

Umfrage zu den Lehr/Lernzielen in physikalischen Praktika

Clemens Nagel*, Rüdiger Scholz⁺, Kim-Alessandro Weber[#]

*Experimentelle Grundausbildung und Hochschuldidaktik; Universität Wien,

⁺Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover

[#]Institut für Didaktik der Mathematik und Physik, Leibniz Universität Hannover

clemens.nagel@univie.ac.at, r.scholz@iqo.uni-hannover.de, weber@iqo.uni-hannover.de

Kurzfassung

Der Aufwand, der den vielen Studierenden für ein erfolgreiches Durchlaufen der physikalischen Praktika abverlangt und von diesen als hoch eingeschätzt wird, rechtfertigt sich aus dem erwarteten Ertrag, der mit diesem Lehrveranstaltungstyp verbunden ist. Ob dieser Lernerfolg realisierbar ist, hängt sicher nicht zuletzt davon ab, ob die Inhalte und Methoden der jeweiligen Adressatengruppe angemessen sind. Sehr wichtig ist aber auch die Frage, ob die an die Lehrveranstaltung gestellten Lehr/Lernziele stimmig sind, zum Ausbildungsstand der Studierenden passen und schließlich, ob die Organisation und inhaltliche Ausgestaltung der Praktika zu den Zielen, die in aller Regel von den Verantwortlichen der Lehrveranstaltung vorgetragen und vertreten werden, passen. Hier wird eine Umfrage und deren Analyse präsentiert, in der Praktikumsleiterinnen und -leiter ihre Ziele und deren Wertigkeit aus einer abgestimmten Liste ausgewählt haben. Dies beschreibt den Ist-Zustand der in Praktika verfolgten Ziele aus deren Sicht und ist damit als ein erster Schritt einer Untersuchung von Ausbildungszielen der Physikpraktika im deutschen Sprachraum zu verstehen. Es zeigt sich jedoch bereits jetzt, dass strukturelle und inhaltliche Besonderheiten unterschiedlicher Praktika signifikant sind. Die Auswertung liefert ein aktuelles Bild der inputorientierten Lernziele physikalischer Hochschulpraktika und kann unter anderem Entscheidungsträgern bei der Erstellung von Curricula als Diskussionsgrundlage dienen. Bezüglich der Anfängerpraktika ist zudem ein Vergleich der Lehrenden- mit der Studierendenperspektive abgeschlossen.

1. Ausgangspunkt – Grundidee – Zielekatalog

1.1. Ausgangspunkt

„Der hohe Stellenwert physikalischer Praktika ... verlangt deren gezielte adressatenspezifische Gestaltung. Dies betrifft Inhalte und Methodik einschließlich der eingesetzten Medien.“ [1]

Wer würde dem widersprechen? Damit ist allerdings sofort die Frage nach den Zielen, den Inhalten und dem erzielten Ausbildungserfolg aufgeworfen. Um bei der Frage der Ziele einen Schritt zu tun, der im Sinne einer Bestandsaufnahme bei den physikalischen Praktika in Deutschland und im deutschsprachigen Ausland eine Erfassung und Sichtung der Praktikumsziele erlaubt, wurde von der Arbeitsgruppe Physikalische Praktika in der DPG (AGPP) ein entsprechender Prozess durchgeführt. Folgende Maßnahmen wurden getroffen:

1.) **Entwicklung einer Liste von Zielen**, die von der großen Mehrheit der beteiligten Praktikumsleiterinnen und Praktikumsleiter als zutreffend, wichtig und im Wesentlichen umfassend eingeschätzt wird.

2.) **Entwicklung eines Online-Fragebogens** auf der Grundlage der Liste von Zielen.

3.) Durchführung und Analyse der Befragung.

Dieser Bericht liefert nach einer zusammenfassenden Darstellung des Hintergrundes und der Vorgehensweise in einem methodischen Teil eine Darstellung des Erhebungsinstruments, der Stichprobe, der Datenanalyse und der Ergebnisse.

Zudem sind die Ergebnisse einer Befragung von Studierenden (Fachschaftsvertreter/innen, Studienrichtungsvertreter/innen) angefügt, welche im Zuge der Bundesfachschaftentagung des Studienganges Physik 2016 in Konstanz die im Anfängerpraktikum verfolgten Ziele mit demselben Erhebungsinstrument bewertet haben. Dadurch kann die Lehrenden- mit der Studierendenperspektive direkt verglichen werden.

1.2. Grundmodell der Zielerfassung und -analyse

Den Hintergrund bildet die Adaption einer einschlägigen Darstellung für „advanced lab courses“. [2] Das dort zugrunde gelegte Modell physikalischer Praktika wurde für die vertretenen Praktika (s. u.) übernommen:

a. Physikalische Praktika sind effektive Einrichtungen physikalischer Lehre an Universitäten und Hochschulen.

- b. Der Lernerfolg der Studierenden kann und soll von der Organisation und thematisch-inhaltlichen Verfasstheit der Praktika abhängig sein und ist folglich maximierbar.
- c. Damit lohnen sich die Entwicklung von Zielen, die Ausrichtung der Arbeit im Praktikum an diesen Zielen und die systematische Evaluation des Lernerfolges.

Auf ein methodisches Manko des Vorgehens soll hier verwiesen werden. Sowohl die Entwicklung des Zielekatalogs, als auch die Entwicklung des Fragebogens, die Beantwortung der Fragen und die Auswertung wurde durch die gleiche Gruppe der Praktikumsleiter oder Untergruppen vorgenommen: mögliches Problem: Ein Self-fulfilling“-Phänomen.

1.3. Katalog der Ziele

Schon die Bereitstellung der einvernehmlichen Liste von Zielen hat sich als Prozess erwiesen, der empfindlich von der Einbindung in die Curricula der jeweiligen Hochschulen und Universitäten und den korrespondierenden Vorstellungen der jeweiligen Leiterinnen und Leiter abhängt. Die Grundlage einer ausführlichen Diskussion und Bearbeitung (Workshop AGPP Bad Honnef, 2014) bildete eine durch den Vorstand der AGPP bereitgestellte detaillierte Liste von möglichen Zielen, die aus der Darstellung von Zielen der University of Colorado Boulder entwickelt worden sind. [3]

Sämtliche Zielformulierungen hatten für alle vertretenen Praktika (s. u.) Bedeutung, Wertigkeiten konnten damit in jedem Fall zugeordnet werden, wenngleich die Validität der Ziele (bzw. der Items in den Skalen) im Vorfeld nicht ausführlich und systematisch getestet, sondern nur in Gruppendiskussionen im Rahmen des Workshops der AGPP in Bad Honnef 2014 diskutiert und dabei nur kommunikativ validiert wurde. Natürlich kann dabei nicht ausgeschlossen werden, dass einige Ziele unterschiedlich interpretiert werden. Es sei in diesem Zusammenhang auf die Konstruktvaliditätsprüfung durch die Faktoranalyse verwiesen, siehe Kapitel 3.2.

Die Ausbildungsziele wurden gemäß ihrer übergeordneten Sammelbegriffe bereits im Befragungsinstrument in 6 Skalen eingeteilt:

1. Modellbildung: Physikalische Grundlagen

(1) Grundlegende physikalische Ideen verstehen; (2) Ein Vorhersagemodell entwickeln; (3) Das Vorhersagemodell anwenden; (4) Das Vorhersagemodell überprüfen; (5) Modell anpassen bei Diskrepanz Vorhersage/Messung

2. Modellbildung: Messmethode, Messaufbau

(1) Grundlegende physikalische und technische Ideen verstehen (2) Ein Modell des Messaufbaus

entwickeln; (3) Kalibrieren/das Modell des Messaufbaus anwenden; (4) Modell des Messaufbaus überprüfen; (5) Modell des Messaufbaus anpassen; (6) Qualität der Messdaten abschätzen; (7) Messdaten mit Vorhersagewerten vergleichen; (8) Statistische Methoden anwenden

3. Planung und Durchführung des Experiments

(1) Überprüfbare Forschungsfrage aufstellen; (2) Experimentalaufbau effektiv planen; (3) Sicherheitsaspekte; (4) Messdaten während des Experiments skizzieren; (5) Zustand des Experiments regelmäßig evaluieren; (6) Laborbuch; (7) Messapparatur in funktionale Untereinheiten einteilen

