

TSL: Quantitative Bedarfs- und Problemanalyse im Physikalischen Praktikum für NaturwissenschaftlerInnen

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

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

Kurzfassung

Im Nebenfachpraktikum ergab eine quantitative Bedarfs- und Problemanalyse, dass Vorbereitungsinstanzen auf praktische Versuchsteile fehlen. Ebenso ergab sich, dass die eingesetzten Aufgaben im Praktikum zwar motivierend wirken, aber stark überarbeitungsbedürftig sind. Ein dritter Befund bezieht sich auf die zu hohe Arbeitsbelastung und den Erfolgsdruck der Studierenden. Orientierend an diesen Befunden und der bisherigen Interventionslandschaft in Praktika kann eine multimediale Intervention erfolgen, die mehreren Befunden und Perspektiven Rechnung trägt. Eine Übertragbarkeit der Befunde auf andere Praktika erscheint möglich.

1. Einleitung: TSL-Projekt

Das Projekt Technology SUPPORTed Labs (TSL) verfolgt die Verbesserung naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika durch Einsatz multimedialer Elemente. Dies geschieht an der Freien Universität Berlin mit dem Fokus der gezielten Unterstützung dieser experimentierbezogenen Lehrveranstaltungsform. Zu diesem Zweck haben sich Multimediaelemente bewährt, die den Studierenden bereits früh erste Eindrücke von der Experimentiersituation verschaffen können. Allerdings sollten multimediale Elemente nicht Selbstzweck sein, sondern bedarfsgerecht eingesetzt werden. Daher wurde ein systematisches Vorgehen gewählt, bei dem zunächst eine Bedarfs- bzw. Problemanalyse zu jedem Praktikum durchgeführt wird. (In Bezug auf den daraus resultierenden Handlungsbedarf und die Ableitung möglicher Interventionen in den Praktika sprechen wir im Folgenden verkürzt von Problemanalyse.)

Erste Station des Projekts ist das Physikalische Praktikum für NaturwissenschaftlerInnen (NP), das Studierende im zweiten Fachsemester im Nebenfach besuchen. Es ist ein klassisches „Grundpraktikum“ bzw. „Anfängerpraktikum“ (Rehfeldt, Mühlenbruch, & Nordmeier, in Druck).

2. Forschungsstand Nebenfachpraktika

Bevor eine Problemanalyse im NP adäquat erfolgen kann, sollte sich vorher den Forschungsergebnissen in Nebenfachpraktika gewidmet werden. Unter einem Nebenfach werden hier Chemie, Biologie, Geowissenschaften, Mathematik, Informatik, Medizin und vergleichbare Studiengänge subsummiert, die ein physikalisches Praktikum absolvieren.

Zu den physikalischen Praktika liegen Forschungsergebnisse vor allem für die Medizinstudierenden vor (Plomer, 2011; Theyßen, 1999). Es mangelt aber an einer umfassenden Problemanalyse in anderen Nebenfachpraktika (Chemie, Biochemie, Geowis-

senschaften etc.), in der nicht Interventionsbedürfnisse durch die Forschenden festgelegt sind oder durch subjektive Erfahrungen desselben festgelegt werden.

Im Nebenfachpraktikum wurden zudem noch nie beide Seiten der Lehre erfasst, also die Sichtweisen sowohl der Betreuenden als auch der Teilnehmenden. Nach Gollwitzer & Jäger (2009, S. 141ff.) ist dies aber für eine objektive Erfassung der Probleme wichtig, da so ein valides Maß der tatsächlichen Lage ermöglicht werden kann.

