

TSL: Interventionsgestaltung im Nebenfachpraktikum

Tobias Mühlenbruch (geb. Gutzler), Daniel Rehfeldt, Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin, Fachbereich Physik, Didaktik der Physik, Arnimallee 14, 14195 Berlin
tobias.muehlenbruch@fu-berlin.de, daniel.rehfeldt@fu-berlin.de, volkhard.nordmeier@fu-berlin.de

Kurzfassung

Das Projekt Technology SUPPORTed Labs (TSL) hat die Verbesserung naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika durch Ergänzung um multimediale Elemente zum Auftrag. In diesem Artikel soll zum einen das Gesamtkonzept vorgestellt werden, das es ermöglicht, die Vielfalt multimedialer Elemente innerhalb einer Oberfläche zu vereinen. Interaktive Bildschirmexperimente (IBE), Videos etc. werden so direkt in das Praktikumsskript integriert und überall zugänglich gemacht. Zum anderen wird ein IBE vorgestellt, das nicht nur ein neues Maß an Komplexität erreicht, sondern auch neue Elemente beinhaltet, wie eine zweite Visualisierungsebene oder ein Reparaturvideo bei vorher begangenen Fehler.

1. TSL – Ausgangslage im Projekt

Im Projekt Technology SUPPORTed Labs (TSL) sollen naturwissenschaftliche Experimentalpraktika durch den Einsatz von Multimedia verbessert werden. Dazu wird zunächst der Praktikumsverlauf anhand eines Flussdiagramms erhoben und eine darauf ausgerichtete Problem- und Bedarfsanalyse durchgeführt. Diese besteht zum einen aus einem qualitativen Teil, der sich aus ExpertInnenworkshops zusammensetzt, die mit den Leitenden, Betreuenden und Teilnehmenden des Praktikums durchgeführt werden. Auf Grundlage der Ergebnisse folgt eine Vollerhebung über einen Online-Fragebogen, die dazu dient, herauszufinden, wie verbreitet die Wahrnehmung dieser Problem- bzw. Bedarfslage unter allen Teilnehmenden und Betreuenden ist.

Im Physikalischen Praktikum für Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler (NP) ist diese Evaluierung bereits abgeschlossen. Als zentrale Ergebnisse der qualitativen Studie sind acht Probleme zu nennen (Mühlenbruch et al. 2014):

1. Zu geringes physikalisches Vorwissen der TeilnehmerInnen (vgl. auch Kreiten 2012; Nagel 2009; Theyßen 2000)
2. Zu geringe Experimentier- und Gerätekenntnisse der TeilnehmerInnen (vgl. auch Kreiten 2012; Zastrow 2001)
3. Vorbereitung bereitet zu wenig auf den praktischen Teil des Versuchs vor (vgl. auch Kreiten 2012; Zastrow 2001)
4. Kurzttest: motivierend für Theorie, aber überarbeitungsbedürftig
5. Kurzttest bewirkt erhöhten Erfolgsdruck
6. Arbeitsbelastung im NP ist zu hoch (vgl. auch Kreiten 2012)

7. Betreuung während der Versuchsdurchführung ist unzureichend
8. PC-geschriebene Protokolle sind fachlich schlechter (Anm.: Daher vorrangig Einsatz von handgeschriebenen Protokollen)

Auf Grundlage der qualitativen Untersuchung kann die Aussage getroffen werden, dass diese acht Probleme im Praktikum vorlagen. Es konnte jedoch keine Aussage darüber getroffen werden, wie verbreitet diese Probleme waren bzw. wie präsent. Um dies herauszufinden, wurde auf Grundlage der Ergebnisse ein Fragebogen gestaltet, der in Form einer Vollerhebung Aufschluss über die Präsenz der Probleme bei den Teilnehmenden und den Betreuenden geben sollte. Kriterium hierfür war eine mittlere Zustimmung der jeweiligen Gruppe, die signifikant über der Neutralitätsmarke der jeweiligen Skala lag. Dadurch konnten drei dieser Probleme als besonders präsent identifiziert werden (Rehfeldt et al. 2014):