4. Kommunikation

(1) Quellen finden; (2) Quellen beurteilen; (3) Quellen auswerten; (4) Anwendbarkeit und Genauigkeit des Vorhersagemodell überzeugend darstellen (5) Beschreibung des Experiments; (6) Daten glaubwürdig, überzeugend, genau und interessant darstellen; (7) Daten ansprechend präsentieren; (8) Datenanalyse und Schlussfolgerungen; (9) Eigene Projekte vorschlagen; (10) Arbeitsteilung; (11) Vorträge halten; (12) Artikel verfassen; (13) Poster erstellen und präsentieren

5. Messtechnik

(1) Vorhersagen erstellen; (2) Computer-Analyse-Programme nutzen; (3) LabVIEW verwenden; (4) Sensoren und Aktuatoren einsetzen; (5) Wichtige Messgeräte erläutern und anwenden; (6) Fertigkeiten beim Aufbau optischer Experimente

6. Einstellungen ändern

(1) Sorgfaltsdisziplinen (Sorgfalt*, Sauberkeit*, Ordnung, Disziplin, Gewissenhaftigkeit, Hilfsbereitschaft, Ehrlichkeit, Pünktlichkeit, Zuverlässigkeit; Interesse, Selbstlernkompetenz)¹ (4) Freude; (5) Ehrgeiz; (6) Respekt; (7) Mut; (8) Selbstbewusstsein, Entscheidungsfreudigkeit; (9) Rücksicht; (10) Wissenschaftliches Schreiben als Lernmethode

2. Erhebungsinstrument, Stichprobe und Datenanalyse

2.1. Erhebungsinstrument

Das Erhebungsinstrument ist ein online-Fragebogen mit offenen Fragen zur Erfassung der Metadaten zur Stichprobe und mit geschlossenen Fragen zur Beurteilung, wie stark die jeweils genannten Ausbildungsziele mit den aktiv verfolgten Praktikumszielen übereinstimmen (zum Instrument vgl. [4]).

¹ Die Sorgfaltsdisziplinen wurden im Online-Umfrageinstrument ungewollt in 3 unterschiedlichen, statt in einem gesammelten Item abgefragt. Die mit (*) markierten Disziplinen wurden einzeln, der Rest en bloc abgefragt. Dies 3 zusammengehörigen Items durch Mittelung nach der Befragung wieder zusammengeführt, da sie nachweislich Teil ein und desselben Konstrukts sind.

Jede Auskunft gebende Person hat die Möglichkeit, mehrere Praktika aus ihrem Wirkungsbereich zu beschreiben. In der Auswertung wird jedes beschriebene Praktikum als Fall gezählt.

Die Metadaten umfassen das Datum der Antwortabgabe, den Namen der Auskunft gebenden Person, die (vorkategorisierte) Art des beschriebenen Praktikums mit der Möglichkeit, unter „Sonstige“ auch eine individuelle Kategorisierung/Beschreibung vorzunehmen und die Anzahl der Studierenden, die das beschriebene Praktikum durchschnittlich pro Jahr besuchen. Es besteht die Möglichkeit, Antwortfelder frei zu lassen, wobei Fälle ohne Kategorisierung des beschriebenen Praktikums von der Auswertung ausgeschlossen werden.

Die geschlossenen Fragen bieten 4 Antwortmöglichkeiten und reichen von 1 (hohe Übereinstimmung) bis 4 (keine Übereinstimmung). Hier wird mit jedem Frage-Item nach der Übereinstimmung (hohe, über-, unterdurchschnittlich, keine) der oben genannten Grobziele mit jenen Zielen, die im beschriebenen Praktikum verfolgt werden, gefragt. Ein Grobziel entspricht also einem Frage-Item.

2.2. Stichprobe

Die Stichprobe wurde aus dem Kreis aller Praktikumsleiterinnen und -leiter und aller Betreuerinnen und Betreuer von Hochschulpraktika gezogen, die sich bei der AGPP für die PLT-Info-Mailingliste registriert haben. Das sind 399 Personen (Juli 2014).

Im Zeitraum von 29.07.2014 bis 18.3.2015 nahmen 53 Personen an der Befragung teil (womit die Rücklaufquote 13 % beträgt) und haben 64 Praktika beschrieben. 11 Praktika wurden durch mehrere Personen beschrieben. Der Gesamtdatensatz, der für die weitere Analyse verwendet wird, beinhaltet 75 Praktikumsbeschreibungen. Die beschriebenen Praktika stammen von 44 Standorten, von denen 41 in Deutschland, zwei in Österreich, und einer in Slowenien liegen. Dabei handelt es sich um 9 Hochschulen bzw. Fachhochschulen, 34 Universitäten und eine sonstige tertiäre Bildungseinrichtung. Pro Standort wurden überwiegend nur ein bis zwei Praktika beschrieben, im Maximum jedoch fünf. In der Bundesrepublik Deutschland gibt es laut Hochschulrektorenkonferenz 2016 insgesamt 327 Universitäten und pädagogische Hochschulen sowie 84 Fachhochschulen, in denen Physik – in welcher Form auch immer – gelehrt wird [5]. Das bedeutet, dass die gegenständliche Stichprobe einen Umfang von rund 10% der Grundgesamtheit aller relevanten Standorte beider Kategorien (Uni, FH) abdeckt.

Wenn man davon ausgeht, dass lange nicht an allen Standorten auch ein Physikpraktikum angeboten wird, sondern oftmals nur Vorlesungen und/oder Übungen, wenn die Physik nur „Hilfswissenschaft“ ist, so ist die tatsächliche Abdeckung der Grundgesamtheit durch die Stichprobe noch größer. Die Befragung gibt somit einen weitläufigen Überblick über Ziele der im Hochschulbereich angebotenen physikalischen Praktikumslehrveranstaltungen und die Autoren gehen davon aus, dass es sich um eine repräsentative Stichprobe handelt.

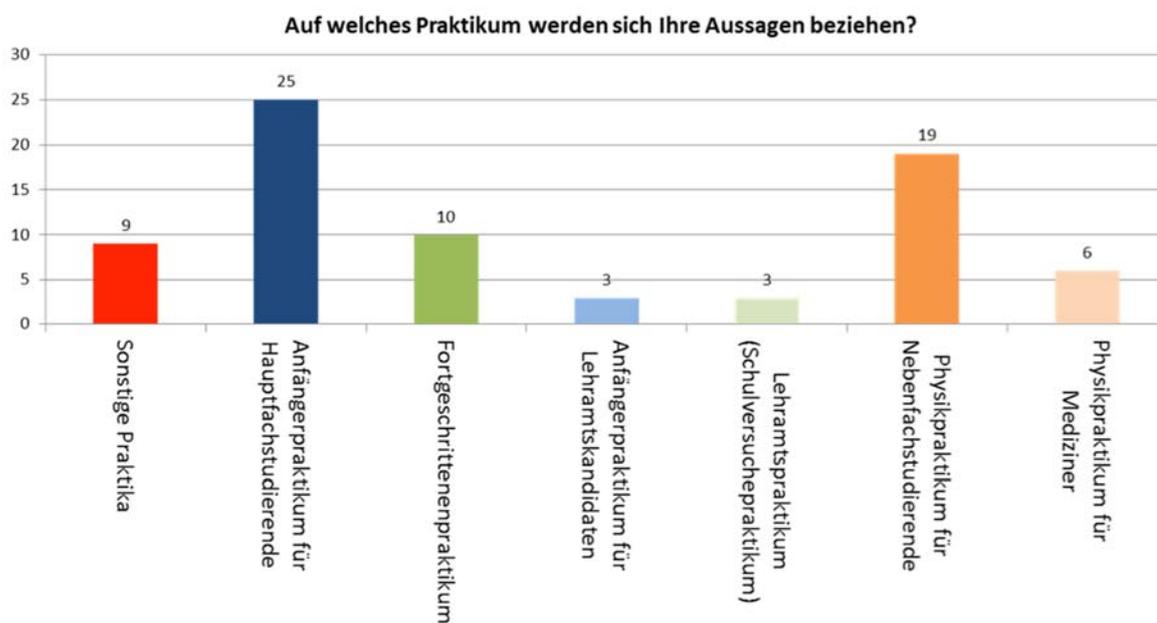


Abb. 1: Anzahl beschriebener Praktika nach Kategorien

2.3. Datenanalyse

Die Antworten wurden nach den beschriebenen Praktika geordnet, um Vergleiche zwischen den unterschiedlichen Praktika möglich zu machen (siehe Abb.1). Da einzelne Teilstichproben so zu klein sind, wurden die unterschiedlichen Praktikustypen in drei neue Hauptkategorien zusammengefasst:

- Anfängerpraktika (AP)**
Alle Praktika für Physik Hauptfach- und Lehramtskandidaten, die dem Erlernen grundsätzlicher experimenteller Fertigkeiten zu einem frühen Zeitpunkt im Curriculum dienen.
- Fortgeschrittenenpraktika (FP)**
Alle Praktika, die (im Hauptfach- wie auch Lehramtsstudium der Physik) dem Erlernen fortgeschrittener experimenteller Fertigkeiten oder dem Erlernen sehr spezialisierter Inhalte dienen und im Curriculum zu einem späteren Zeitpunkt als Anfängerpraktika vorgesehen sind.
- Nebenfachpraktika (NP)**
Alle Physikpraktika, die für Studierende anderer Studienrichtungen als den oben genannten konzipiert sind.