3. Forschungsfrage & Hypothesen

Das Projekt TSL wird wissenschaftlich begleitet, und die zentrale Forschungsfrage der Begleitstudie bezieht sich auf eine Einschätzung der didaktischen und medialen Probleme des physikalischen Praktikums für Naturwissenschaftler: *Welche Probleme des NP sind sowohl für die TeilnehmerInnen als auch für die BetreuerInnen besonders relevant?*

Eine qualitative Vorerhebung (Gutzler, Rehfeldt, & Nordmeier, in Druck) lieferte acht Befunde zur quantitativen Analyse. Zugleich sind dies die Forschungshypothesen H1–H8 der Begleitstudie:

- H1: Die TeilnehmerInnen weisen ein zu geringes physikalisches Vorwissen auf.
- H2: Die TeilnehmerInnen weisen zu geringe Experimentier- und Gerätekenntnisse auf.
- H3: Die Vorbereitung bereitet zu wenig auf den praktischen Teil des Versuchs vor.
- H4: Der Kurztest ist motivierend für die Theorieerarbeitung, aber überarbeitungsbedürftig.
- H5: Der Kurztest bewirkt einen erhöhten Erfolgsdruck.
- H6: Die Arbeitsbelastung im NP ist zu hoch.
- H7: Die Betreuung während der Versuchsdurchführung ist unzureichend.
- H8: PC-geschriebene Protokolle sind fachlich schlechter (Anm.: Daher vorrangig Einsatz von handgeschriebenen Protokollen).

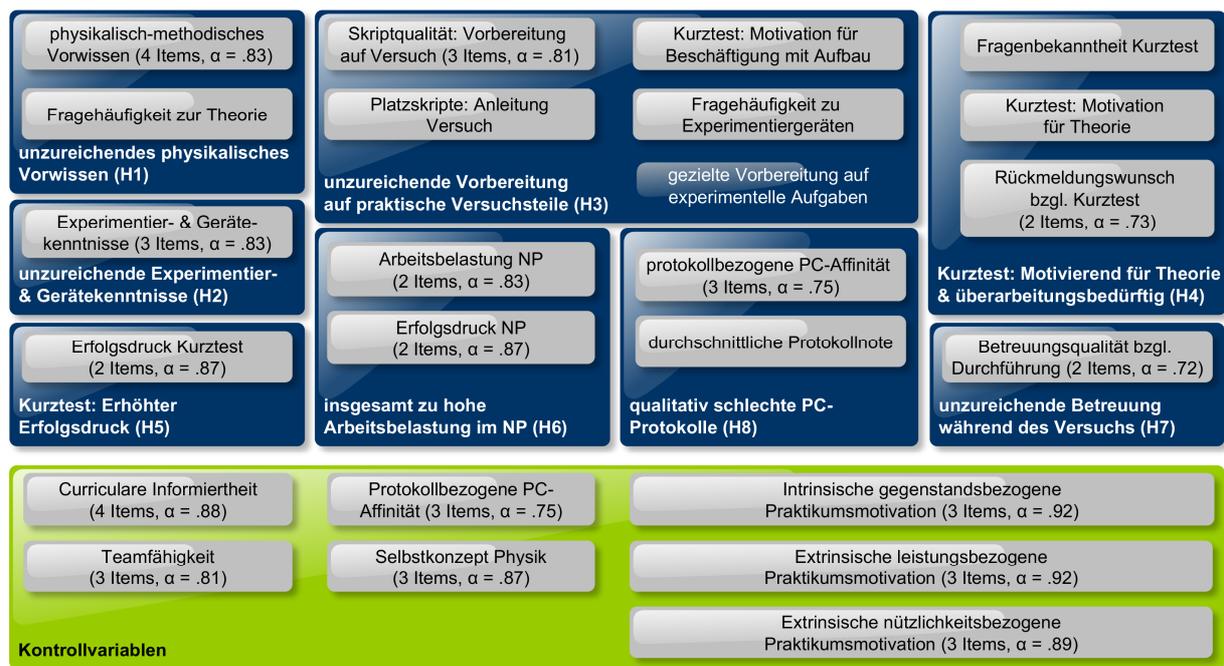


Abb. 1: Befunde zu H1–H8 mit zugehörigen Skalen und Items (blau) & Kontrollvariablen (grün). Die Abschwächung bei H3 ist ein Kontrollitem. Für alle Kontrollvariablen wurden Effekte auf die Analyse der Befunde kontrolliert.