1. Vorbereitung bereitet zu wenig auf den praktischen Teil des Versuchs vor
2. Kurzttest: motivierend für Theorie, aber überarbeitungsbedürftig
3. Arbeitsbelastung & Erfolgsdruck sind im NP zu hoch

Diese drei Probleme müssen daher bei der Interventionsgestaltung besonders berücksichtigt werden, wengleich auch die anderen genannten Probleme für einige Beteiligte bzw. in weniger ausgeprägter Form im Praktikum vorliegen.

2. Gesamtkonzept

Das Lernen im Praktikum findet nicht ausschließlich während des Experimentierens statt. Vielmehr wird ein „bedeutender Teil des mit der Durchführung des Praktikumsexperiments erworbenen Wissens nicht durch die Praktikumsarbeit, sondern durch die Beschäftigung mit der Versuchsanleitung“ (Hucke

1999) im Vorfeld (auch als Praktikumsskript bezeichnet) erworben. Das Skript spielt generell für das Praktikum eine zentrale Rolle. So ist es „für die Studierenden in der Regel die einzige Quelle für die Vorbereitung auf das Praktikumsexperiment“ (Hucke 1999).

Damit kommt dem Skript im Praktikum eine größere Bedeutung zu, als beispielsweise die eines Schulbuches für den Physikunterricht. Die Grenzen des Mediums Schulbuch werden uns heute immer häufiger bewusst. So verweisen auch Nordmeier et al. (2014) in ihrem Artikel zum Schulbuch der Zukunft darauf, dass das heute zur Verfügung stehende Potential der Technologie dazu genutzt werden kann und sollte, neue innovative Konzepte von elektronischen Schulbüchern und e-Portfoliosystemen auszubauen und damit das Lernen zu fördern. Die Verfügbarkeit dieser Technologien ist dabei kaum noch begrenzt, da mobile Endgeräte wie Notebooks, Tablet-PC und Smartphones heute (und besonders in der Zukunft) beinahe allgegenwärtig sind (und sein werden). Erste Ansätze bekannter Schulbuchverlage gehen dahin, Schulbücher in elektronischer Form zur Verfügung zu stellen und in ihnen durch Verweise und Hyperlinks auf zusätzliche Materialien und Werkzeuge zu verweisen. Zu kritisieren ist in diesem Zusammenhang jedoch, dass multimediale Elemente auf diese Weise nicht in die Schulbuchseite integriert werden, sondern lediglich durch Symbole auf sie verwiesen wird (ebd.).

Eine ähnliche Entwicklung ist auch im Bereich der Experimentalpraktika zu beobachten. Auch hier wird versucht, Multimedia zum Einsatz zu bringen, was sich auch als lernförderlich erweist. Als Beispiel ist die Arbeit von Kreiten (2012) zu nennen, sie gestaltete ein physikalisches Praktikum webbasiert auf der Grundlage des Learning-Management-Systems ILIAS um. Dabei bot sie Multimediainhalte begleitend zum Skript des Praktikums an. Sie fand heraus, dass ihre elektronischen textbegleitenden Aufgaben die experimentelle Vorbereitung positiv unterstützen. Die Versuchsgruppe, die die webbasierten Materialien nutzte, schnitt in den Leistungstests stets besser ab, als die Kontrollgruppe.

Ähnlich wie bei den elektronischen Schulbüchern ist hier u. E. jedoch zu kritisieren, dass das angebotene Material nur bedingt als zusammengehörig erscheint, da auch hier keine Integration der multimedialen Elemente in die Skriptseiten stattfindet.