Dadurch ergibt sich eine neue, statistisch auswertbare Aufteilung der Praktikuskategorien, wie in Abb. 2 dargestellt.

Die quantitativen Daten wurden codiert, in SPSS erfasst und ausgewertet. Die Gesamtheit der Ausbildungsziele (Items) sowie unterteilten Skalen wurden mit Cronbachs Alpha hinsichtlich ihrer Reliabilität [6] und mit einer Hauptachsen-Faktoranalyse hinsichtlich ihrer Konstruktvalidität [7] getestet. Skalen- (und Item)-Vergleiche wurden mit dem t-Test statistisch geprüft. Das allgemeine Signifikanzniveau α wurde für alle Auswertungen mit $1 - \alpha = 95\%$ angesetzt. Fallausschluss bei Nichtbeantwortung erfolgt für die Reliabilitätsanalyse der Skalen mit Cronbachs Alpha und Dimensionsreduzierung durch Hauptkomponenten-Faktoranalyse fallweise (listenweise) und bei Mittelwert-Vergleichen mit dem t-Test paarweise.



Abb. 2: Neu zusammengefasste Praktikuskategorien

Zudem wurden die Mittelwerte der Ziele in den drei Praktikuskategorien einer Rangfolgeanalyse unterzogen, da die 4-teilige Antwortskala die Möglichkeit der Unterteilung in drei Bereiche erlaubt:

- 1,00-1,99: Primärziele**
Hier gibt es eine absolute bis mittlere Übereinstimmung ...
- 2,00-2,99: Sekundärziele**
Hier gibt es eine mittlere Übereinstimmung ...
- 3,00-4,00: Tertiärziele**
Hier gibt es keine bis zu einer mittleren Übereinstimmung ...

der genannten Ziele mit jenen, die im beschriebenen Praktikum verfolgt werden.

Die Autoren treffen die durch Think-Aloud-Pretesting [8] begründete Annahme, dass eine Übereinstimmung der im Testinstrument genannten Ziele mit jenen, die im beschriebenen Praktikum verfolgt werden, gleichzusetzen damit ist, dass die Lernumgebung (Konzeption, Methodik, Lernunterlagen, Lehrende, etc.) in ihrer Gesamtheit auch in gleichem Maße darauf abzielt, diese Ziele zu erreichen.

3. Ergebnisse

Die deskriptive Statistik aller Ziele ergibt in der Musteranalyse der drei Praktikuskategorien zunächst ein sehr ähnliches Bild der unterschiedlichen Prioritäten, mit welchen die Ziele in den Praktika verfolgt werden (Abb. 3.).

Wichtige Ziele des Anfängerpraktikums (AP) sind - bis auf wenige Ausnahmen- auch wichtige Ziele der Fortgeschrittenenpraktika (FP) und der Nebenfachpraktika (NP). Die Ausnahmen sind im Wesentlichen das [Führen eines Laborbuches], und [Rücksichtnahme], die für das FP weniger wichtig ist als für AP und NP sowie [Quellen finden/beurteilen/auswerten], [Vorträge halten] und [Sicherheitsaspekte] berücksichtigen, die für das FP wichtiger sind als für die beiden anderen Praktikuskategorien.

Die Nebenfachpraktika heben sich deutlich dadurch ab, dass bis -auf wenige Ausnahmen- die Ziele mit geringerer Priorität verfolgt werden, als bei den beiden anderen Praktikuskategorien. NP haben auch meist weniger ECTS-Umfang als AP und FP, daher scheint eine andere Prioritätensetzung nachvollziehbar. Bei einigen Zielen fällt auf, dass sie entweder mit gleich hoher Priorität wie im AP verfolgt werden ([Grundlegende physikalische Ideen verstehen], [Statistische Methoden anwenden], [Messdaten mit Vorhersagewerten vergleichen], [Datenanalyse und Schlussfolgerungen], sowie fast alle Ziele in der Skala „Einstellungen ändern“).

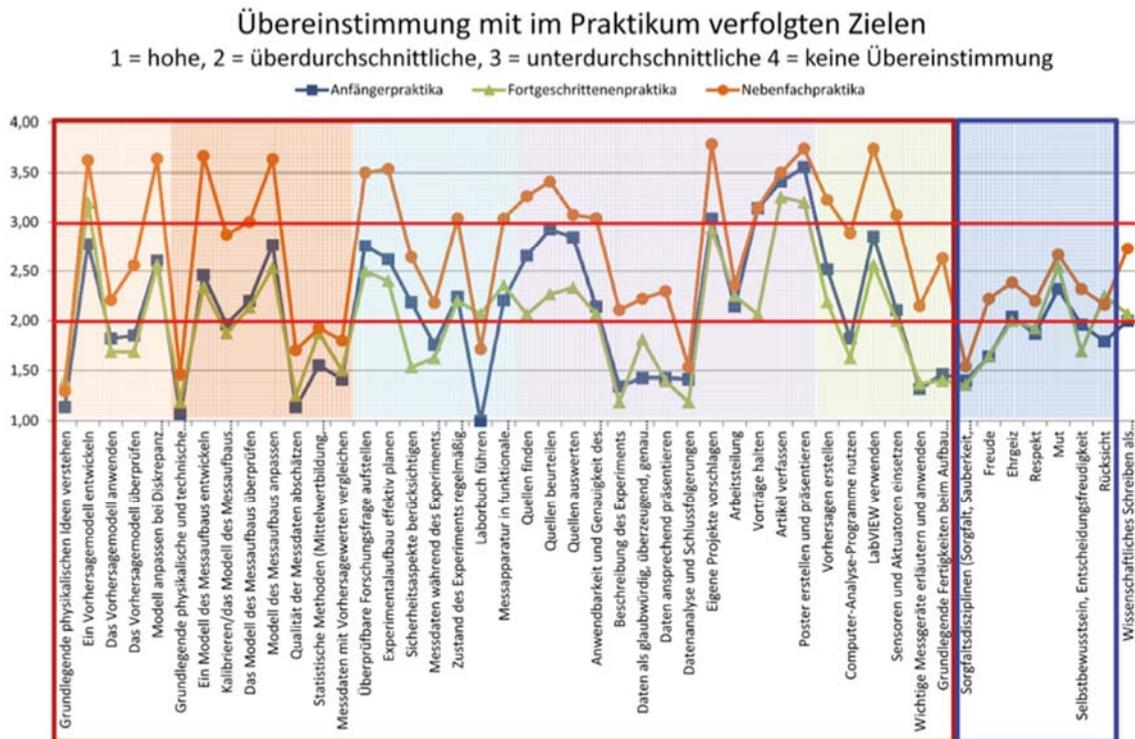


Abb. 3: Musteranalyse in den 3 Praktikums-kategorien

Die Ziele weisen insgesamt eine hohe *Skalenreliabilität* auf und zeigen in der Faktoranalyse zwei deutliche Faktoren, wenn man das letzte Ziel aus Bereich „Einstellungen ändern“, nämlich [wissenschaftliches Schreiben als Lernmethode] zu begreifen, aus der Analyse ausnimmt. Diese Faktoren sind in Abb. 3 durch farbige Rahmen markiert: kognitive und prozessorientierte Ziele (roter Rahmen), die man auch als fachliche Ziele zusammenfassen kann einerseits und affektive bzw. psychomotorische Ziele (blauer Rahmen), die man als metafachliche Ziele zusammenfassen kann, andererseits. Abb. 11 (siehe Anhang) zeigt, welche Ziele in den unterschiedlichen Praktika mit welcher Priorität verfolgt werden, Die Farbcodierung der Zieleskalen gem. Abb. 3 ist beibehalten.