4. Fragebogenkonstruktion

Es wurde eine multimethodische, multiperspektivische Problemanalyse nach Gollwitzer & Jäger (2009, S. 141ff.) angestrebt, um die latenten Konstrukte hinter den didaktischen Problembereichen des Praktikums valider erfassen zu können. Dazu diente die qualitative Vorerhebung (multimethodisch: qualitativ). Zudem sollten sowohl TeilnehmerInnen als auch BetreuerInnen des NP über Selbsteinschätzungen befragt werden, um die Wahrnehmung bei allen Beteiligten erfassen zu können. Dies musste bereits bei der Fragebogenkonstruktion (multimethodisch: quantitativ) berücksichtigt werden.

Als inhaltliche Grundlage für die Fragebogenkonstruktion dienten eben jene Befunde aus der qualitativen Erhebung. Um die Befunde in Konstrukte bzw. dann auch Skalen abbilden zu können, wurden zunächst etablierte Skalen aus der Psychologie und Didaktik in Betracht gezogen (z. B. Arbeitsbelastung, Erfolgsdruck, intrinsische Motivation). Weitere Konstrukte mussten mit neu zu konstruierenden Skalen erfasst werden (vgl. Abb. 1). In einer Pilotierung wurden diese neuen Skalen faktoriell validiert (z. B. Skala Experimentierkenntnis; vgl. auch Abb. 1 für einen Überblick über die Skalen; $\alpha_s > .72$). Es wurde für die multiperspektivische Erhebung mit parallel formulierten Items gearbeitet. Allerdings gibt es einige Bereiche, die ausschließlich die TeilnehmerInnen valide bewerten können, z. B. die Wahrnehmung der Arbeitsbelastung.

Wie angekündigt, wurde mit den Betreuenden und Teilnehmenden des Praktikums ein Zwei-Phasen-Pretest (kognitive Interviews & empirischer Pretest; Prüfer & Rexroth, 2000) durchgeführt. Mittels

Think-Aloud-Technik wurden die Itemformulierungen verbessert. Der empirische Pretest diente der faktoriellen Validierung (Itemanalyse über Trennschärfe und explorative Faktorenanalyse).

5. Erhebung

Die Erhebung wurde als Vollerhebung der Lehrveranstaltung (Stichprobe bestehend aus TeilnehmerInnen und BetreuerInnen) durchgeführt. Die Befragung wurde innerhalb der Praktikumszeit auf mobilen Endgeräten realisiert. 121 von 131 TeilnehmerInnen und 18 von 23 BetreuerInnen nahmen so an der Befragung teil.

Soziodemographie: Es handelte sich bei den TeilnehmerInnen in der Regel um Studierende des zweiten Fachsemesters in einem der Studiengänge Chemie, Biochemie oder Geowissenschaften. Betreuende waren allesamt Studierende der Physik bzw. der Physik im Lehramt jenseits des vierten Semesters.

6. Auswertung

Für die Entscheidung, ob die Ausprägungen der Probanden in den jeweiligen Skalen einen besonderen Handlungsbedarf im Praktikum indizieren, wurde ein statistisches Kriterium definiert.

Definition besonders relevante Skala/Item: Eine Skala wird dann als ‚besonders relevant‘ definiert, wenn eine statistisch signifikante Abweichung des Mittelwerts vom Wert 3.5 hypothesenkonform gerichtet vorliegt.

Definition besonders relevanter Befund: Ein Befund (zu H1–8) wird dann als ‚besonders relevant‘ definiert, wenn die zugehörigen Skalen/Items folgende Eigenschaften aufweisen:

- (a) Mindestens die Hälfte der Skalen/Items sind ‚besonders relevant‘.
- (b) Die zugehörigen Effektstärken sind im Mittel mindestens mittelgroß ($r \geq .3$, Bortz, 2010, S. 165).
- (c) Es gibt keine entgegengesetzten Effekte, die dem Befund widersprechen.
- (d) Die Punkte a bis c gelten für beide Perspektiven, also sowohl für BetreuerInnen, als auch für TeilnehmerInnen.

7. Ergebnisse

Aus den Befunden zu H1–H8 konnten drei besonders relevante lokalisiert werden. Dies sind die Be-

funde zu H3, H4 und H6 (vgl. Tab. 1). Es lag jeweils ein Signifikanzniveau von $p < .001$ vor. Der Begriff ‚tendenziell‘ kennzeichnet Skalen, die sich unter der BONFERRONI-Korrektur nicht von 3.5 unterscheiden.