Nagel (2009) gestaltete eine eLearning-Umgebung zur Vorbereitung auf die Praktikumsversuche und evaluierte seine Arbeit. Er stellte fest, dass die eLearning-Umgebung geeignete Rahmenbedingungen für einen Leistungszuwachs im Praktikum schaffte. Er fand in seiner deskriptiven Analyse auch heraus, dass es unterschiedliche Nutzertypen („Individualnutzer“ und „Intensivnutzer“; ebd.) gab. Das eLearning-Angebot konnte beiden Nutzertypen gerecht werden und lässt damit eine Individualisie-

rung des Lernprozesses zu. Ein weiteres Ergebnis war, dass die Studierenden in der Mehrheit zusätzliche eLearning-Angebote wahrnahmen. Dabei fanden 75% der Studierenden die eLearning-Angebote hilfreich, um eigenes mangelndes Vorwissen auszugleichen. Nagel und Wolny (2013) wendeten dieses Konzept im Zusammenhang mit einer didaktischen Rekonstruktion auf ein Nebenfachpraktikum – das physikalische Praktikum für Ernährungswissenschaftler – an und erzielten auch hier positive Resultate bei der adressatenspezifischen Verbesserung des Praktikums.

Auch bei der Lösung von Nagel (2009) und Nagel und Wolny (2013) bleibt u. E. das Problem, dass die multimedialen Elemente nicht direkt in die Skriptseite eingebettet sind, sondern über Hyperlinks in externen Fenstern zur Verfügung gestellt werden.

Aus den hier exemplarisch vorgestellten Ergebnissen lassen sich für das Projekt TSL Schlussfolgerungen ziehen, die für ein TSL-Gesamtkonzept eines multimedialen Skriptes berücksichtigt werden sollten:

1. Multimediales Lernmaterial steigert die Leistung im Praktikum. Damit verbunden ist die Hoffnung, dass durch realitätsnahe Materialien eine bessere Vorbereitung auf den praktischen Teil, den Versuch im Praktikum, verbessert werden kann. Eine Integration von Multimedia in ein Praktikum ist somit nicht nur zeitgemäß, sondern auch erfolgversprechend.
2. Es kann gelingen, unterschiedliches Vorwissen durch das Angebot von (multimedialen) Zusatzmaterialien auszugleichen. Die Freiwilligkeit bei der Nutzung erhöht nicht nur den Grad der Selbstbestimmung beim Lernen, sie wirkt sich auch nicht nachteilig aus, da die Nutzungsquote nachweislich hoch sein kann.
3. Als innovative Verbesserung bisheriger Lösungen soll eine Möglichkeit geschaffen werden, die multimedialen Anwendungen (z. B. IBE, Simulationen, Videos etc.) direkt in das Skript einzubetten.
4. Durch die allgegenwärtige Verfügbarkeit (mobiler) Endgeräte sind der Nutzbarkeit keine lokalen oder temporären Grenzen gesetzt. Es steigt sogar die Flexibilität, da man lediglich ein Endgerät zur Verfügung haben muss, statt Bücher, das Skript und eventuell weitere Arbeitsmaterialien mitzuführen. Es ergibt sich hieraus jedoch auch eine Anforderung: Die technische Lösung muss geräteunabhängig und jederzeit verfügbar sein. Daher bietet sich ein System an, das über einen Browser (html5) nutzbar ist, und deren Daten über das Internet abrufbar, möglichst sogar editierbar sind.
5. Ein zusätzlicher Punkt ergibt sich aus der einfachen Anforderung der Nachhaltigkeit: Da das Projekt TSL nur eine begrenzte Laufzeit hat, muss es Praktikumsleiterinnen und -leitern so-

wie den Betreuenden möglich sein, auch nach Beendigung des Projektes das neue digitale Skript zu editieren. Dabei können nicht in allen Praktika Programmierkenntnisse (im Sinne der Medienentwicklung) vorausgesetzt werden. Daher muss eine Editierung auch ohne Programmierkenntnisse möglich sein.