Auffälligkeiten

(a) AP und NP zeichnen sich als jene aus für die [Laborbuch führen] Primärziel ist, im FP dagegen nur Sekundärziel. [Grundlegende physikalische und technische Ideen verstehen] ist bei allen Praktikums-kategorien unter den topgereihten Primärzielen ist. Alle beschriebenen Praktika geben dieses Ziel mit höchster Zustimmung an.

(b) Es fällt auf, dass das AP mit 22 von 47 gelisteten Zielen die größte Anzahl an Primärzielen aufweist. Für das FP sind 21 Primärziele gereiht, für das NP nur 8. Umgekehrt weist das AP 4 Tertiärziele aus, das FP 3 und das NP 20.

3.1. Primär-, Sekundär- und Tertiärziele

Das Set der 8 Primärziele des NP ist auch in den Primärzielen der beiden anderen Praktikums-kategorien enthalten (ausgenommen [Laborbuch führen] beim FP). Es stellt somit die Kernzielgruppe physikalischer Praktika dar, die je nach Zielgruppe (Anfänger oder Fortgeschrittene) um ein entsprechendes Primärzielset unterschiedlicher Wichtigkeit erweitert wird. Man erkennt aber auch deutlich, welche Ziele in den physikalischen Hochschulpraktika (AP, FP oder NP), am wenigsten verfolgt werden. Dazu gehören das [Verfassen von Postern und Publikationen] sowie das [Vorschlagen eigener Projekte.]

Abb. 6 zeigt die Ziele mit Farbcodierung der Primär-, Sekundär- und Tertiärziele (grün, orange und rot) geblockt nach den Skalen. Angeführt ist der Mittelwert für jedes Ziel.“

3.2. Auswertung der Ziele-Skalen

Die Abb. 4 und 7 bis 12 (7 bis 12: siehe Anhang) zeigen die Muster-Analysen der einzelnen Zieleskalen im Detail für die drei Praktikums-kategorien AP, FP und NP. Gelb unterlegt sind Ziele, die in AP und NP signifikant unterschiedlich verfolgt werden, lachsfarben umrahmt sind jene Ziele, die in AP und FP signifikant unterschiedlich verfolgt werden. Die waagerechten roten Striche markieren die oben angegebenen Prioritäts-Bereiche: Ganz unten befindet sich der Bereich der Primärziele, in der Mitte jener der Sekundärziele und oben jener der Tertiärziele.

Skala Modellbildung: Physikalische Grundlagen

Abb. 7 (siehe Anhang) zeigt die Volatilität dieser Zieleskala und jedoch ähnlich für alle 3 Praktikums-kategorien. Trotzdem weist die Skala mit $\alpha = 0,75$ eine angemessen hohe Reliabilität auf. Es findet sich eines der 8 Kernziele physikalischer Praktika in dieser Skala, die innerhalb dieser einen von zwei Faktoren bildet, nämlich das Verstehen grundlegender physikalischer Ideen. Der andere Faktor umfasst Fertigkeiten in Bezug auf das Vorhersagemodell, dessen Ziele unterschiedlich bewertet werden. Dem Entwickeln oder Anpassen eines Vorhersagemodells wird in allen Praktika eine niedrigere Priorität zugeschrieben, als dem Anwenden und Überprüfen eines Vorhersagemodells.

Skala Modellbildung: Messmethode, Messaufbau

Auch in dieser Skala (Abb. 8, siehe Anhang) ist die gleiche Tendenz wie in der ersten Skala zu beobachten. AP und FP haben gleiche Zielprioritäten, NP weist dasselbe Muster auf nur mit generell niedriger Priorität der Ziele, ausgenommen der Primärziele [Statistische Methoden] und [Messdaten mit Vorhersagewerten vergleichen]. Gemeinsam mit [Qualität der Messdaten abschätzen] und [Grundlegende physikalische und technische Ideen verstehen] finden sich diese vier Ziele im Set der 8 Kernziele aller Praktikums-kategorien wieder. Ziele, die sich dem Modell des Messaufbaues widmen, sind nicht Primärziel. Einzig [Kalibrieren/das Modell des Messaufbaues anwenden], ist im AP und FP Primärziel. Die Reliabilität der Skala ist mit $\alpha = 0,83$ hoch. Innerhalb der Skala lassen sich trotzdem trennscharfe unabhängige Faktoren erkennen.

Skala Planung und Durchführung des Experiments

In dieser Skala (Abb. 9 im Anhang) finden sich zum ersten Mal statistisch signifikante Abweichungen des generellen Musters der Prioritätenverhältnisse zwischen AP, FP und NP: [Sicherheitsaspekte berücksichtigen] ist nur für das FP ein Primärziel und [Laborbuch führen] ist hier ausschließlich ein Sekundärziel. Das Ziel [Messdaten während des Experiments skizzieren] wird de facto gleichwertig in allen drei Praktika – weil nicht unterscheidbar – verfolgt. Die Reliabilität der Skala ist mit $\alpha = 0,77$ angemessen. In der Faktoranalyse zeigen sich nur 2 schwach ausgeprägte Faktoren: Ziele zu Fertigkeiten/Tätigkeiten die in der Vorbereitung des Experiments von Bedeutung sind und Ziele zu Fertigkeiten/Tätigkeiten die für die Durchführung des Experiments entscheidend sind.

Skala Kommunikation

Abbildung 10 (siehe Anhang) zeigt die Skala Kommunikation mit ebenfalls höchst unterschiedlich prioritäre Bewertungen der Ziele. Das generelle

Muster setzt sich fort, wird aber an einigen Stellen deutlich durchbrochen. Ziele, die sich auf Quellen (Literatur) beziehen, weisen teils statistisch signifikante 3-stufige Prioritätsstaffelung auf. Das Finden, Beurteilen und Auswerten von Quellen zählt für das FP zu den wichtigeren Sekundärzielen, für das AP zu den unwichtigeren Sekundärzielen und für das NP zu den Tertiärzielen. Wichtiger sind Ziele zu Fertigkeiten zur Beschreibung und Präsentation des Experiments und der daraus gewonnenen Daten befassen (im AP und FP primär, im NP sekundär). Praktisch identisch prioritär in allen drei Praktikums-kategorien sind [Datenanalyse und Schlussfolgerungen] (Primärziel und eines der 8 Kernziele aller Praktika), [Arbeitsteilung] (Sekundärziel) sowie [Artikel verfassen und Poster erstellen und präsentieren] (Tertiärziel). [Vorträge halten] nimmt im FP einen statistisch signifikant höheren Stellenwert ein. [Eigene Projekte vorschlagen] gehört eher zu den Zielen mit niedrigerer Priorität (im NP sogar statistisch signifikant niedrigerer als bei AP und FP, dort also praktisch gar nicht verfolgt). Die Skala weist eine gute Reliabilität von $\alpha = 0,85$ auf und zeigt in der Faktoranalyse 3 innere Faktoren: Den Umgang mit Literatur im Kommunizieren/Dokumentieren von Ergebnissen, Skills für den klassischen Bericht und Präsentations- und Kommunikationstechniken (für Tagungen etc.) erlernen.

Skala Messtechnik

In dieser Skala verfolgen AP und FP die Ziele in sehr ähnlicher Priorität. Im NP zeigt sich das gleiche Muster, fällt nur in der Priorität niedriger aus (Abb. 11, s. Anhang). Die Reliabilität ist mit $\alpha = 0,83$ gut; keine Unterteilung in Faktoren erkennbar.

Skala Einstellungen ändern

Abb. 12 (siehe Anhang) zeigt die Detailanalyse zur Skala „Einstellungen ändern“, die im Wesentlichen die affektiven Ziele der Praktika beinhaltet, welchen durchaus eine hohe Wertigkeit beigemessen wird. Nur [Freude und wissenschaftliches Schreiben als Lernmethode begreifen] weist einen statistisch signifikanten Prioritätsunterschied zu AP und FP auf, alle anderen Ziele sind, wenngleich sie auch optisch dem generellen Muster dieser Zielebewertung folgen, nicht unterscheidbar zwischen den einzelnen Praktikums-kategorien. Hier finden sich auch weitere Kernziele aller Praktikums-kategorien, nämlich [Sorgfaltsdisziplinen]. Die Reliabilität der Skala ist mit $\alpha = 0,85$ gut. Nimmt man [wissenschaftliches Schreiben] als singuläres Merkmal heraus, ergibt die Faktoranalyse zwei deutlich unterscheidbare Faktoren. Auf der einen Seite stehen die Sorgfaltsdisziplinen (Sorgfalt, Sauberkeit, Ordnung, etc.). Auf der anderen Seite stehen die Ziele, die primär der individuellen Persönlichkeitsentwicklung dienen (Freude, Ehrgeiz, Mut, Selbstbewusstsein, Rücksicht,...).