H3 zeigt in den Skalen eine mittelgroße mittlere Effektstärke in beiden Perspektiven (vgl. Abb. 2). Die Ergebnisse zu H4 ergeben aus BetreuerInnen-sicht sogar starke Effekte (vgl. Abb. 3). H6 konnte nur aus Studierendensicht bewertet werden. Auch hier liegen große Effektstärken vor.

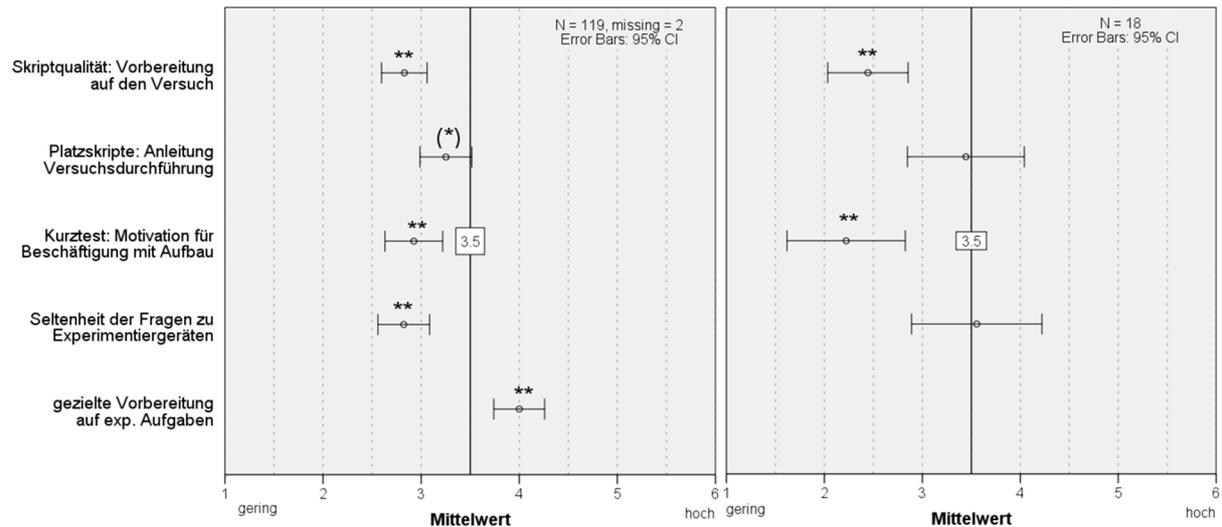


Abb. 2: Ausschnitt aus den Ergebnissen der quantitativen Analyse. Dargestellt sind Mittelwerte inklusive Konfidenzintervall je Skala (Skriptqualität, $\alpha = .87$) bzw. je Item. Diese gehören zur Hypothese H3: „Die Vorbereitung bereitet zu wenig auf den praktischen Teil des Versuchs vor.“ Dem multimethodischen Vorgehen folgend können die Studierenden (links) mit den Betreuenden (rechts) verglichen werden. Es zeigen sich vor allem Unterschiede in der Wahrnehmung der Fragehäufigkeiten. Gemäß Auswertekriterium liegt indes ein besonders relevanter Befund vor, da in mindestens der Hälfte der Skalen/Items Zustimmung signifikant oberhalb der Skalenmitte zu verzeichnen ist.