Die genannten fünf Punkte sind alle durch die Verwendung des digitalen Portfoliosystems *tet.folio* (www.tetfolio.de) umzusetzen. Das an der Freien Universität entwickelte, für das Projekt TSL angepasste *tet.folio* ist ein webbasiertes System, das es ermöglicht, ohne Programmierkenntnisse Inhalte zu erstellen und Multimediaelemente direkt in das Skript zu integrieren. So ist es im Projekt TSL möglich, nicht nur die Vorteile digitaler Medien voll auszuschöpfen, sondern die Lerneinheit als vollständig zusammenhängend darzustellen. Neben der Möglichkeit, Medien wie Videos, Audiodateien, IBE oder Simulationen in die Lernoberfläche zu integrieren, gibt es im *tet.folio* eine Reihe weiterer nützlicher Werkzeuge, wie z. B. grafische Auswertungen oder die Erstellung von Stopp-Trick-Animationen und sogar einfacher IBE. Um die Bandbreite der Möglichkeiten für erfahrenere Nutzer groß zu halten, ist es neben den vielen programmierlosen Funktionen und Werkzeugen auch möglich, direkten Quellcode als javaskript einzugeben (vgl. hierzu auch Kirstein und Nordmeier 2014).

Das TSL-Gesamtkonzept lässt sich also als ein elektronisches Skript beschreiben, bei dem die Integration aller Medien in eine gemeinsame Lernsoftware und sogar in eine gemeinsame Oberfläche zur Vermittlung der Zusammengehörigkeit im Mittelpunkt steht. Die einzelnen Interventionen in Form multi-

medialer Elemente (z. B. IBE) werden so direkt innerhalb des Skriptes und somit in der Vorbereitung verankert.

Ein Beispiel für die Integration unterschiedlicher Elemente, wie sie das *tet.folio* ermöglicht, zeigt Abbildung 1: Links oben ist ein Ausschnitt des Skripttextes vor der Überarbeitung zu sehen. Darunter befindet sich ein Interaktives Bildschirmexperiment, in dem das Messen von Spannungen und Strömen mit einem Multimeter geübt werden soll. Das IBE ist direkt auf der Seite bedienbar. Alternativ kann es aber auch im Vollbildmodus aufgerufen werden. Rechts oben im Bild befindet sich eine fiktive Multiple Choice Aufgabe, die sowohl der Selbstkontrolle beim Lernen, als auch der Überprüfung der Vorbereitung dient. Darunter befindet sich eine zweite Aufgabe, um die Durchführung einer Messung anzuregen und ein Feedback zur richtigen Lösung zu geben.

3. Messen Lernen mit einem IBE

Auf Grundlage der in Kapitel 1 genannten Untersuchungsergebnisse wurden gezielte Beobachtungen bei den Versuchsdurchführungen im Praktikum vorgenommen. Das Ergebnis bzw. Problem 1 *Vorbereitung bereitet zu wenig auf den praktischen Teil des Versuchs vor* konnte in der Versuchseingangsphase identifiziert werden. Beobachtet wurden beispielsweise erhebliche Schwierigkeiten der Studierenden in der Versuchseingangsphase bei der Messung von Strömen und Spannungen. Als möglicher Grund für dieses Ereignis liegt das genannte Problem nahe.