4. Zusammenfassung und Diskussion

Die Befragungsergebnisse liefern ein aussagekräftiges Bild der Ziele, die in den Physikpraktika deutschsprachiger Hochschulen und Universitäten verfolgt werden. Die 3 Hauptkategorien, Anfänger-, Fortgeschrittenen- und Nebenfachpraktika, sind einzeln charakterisiert und weisen 8 Kernziele aus, die bei allen Studienanfängern im Rahmen der experimentalphysikalischen Ausbildung verfolgt werden:

- Grundlegende physikalische Ideen verstehen (Anm.: Die Physik „hinter“ den Experimenten)
- Grundlegende physikalische und technische Ideen verstehen (Anm.: Die Physik und Technik der Experimente und Messgeräte)
- Sorgfaltdisziplinen wie Sorgfalt, Sauberkeit, Ordnung, Disziplin, Gewissenhaftigkeit, Hilfsbereitschaft, Ehrlichkeit, Pünktlichkeit, Zuverlässigkeit, Interesse und Selbstlernkompetenz
- Datenanalyse und Schlussfolgerungen
- Qualität der Messdaten abschätzen
- Laborbuch führen (im weitesten Sinne: schriftliches Dokumentieren des Experiments)
- Messdaten mit Vorhersagen vergleichen
- Statistische Methoden anwenden (Mittelwertbildung, nichtlineare Anpassung, χ^2 -Test)

Diese Ziele werden auch in den Fortgeschrittenenpraktika verfolgt. In Nebenfachpraktika können, bedingt durch die in der Regel geringere Zahl an zugeteilten ECTS, weniger Ziele und diese in geringerer Ausprägung verfolgt werden. Drei dieser Ziele sind eindeutig den „soft skills“ zuzuordnen, womit die Breite der Bildungsfunktion der Physikpraktika unterstrichen wird. Es zeigt sich auch deutlich, welche Ziele in allen drei Praktikumskategorien nur wenig verfolgt werden können. Es überraschte, dass Ziele, die sich mit Kommunikation, Präsentieren, Schreiben und Publizieren beschäftigen, erst bei den Sekundärzielen im FP sichtbar werden.

Einige dieser Ziele sind als kognitive Ziele gemäß der Bloom'schen Lernzieltaxonomie auszumachen. Auch wenn diese Ziele (wie z.B. Grundlegende physikalische Ideen verstehen) durchaus auch in Vorlesungen verfolgt werden können und einige prozessorientierte Ziele (zu erwerbende Fertigkeiten, wie z.B. Datenanalyse und Schlussfolgerungen) an Stelle von Praktika auch in Übungen vermittelt werden, so sind diese Ziele im engerem Sinne jedoch Alleinstellungsmerkmale der Praktika. Nur diese Art von Lehrveranstaltung bietet den Makrokontext eines realen Lehr-Experiments (Experiment-Kontext in Vorlesungen oder Übungen bestenfalls in Form von Demonstrationsexperimenten).

Die Ziele sind einer Umfrage unter den Leiterinnen und Leitern der Praktika entnommen. Es liegt somit keine „neutrale“ Bestandsaufnahme des Zustandes

der Praktika vor, sondern das Momentbild der Selbsteinschätzungen der für die Praktika Verantwortlichen. Daher kann diese Befragung auch keine Aussage darüber treffen, ob und welche Maßnahmen für deren Erreichung gesetzt werden und auch nicht, ob sie messbar Erfolg haben. Dies hätte zweifellos den Rahmen der Befragung bei weitem gesprengt und sollte Ziel fortführender Untersuchungen sein. Geeignet wäre hier z. B. die Analyse der Versuchsanleitungen, der jährlichen Evaluationen, der unterschiedlichen Lehr/Lern-Methodiken, eine Studierendenbefragung nach Absolvierung der Praktika und nicht zuletzt ein quantitativer Test experimenteller Kompetenzen, um Rückschluss darauf zu erhalten, welche der Ziele auch wirklich und in welchem Maße erfolgreich umgesetzt werden konnten. Dieser Mammutaufgabe wird man bestenfalls im Zuge einer Metastudie nachkommen können. Bis dahin vertrauen die Autoren dieser Studie auf die Einschätzung der befragten Praktikumsleiterinnen und -leiter, sowie der Betreuerinnen- und Betreuer, dass die Maßnahmen in den Praktika auf die Erreichung der angegebenen Ziele gerichtet sind. Die Erfahrungen der Autoren zu den Lerninhalten, den Methoden und dem persönlichen Engagement der Lehrenden in zahlreichen Praktika, über viele Jahre des Austausches im Rahmen der „DPG Schule Physikalische Praktika“ in Bad Honnef und der Praktikumsleiter-tagung an wechselnden Standorten hinweg, stützen die oben formulierte Hypothese.

Allen Personen, die in die Entwicklung von Studiengängen, Curricula etc. im naturwissenschaftlich-technischen Bereich eingebunden sind, zeigt diese Befragung, dass die Zu- oder Aberkennung von ECTS für Physikpraktika mit Sicherheit einen Einfluss auf die oben beschriebenen Lehrziele hat.

5. Vergleich der Lehrenden- mit der Studierendenperspektive zum Anfängerpraktikum

Im Mai 2016 fand in Konstanz die Bundesfachschaftentagung des Studienganges Physik statt, bei dem engagierte Studierende und gewählte Studienrichtungsvertreter/innen aus dem gesamten deutschen Sprachraum zusammenkamen. Im Zuge dieser Tagung wurden die Teilnehmer/innen gebeten, die Online-Befragung hinsichtlich der Ziele im Anfängerpraktikum durchzuführen. Sie wurden gefragt: „Bitte bewerten Sie, wie gut die unten genannten Lernziele mit jenen übereinstimmen, die Sie selbst im physikalischen Anfängerpraktikum verfolgt haben.“ Andere Praktikurstypen bleiben bei dieser Befragung unberücksichtigt.

5.1. Zusammensetzung der Stichprobe

An dieser Umfrage nahmen 66 Personen teil (60 Studiengang Physik, 6 Studiengang Lehramt Physik; Vertreter/innen von 35 verschiedenen Universitätsstandorten, kein Fachhochschulstandort).

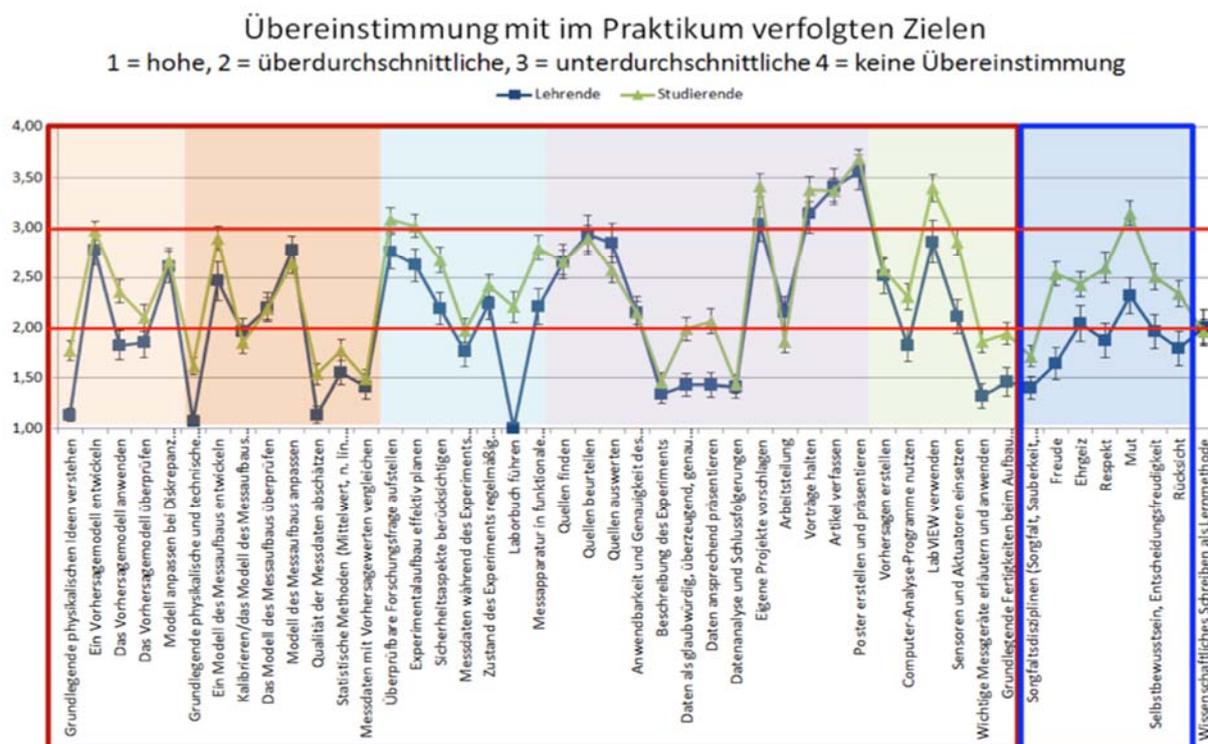


Abb. 4: Musteranalyse der Ziele im Anfängerpraktikum Vergleich: Lehrende - Studierende

32 der Standorte sind in Deutschland, zwei in der Schweiz, einer in Österreich. Da auf dieser Tagung nur jene Standorte vertreten waren, die auch ein Physikstudium anbieten (das auch ein Physikpraktikum beinhaltet), ist die Reichweite ähnlich groß einzuschätzen, wie bei der Lehrendenbefragung.