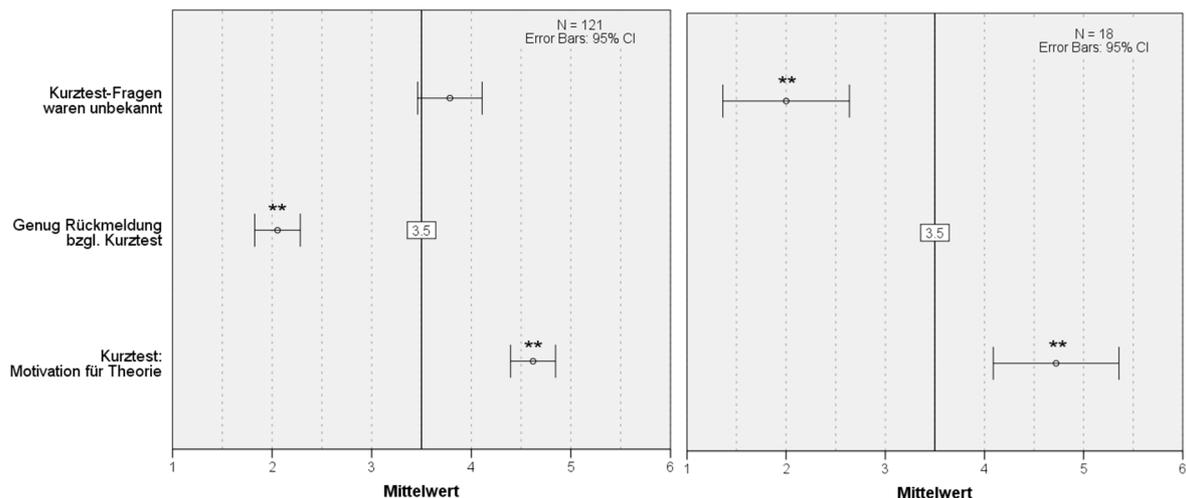


Abb. 3: Skalenauswertung zur Hypothese H4: „Der Kurztest ist motivierend für die Theorieerarbeitung, aber überarbeitungsbedürftig.“ Studierende (links) und Betreuende (rechts) zeigen vor allem Unterschiede in der Wahrnehmung der Bekanntheit der Kurztest-Fragen.

Problem	schwerwiegend aus TN-Perspektive?	\bar{r}	schwerwiegend aus BETR-Perspektive?	\bar{r}
H1: geringes Vorwissen	Nein	.	Ja	.
H2: geringe Gerätekenntnisse	Ja	.	Nein	.
H3: schlechte Vorbereitung auf Praxisteil insgesamt	Ja: 3 von 4 Skalen	.28	Ja: 2 von 4 Skalen	.38
H4: Kurztest: motivierend, aber überarbeitungsbedürftig	Ja: 2 von 3 Skalen	.47	Ja: 2 von 2 Skalen	.74
H5: Kurztest: hoher Erfolgsdruck	Ja: tendenziell	.	nicht erfasst	.
H6: hohe Arbeitsbelastung & Erfolgsdruck insgesamt	Ja: 2 von 2 Skalen	.69	nicht erfasst	.
H7: schlechte Betreuung	Nein	.	Nein (Kontrollitems)	.
H8: schlechte PC-Protokolle	Nein	.	Nein (Kontrollitems)	.

Legende: TN – TeilnehmerInnen, BETR – BetreuerInnen

Tab. 1: Ergebnisse der Problemanalyse

8. Fazit

Durch das multimethodische und multiperspektivische Vorgehen bei der Bedarfs- und Problemanalyse im Nebenfachpraktikum konnte eine breite Lokalisation von Befunden realisiert werden. Diese wurden in der vorgestellten quantitativen Analyse auf ihre tatsächliche Relevanz hin untersucht. Folgende Befunde können auf Grund der Daten als besonders relevant angenommen werden:

1. Die Vorbereitung bereitet zu wenig auf den praktischen Teil des Versuchs vor.
2. Der Kurztest ist motivierend für die Erarbeitung der Theorie, aber überarbeitungsbedürftig.
3. Die Arbeitsbelastung im NP ist zu hoch.

Nachdem nun die Ausgangslage geklärt und die relevanten Befunde empirisch untersucht sind, kann eine geeignete Intervention im Nebenfachpraktikum konzipiert werden, die den Befunden gerecht wird. Dabei lohnt sich ein Blick auf die bisherige Interventionslandschaft in Praktika. Exemplarisch sei hier zunächst auf Zastrow (2001) verwiesen, die über interaktive Experimentieranleitungen und das damit einhergehende Kennenlernen der neuen Geräte eine Steigerung der experimentellen Fähigkeiten ihrer Studierenden erreichte. Dies könnte ein Beitrag in Richtung Befund H3 sein.