Im bisherigen Skript wird zwar auf unterschiedliche Messwerke und Geräte eingegangen und erwähnt, dass das Messen von Strömen in Reihe und das

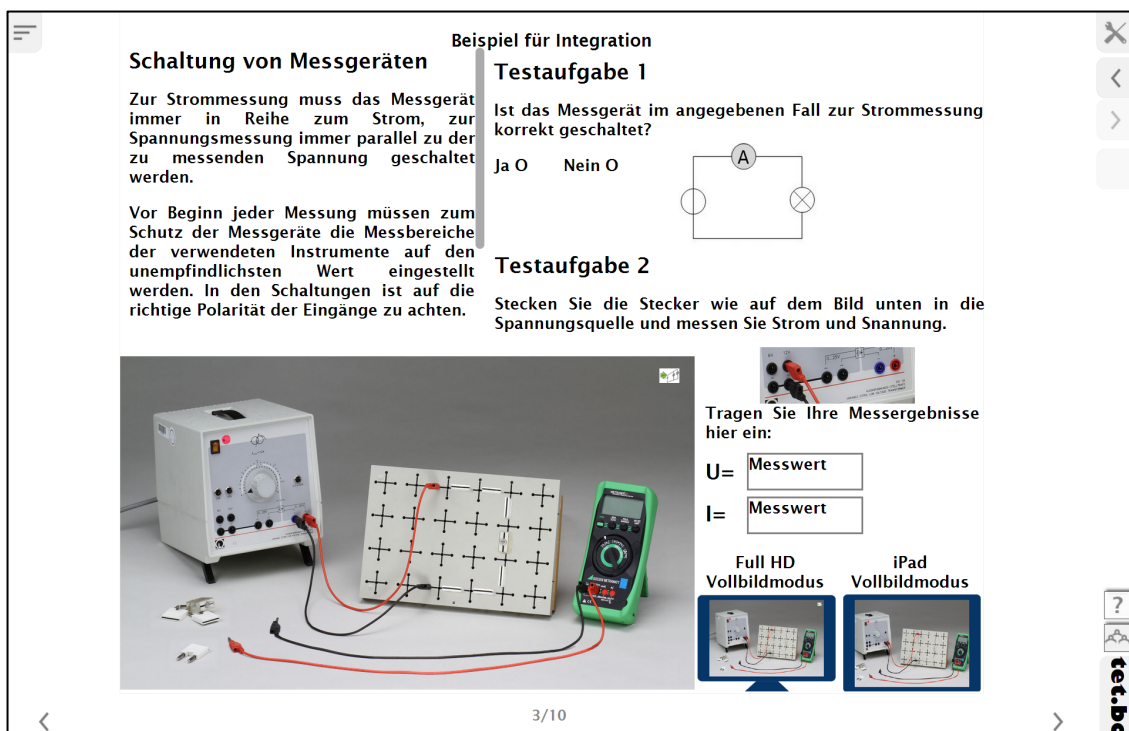


Abb. 1: Beispiel für die Integration unterschiedlicher Elemente im Skript im elektronischen Portfoliosystem *tet.folio* 3

Messen von Spannungen parallel geschieht, es wird jedoch keinerlei weiteres Medium zur Veranschaulichung genutzt, das über den einfachen Text hinaus geht – trotz nachweislicher Vorwissenslücken der Nebenfachstudierenden.

Als Schlussfolgerung muss das Skript also an dieser Stelle umgestaltet werden. Neben einer Veränderung des Textes wird das Material mit Bildern und eventuell einem Video angereichert. Um besonders die Vorbereitung auf den praktischen Teil zu fördern, wurde ein Interaktives Bildschirmexperiment gestaltet, in dem das Messen von Strömen und Spannungen ermöglicht wird (vgl. Abbildung 2).

Das IBE ist in seiner Komplexität bisher einzigartig. So ist es möglich zwischen Gleich- und Wechselspannung an der Spannungsquelle zu wählen und diese frei einzustellen. Zusätzlich gibt es einen Festspannungsbereich. Die linke Lampe ist in der Grundstellung nicht eingesteckt und kann hinzugefügt werden. Alle Brücken sind entfernbar und beliebig einzustecken.