5.2. Ergebnisse im Vergleich

Abb. 13 zeigt die Musteranalyse, in ähnlicher Weise wie Abb. 3 (Ziffer 3, Ergebnisse), den direkten Vergleich der Bewertung der Ziele durch Lehrende und Studierende. Auffallend ist auf den ersten Blick die Ähnlichkeit der Muster. Erst eine Analyse auf Item-Niveau mit dem t-Test löst dabei die Frage nach signifikanten Unterschieden in der Bewertung der Ziele des Anfängerpraktikums. Abb. 5 zeigt jene Items, die auf einem Level von $1 - \alpha = 95\%$ einen signifikanten Unterschied in der Bewertung durch Lehrende und Studierende aufwiesen.

In Abb. 5 werden die Ziele zusätzlich mit Farbcodierung der Primär-, Sekundär und Tertiärziele (grün, orange und rot) gezeigt. So ist schnell ersichtlich, welche Ziele deutlich unterschiedlich bewertet werden. Jedoch muss man hierfür auch immer die Musteranalyse (Abb. 4) im Auge behalten. Denn wo sich generell ein gleiches oder ähnliches Muster zeigt, das über einen ganzen Skalenbereich verschoben ist, kann sich durchaus ein Bewertungswechsel von z.B. Primär- zu Sekundärziel ergeben, der jedoch nicht isoliert betrachtet werden kann.

Ein Beispiel hierfür sind die Ziele aus den Skalen „Messtechnik“ und „Einstellungen ändern“. In beiden Skalen werten die Studierenden die Ziele als weniger zutreffend mit Ausnahme der Ziele [Vorhersagen erstellen] und [Ehrgeiz]. Ein deutlicher Unterschied wiederum zeigt sich in der Bewertung der Ziele [Daten als glaubwürdig, überzeugend, genau und interessant darstellen] und [Daten ansprechend präsentieren] und auch [Das Vorhersagemodell anwenden]. Diese Ziele sehen die Studierenden als deutlich weniger im Praktikum vermittelt als die Lehrenden, hier verläuft auch das Muster diametral zu den anderen Zielen in der Skala.

Eine Sonderstellung nimmt ganz bestimmt das Ziel [Laborbuch führen] ein, welches mit Abstand den größten Unterschied in der Einschätzung der Lehrenden und Studierenden aufweist. Dieser sollte jedoch nicht überbewertet werden, da die Validität der Antworten auf diese Frage bezweifelt werden muss, weil unter den Lehrenden geklärt war, was alles unter dem Begriff Laborbuch zusammengefasst ist (Labormitschrift, Bericht, Protokoll, Laborbuch, etc. – alles, was mit der schriftlichen Auswertung und Dokumentation der Messdaten zu tun hat), aber unter den Studierenden nicht. Hier kann es durchaus sein, dass diese unter „Laborbuch“ tatsächlich nur jene Notizen verstehen, die während der Anwesenheit im Praktikum gemacht werden.

	Lehrende		Studierende	
	Mittelwert ± StAbwMW		Mittelwert ± StAbwMW	
Grundlegende physikalische Ideen verstehen	● 1,14 ± 0,07	●	● 1,77 ± 0,09	
Das Vorhersagemodell anwenden	● 1,82 ± 0,15	●	● 2,36 ± 0,12	
Grundlegende physikalische und technische Ideen verstehen	● 1,07 ± 0,05	●	● 1,62 ± 0,09	
Qualität der Messdaten abschätzen	● 1,14 ± 0,08	●	● 1,54 ± 0,10	
Sicherheitsaspekte berücksichtigen	● 2,19 ± 0,16	●	● 2,68 ± 0,13	
Laborbuch führen	● 1,00 ± 0,00	●	● 2,20 ± 0,16	
Messapparatur in funktionale Untereinheiten einteilen	● 2,21 ± 0,18	●	● 2,80 ± 0,12	
Daten als glaubwürdig, überzeugend, genau und interessant darstellen	● 1,43 ± 0,11	●	● 1,98 ± 0,11	
Daten ansprechend präsentieren	● 1,43 ± 0,12	●	● 2,06 ± 0,12	

	Lehrende		Studierende	
	Mittelwert ± StAbwMW		Mittelwert ± StAbwMW	
Computer-Analyse-Programme nutzen	● 1,82 ± 0,16	●	● 2,30 ± 0,13	
LabMEW verwenden	● 2,86 ± 0,22	●	● 3,40 ± 0,13	
Sensoren und Aktuatoren einsetzen	● 2,11 ± 0,17	●	● 2,85 ± 0,13	
Wichtige Messgeräte erläutern und anwenden	● 1,32 ± 0,12	●	● 1,86 ± 0,11	
Grundlegende Fertigkeiten beim Aufbau optischer Experimente	● 1,46 ± 0,14	●	● 1,94 ± 0,11	
Freude	● 1,64 ± 0,16	●	● 2,53 ± 0,12	
Respekt	● 1,87 ± 0,17	●	● 2,60 ± 0,15	
Mut	● 2,32 ± 0,18	●	● 3,15 ± 0,13	
Selbstbewusstsein, Entscheidungsfreudigkeit	● 1,96 ± 0,17	●	● 2,51 ± 0,13	
Rücksicht	● 1,79 ± 0,17	●	● 2,33 ± 0,13	

Abb. 5: Ziele, deren Bewertung durch Lehrende und Studierende sich signifikant unterscheiden; "Farbcodierung vgl. Abb. 3 und 6

Abschließend sei noch kritisch zu beleuchten, dass über die Stichprobe der Studierenden nur wenige demografische und andere Metadaten erhoben wurden. Es setzen sich nämlich die Studierendenvertreter/innen in den Fachschaften an unterschiedlichen Universitätsstandorten auch unterschiedlich zusammen. Mancherorts ist es üblich, dass es sich um Studierende in Abschlusssemestern handelt, die sich freiwillig oder bezahlt als wissenschaftliche Hilfskräfte in der Organisation und/oder Lehre engagieren und dadurch evtl. selbst schon in der Rolle der Lehrenden in einem Physikpraktikum waren. Das beeinflusst natürlich die Sichtweise auf manche Ziele. Anderorts sind die Studierenden wiederum gewählte Studienrichtungsvertreter/innen, die als Interessensvertreter/innen fungieren und eine durchaus kritische und reflektierte Haltung gegenüber den Lehrenden haben.

Im Großen und Ganzen ist es jedoch Tatsache, dass die Befragten erst vor wenigen Semestern ein Anfängerpraktikum besucht haben und daher die Antworten nahe an der Studierendenperspektive sein müssen. Auf Basis dieser Überlegung hat die Einschätzung der Ziele in den physikalischen Praktika durch die Lehrenden an Validität und Objektivität gewonnen, da sie durch die Studierendenbefragung eine deutliche Bestätigung erfahren hat.

6. Literatur

[1] Theyssen, H.: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule. In: PhyDid Nummer 1/5 (2006), S.35-44.

[2] Zwickl B.; Finkelstein, N.; Lewandowski, H. J.: The process of transforming an advanced lab course: Goals, curriculum, and assessments. In: Am. J. Phys. Nummer 81 (2012), S. 63.

[3] Weitere detaillierte Darstellungen der Autoren von [2] findet man online: Detailed Learning Goals for the Advanced Lab: http://www.colorado.edu/physics/EducationIssues/zwickl/Resources/Detailed_LGs.pdf (Stand: 8/2015)

[4] Atteslander, P. (2006). Methoden der empirischen Sozialforschung. Berlin: Schmidt.