Im Rahmen des Kurztests (H4) gibt es keine vergleichbaren Befunde in der bisherigen Forschung zu Praktika. Indes gab es aber bereits Bestrebungen, Lernaufgaben im Praktikum zu etablieren. Diese können – adäquat angeboten – zu höheren Lerneffekten im Praktikum führen (Fricke & Schecker, 2011; Kreiten, 2012).

Gegen die Arbeitsbelastung bzw. den Erfolgsdruck könnte eine Reduzierung von Stress und Prüfungsdruck das richtige Mittel sein. Eine Transparenz der Anforderungen, die auch im Vorbereitungsmaterial verankert werden kann, wird hierbei als nützlich angesehen (Kreiten, 2012).

Für die Realisierung eines Gesamtkonzeptes für die Intervention durch den Einsatz multimedialer Elemente kann auf diesen Befunden aufgebaut werden. So ist eine Skriptoptimierung geplant, die Lernaufgaben beinhaltet

und über interaktive Elemente praktische Anteile des Versuchs bereits in der Vorbereitung beinhaltet. Zudem soll über eine didaktische Aufbereitung der Arbeitsaufwand für die Nebenfachstudierenden verringert werden, nebst der ohnehin schon erfolgten strukturellen Anpassungen im Praktikum (vgl. Abb. 4).

Abb. 4: Beispielhafte Umsetzung der Befunde aus der Problemanalyse in eine Intervention. Die multimediale Oberfläche ermöglicht ein interaktives Skript mit feedbackgebenden Lernaufgaben und direkter Bedienung interaktiver Bildschirmexperimente zur Vorbereitung auf die experimentelle Praxis (vgl. Mühlenbruch et al.).

Das Projekt TSL wird im Rahmen des Programms SUPPORT der Freien Universität Berlin durch das BMBF gefördert.

9. Literatur

- [1] Fricke, A., & Schecker, H. (2011). Computer-gestützte Vor- und Nachbereitung des physikalischen Praktikums. In D. Höttecke (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik* (pp. 528–530). Münster: LIT.
- [2] Gollwitzer, M., & Jäger, R. S. (2009). *Evaluation kompakt* (1st ed.). Weinheim: Beltz.

- [3] Kreiten, M. (2012). Chancen und Potenziale web-basierter Aufgaben im physikalischen Praktikum. Universität zu Köln, Köln. Retrieved from <http://kups.ub.uni-koeln.de/4719/>
- [4] Mühlenbruch, T., Rehfeldt, D., & Nordmeier, V. (dieser Tagungsband). TSL: Bedarfsanalyse im physikalischen Praktikum für Naturwissenschaftler: GRAFCET: Ein "neues" Werkzeug zur Strukturierung von Lehrveranstaltungen. In *Berlin-Brandenburger Beiträge zur Bildungsforschung*. Berlin.
- [5] Plomer, M. (2011). *Physik physiologisch passend Praktiziert: Eine Studie zur Lernwirksamkeit von traditionellen und adressatenspezifischen Physikpraktika für die Physiologie*. Berlin: Logos.
- [6] Prüfer, P., & Rexroth, M. (2000). *Zwei – Phasen – Pretesting*. Mannheim: Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen. Retrieved from http://www.gesis.org/fileadmin/upload/forschung/publikationen/gesis_reihen/zuma_arbeitsberichte/00_08.pdf
- [7] Rehfeldt, D., Mühlenbruch, T., & Nordmeier, V. (in Druck). TSL: Bedarfsanalyse im physikalischen Praktikum für Naturwissenschaftler: GRAFCET: Ein "neues" Werkzeug zur Strukturierung von Lehrveranstaltungen. In *Berlin-Brandenburger Beiträge zur Bildungsforschung*. Berlin.
- [8] Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), 52–69.
- [9] Theyßen, H. (1999). *Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin: Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion* (Vol. Bd. 9). Berlin: Logos-Verl.
- [10] Zastrow, M. U. (2001). *Interaktive Experimentieranleitungen*. Berlin: Logos.