14] IR-Panel: Kemo-Electronic, Conrad Art.Nr.: 114995-62, 20,47 € , Stand (05/2010)
- [15] WebCam: Lifetec LT 9388 PC Camera
- [16] Software: Debut Video Capture: http://www.chip.de/downloads/Debut-Video-Capture_31669906.html, Stand (05/2010)