[5] Hochschulrektorenkonferenz, 2016. http://www.hs-kompass2.de/kompass/xml/index_stud.htm

[6] Janssen, J.; Laatz, W.: Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Berlin & Heidelberg: Springer, 2007.

[7] Backhaus, K.; Erichson, B.; Plinke, W.; Weiber, R.: Multivariate Analysemethoden. Berlin & Heidelberg: Springer, 2006.

[8] Prüfer, P; Rexroth, M.: Kognitive Interviews. ZUMA How-to-Reihe, Nr. 15. Mannheim, Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen, 2005.

Anhang

	AP	FP	NP		AP	FP	NP
Grundlegende physikalischen Ideen verstehen	● 1,14	● 1,40	● 1,30	Quellen finden	● 2,66	● 2,06	● 3,26
Ein Vorhersagemodell entwickeln	● 2,78	● 3,20	● 3,63	Quellen beurteilen	● 2,93	● 2,27	● 3,41
Das Vorhersagemodell anwenden	● 1,82	● 1,69	● 2,21	Quellen auswerten	● 2,85	● 2,33	● 3,07
Das Vorhersagemodell überprüfen	● 1,85	● 1,69	● 2,56	Anwendbarkeit und Genauigkeit des Vorhersagemodells überzeugend darstellen	● 2,14	● 2,07	● 3,04
Modell anpassen bei Diskrepanz Vorhersage/Messung	● 2,61	● 2,56	● 3,64	Beschreibung des Experiments	● 1,34	● 1,19	● 2,11
Grundlegende physikalische und technische Ideen verstehen	● 1,07	● 1,19	● 1,46	Daten als glaubwürdig, überzeugend, genau und interessant darstellen	● 1,43	● 1,81	● 2,22
Ein Modell des Messaufbaus entwickeln	● 2,46	● 2,33	● 3,67	Daten ansprechend präsentieren	● 1,43	● 1,40	● 2,30
Kalibrieren/das Modell des Messaufbaus anwenden	● 1,96	● 1,88	● 2,88	Datenanalyse und Schlussfolgerungen	● 1,41	● 1,19	● 1,54
Das Modell des Messaufbaus überprüfen	● 2,20	● 2,13	● 3,00	Eigene Projekte vorschlagen	● 3,04	● 2,93	● 3,79
Modell des Messaufbaus anpassen	● 2,77	● 2,53	● 3,64	Arbeitsteilung	● 2,14	● 2,25	● 2,36
Qualität der Messdaten abschätzen	● 1,14	● 1,25	● 1,70	Vorträge halten	● 3,14	● 2,06	● 3,14
Statistische Methoden (Mittelwert, n. lin. Anpassung, Chi ² -Test, ...) anwenden	● 1,55	● 1,88	● 1,93	Artikel verfassen	● 3,41	● 3,25	● 3,50
Messdaten mit Vorhersagewerten vergleichen	● 1,41	● 1,50	● 1,80	Poster erstellen und präsentieren	● 3,56	● 3,20	● 3,74
Überprüfbare Forschungsfrage aufstellen	● 2,76	● 2,50	● 3,50	Vorhersagen erstellen	● 2,52	● 2,19	● 3,22
Experimentalaufbau effektiv planen	● 2,62	● 2,40	● 3,54	Computer-Analyse-Programme nutzen	● 1,82	● 1,63	● 2,89
Sicherheitsaspekte berücksichtigen	● 2,19	● 1,53	● 2,64	LabVIEW verwenden	● 2,86	● 2,56	● 3,74
Messdaten während des Experiments skizzieren	● 1,76	● 1,63	● 2,18	Sensoren und Aktuatoren einsetzen	● 2,11	● 2,00	● 3,07
Zustand des Experiments regelmäßig evaluieren	● 2,24	● 2,20	● 3,04	Wichtige Messgeräte erläutern und anwenden	● 1,32	● 1,38	● 2,15
Laborbuch führen	● 1,00	● 2,07	● 1,71	Grundlegende Fertigkeiten beim Aufbau optischer Experimente	● 1,46	● 1,40	● 2,63
Messapparatur in funktionale Untereinheiten einteilen	● 2,21	● 2,36	● 3,04	Sorgfaltsdisziplinen	● 1,40	● 1,36	● 1,54
				Freude	● 1,64	● 1,64	● 2,22
				Ehrgeiz	● 2,04	● 2,00	● 2,38
				Respekt	● 1,87	● 1,92	● 2,20
				Mut	● 2,32	● 2,55	● 2,67
				Selbstbewusstsein, Entscheidungsfreudigkeit	● 1,96	● 1,69	● 2,32
				Rücksicht	● 1,79	● 2,25	● 2,16
				Wissenschaftliches Schreiben als Lernmethode	● 2,00	● 2,07	● 2,73

Abb. 6: Ziele mit Farbcodierung der Primär-, Sekundär und Tertiärziele (grün, orange und rot) und Mittelwert. „AP“ ... Anfängerpraktikum, „FP“ ... Fortgeschrittenenpraktikum und „NP“ ... Nebenfachpraktikum