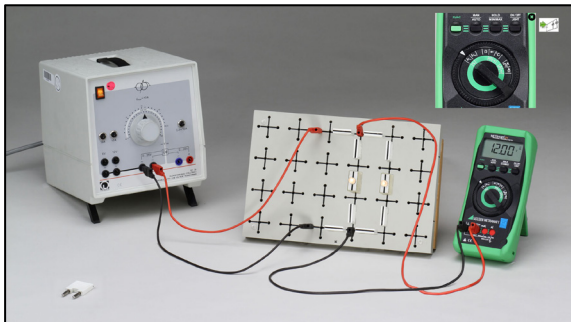


Abb. 2: IBE zum Lernen des Messens von Strömen und Spannungen in Grundstellung

Die Messleitungen sind ebenfalls beliebig einzustecken. Die physikalisch korrekte Funktionsweise ist durchgehend gewährleistet.

Auch Fehler dürfen bei der Versuchsdurchführung begangen werden. So zeigt das Messgerät beim Messen einer eingestellten Wechselspannung bzw. eines eingestellten Wechselstroms, wenn es selbst auf Gleichspannungsmessung bzw. Gleichstrommessung eingestellt ist, wechselnde, zufällige Messwerte innerhalb eines Intervalls an, wie es auch bei dem realen Gegenstück im Versuch passiert.

Wird das Messgerät zur Strommessung eingestellt, aber parallel zur Lampe angeschlossen, so zeigt es nur Nullen auf dem Display an. Es erscheint ein kleiner Button oben rechts, mit dem die Reparatur des Messgerätes veranlasst werden kann. Nun muss ein Video von ca. 30 Sekunden angeschaut werden, in dem die Feinsicherung ausgetauscht wird (vgl. Abbildung 3).

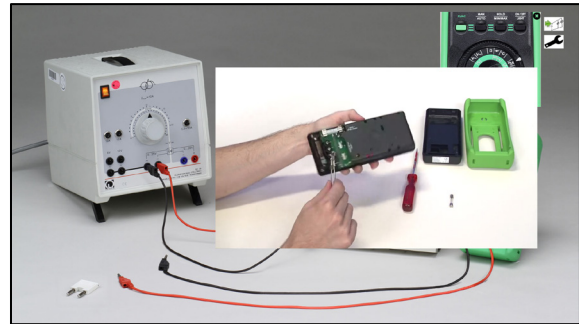


Abb. 3: IBE zum Lernen des Messens von Strömen und Spannungen mit eingeblenndem Reparaturvideo

Ein weiteres Element ist die zweite Visualisierungsebene in Form eines Stromlaufplans, die auf Wunsch eingeblenndet werden kann. Der Stromlaufplan passt sich in Echtzeit der veränderten Schaltung des Experiments an und soll so die Möglichkeit der Vernetzung des abstrakten Schaltplans mit dem Aufbau eines Experiments fördern (vgl. Abbildung 4).

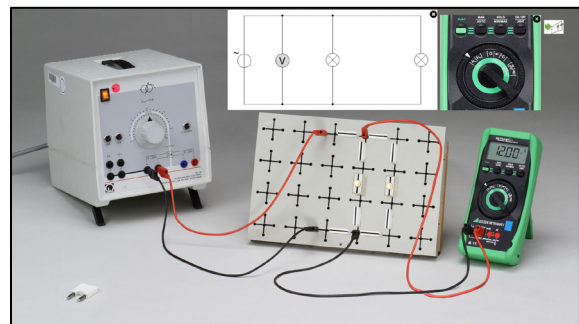


Abb 4: IBE zum Lernen des Messens von Strömen und Spannungen mit eingeblenndem Stromlaufplan

Ziel ist es, durch die unmittelbare Verbindung eines abstrakten Symbolsystems mit dem physikalischen Experiment das Verständnis der Lernenden zu verbessern. Dabei besteht die Hoffnung, dass dieses verwendete Medium, ähnlich wie in den Ergebnissen von Hucke (1999) bei der Arbeit mit Modellbildungssystemen, dazu beiträgt, dass Studierende ihre Handlungen häufiger auf der abstrakten kognitiven, also der physikalisch-theoriegeleiteten Ebene regulieren.

4. Ausblick - Evaluationsvorhaben

Neben dem hier vorgestellten IBE werden derzeit noch weitere produziert. Zu nennen sind hier eine IBE-Reihe, zum Thema Induktion, oder ein IBE, in dem der Umgang mit dem Oszilloskop eingeübt werden kann. Auch hier sind neue Elemente und Funktionen geplant. So wird es einen Prüfungsmodus geben, in dem zufallsgenerierte Signale gefunden, gemessen und richtig abgelesen werden müssen. Bei falsch eingetragenen Werten wird automatisch in ein self assessment übergegangen, in dem der entsprechende Schritt noch einmal angeleitet geübt werden kann.

Die gestalteten Elemente werden als nächstes einzeln evaluiert. So wird das IBE aus Abschnitt 3 per eye tracking auf seine Usability und anschließend in einer formativen Evaluation auf seine Wirkung hin überprüft.

5. Literaturverzeichnis

- [1] Hucke, Lorenz (1999): Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und Computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums. Dissertation. Universität Dortmund, Dortmund. Online verfügbar unter <http://d-nb.info/960396934/34>, zuletzt geprüft am 18.02.2013.
- [2] Kirstein, Jürgen; Nordmeier, Volkhard (2014): tet.folio: Physik lehren und lernen mit einem digitalen Portfolio. In: *Praxis der Naturwissenschaften Physik in der Schule* 63 (3), S. 19–28.
- [3] Kreiten, Marga (2012): Chancen und Potenziale web-basierter Aufgaben im physikalischen Praktikum. Online verfügbar unter <http://kups.ub.uni-koeln.de/4719/>, zuletzt geprüft am 22.02.2013.
- [4] Mühlenbruch, Tobias; Rehfeldt, Daniel; Nordmeier, Volkhard (2014): TSL: Bedarfsanalyse im physikalischen Praktikum für Naturwissenschaftler. GRAFCET: Ein „neues“ Werkzeug zur Strukturierung von Lehrveranstaltungen. In: IZBF (Hg.): Berlin- Brandenburgische Beiträge zur Bildungsforschung. Berlin- Brandenburgische Beiträge zur Bildungsforschung. Berlin, 7.-8-10.2013.
- [5] Nagel, Clemens; Wolny, Brigitte (2013): Ein adressatenspezifisches Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften. Didaktische Rekonstruktion und Evaluation. In: *PhyDid A, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, S. 48–61. Online verfügbar unter <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid/article/view/416/Artikel%20416>, zuletzt geprüft am 11.07.2013.
- [6] Nagel, Clemens Christoph (2009): eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum. 96. Aufl.: Logos Verlag Berlin.
- [7] Nordmeier, Volkhard; Neuhaus, Wolfgang; Kirstein, Jürgen (2014): Das Schulbuch der Zukunft: Vom Lehr- zum Lernbuch - Physik lehren und lernen mit digitalen Schulbüchern und Portfoliosystemen. In: *Praxis der Naturwissenschaften Physik in der Schule* 63 (3), S. 15–18.
- [8] Rehfeldt, Daniel; Mühlenbruch, Tobias; Nordmeier, Volkhard (2014): TSL: Ergebnisse einer quantitativen Studie zur Problemanalyse im Physikalischen Praktikum für Naturwissenschaftler. In: IZBF (Hg.): Berlin- Brandenburgische Beiträge zur Bildungsforschung. Berlin- Brandenburgische Beiträge zur Bildungsforschung. Berlin, 7.-8-10.2013.
- [9] Theyßen, Heike (2000): Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion: Logos Verlag Berlin.
- [10] Zastrow, Meike Ute (2001): Interaktive Experimentieranleitungen. Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im Physikalischen Praktikum. Studien zum Physiklernen, Bd. 18.