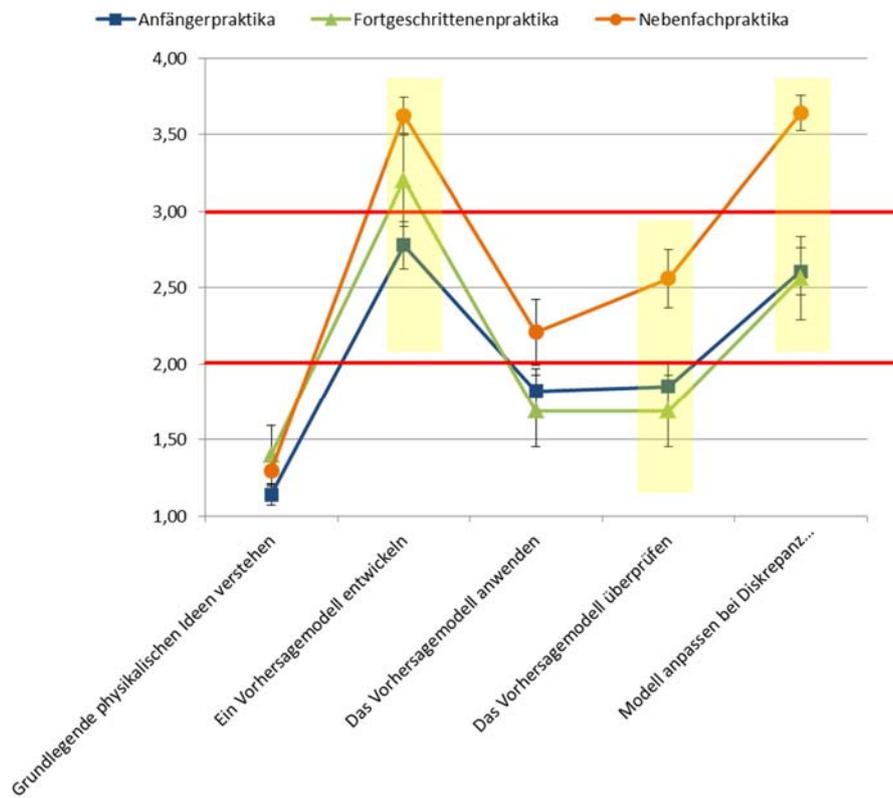


Abb. 7: Skala „Modell – Physikalische Grundlagen“

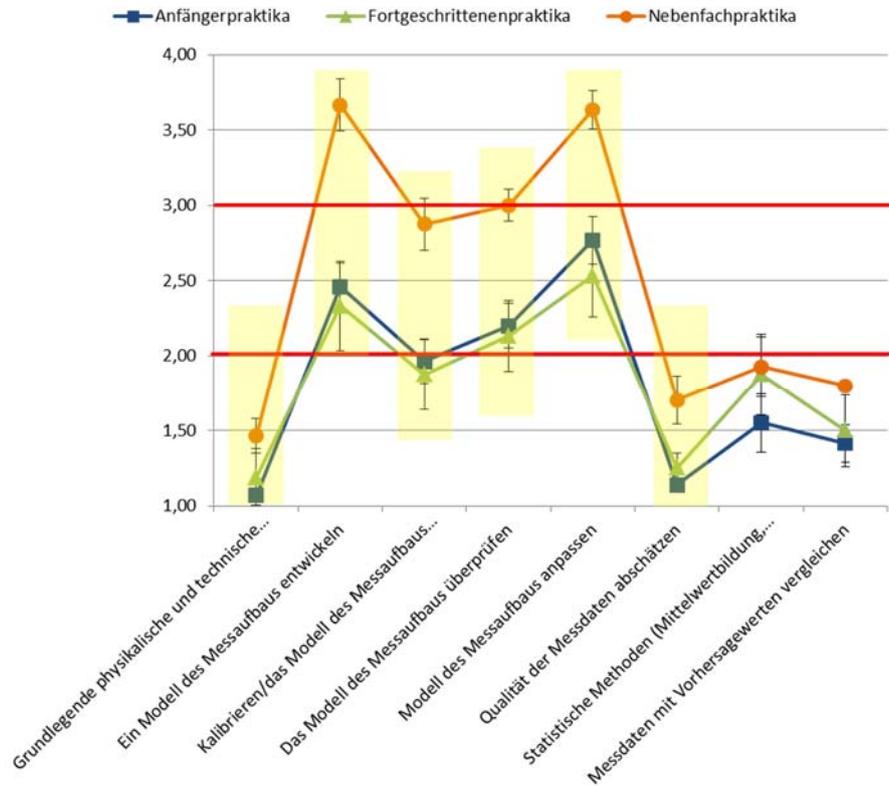


Abb. 8: Skala „Modell – Methode / Aufbau des Experiments“

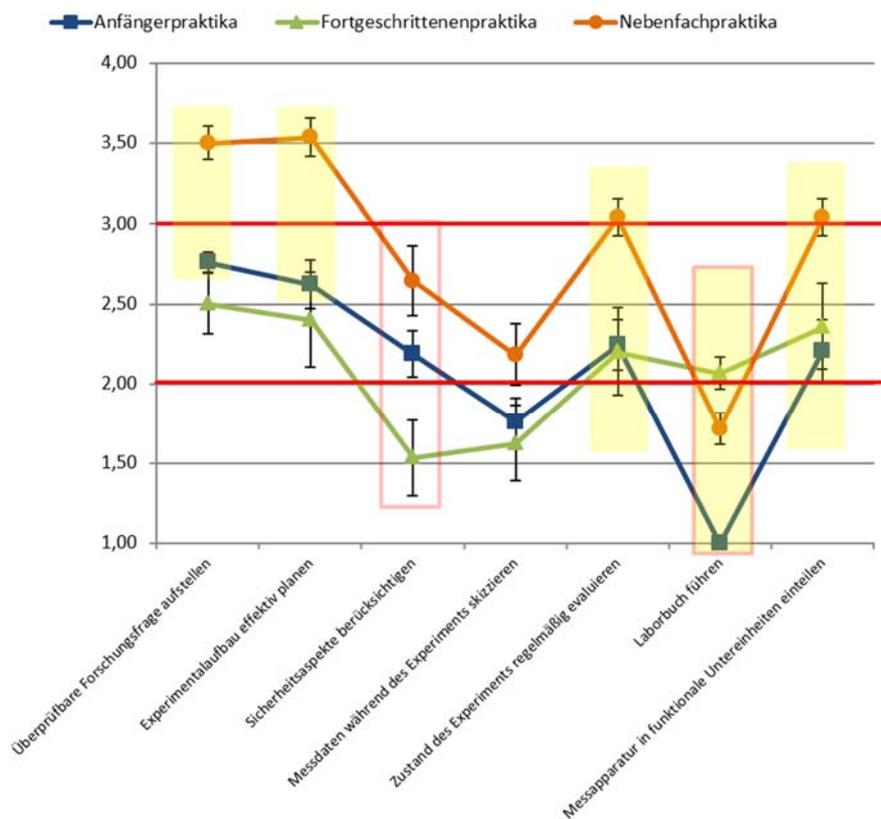


Abb. 9: Skala „Planung und Durchführung des Experiments“

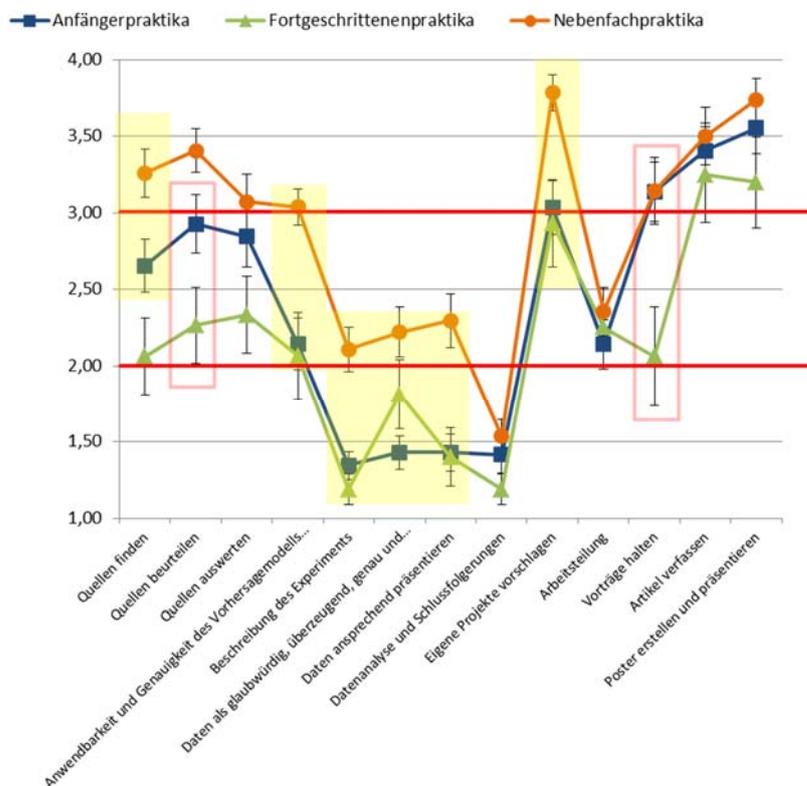


Abb. 10: Skala „Kommunikation“

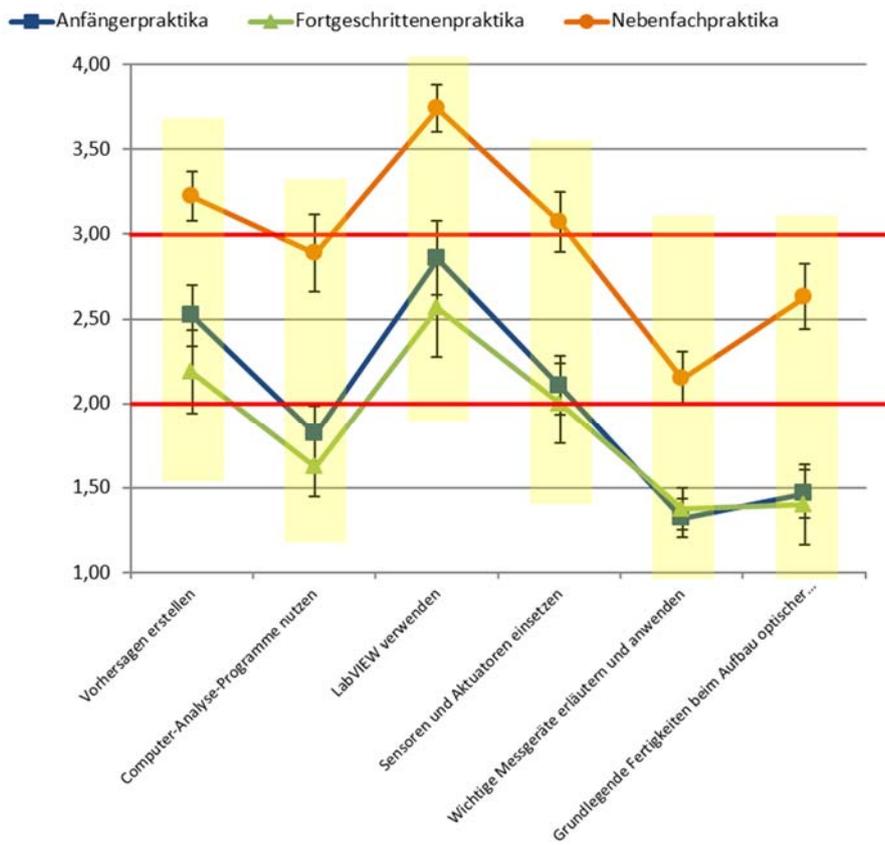


Abb. 11: Skala „Messtechnik“

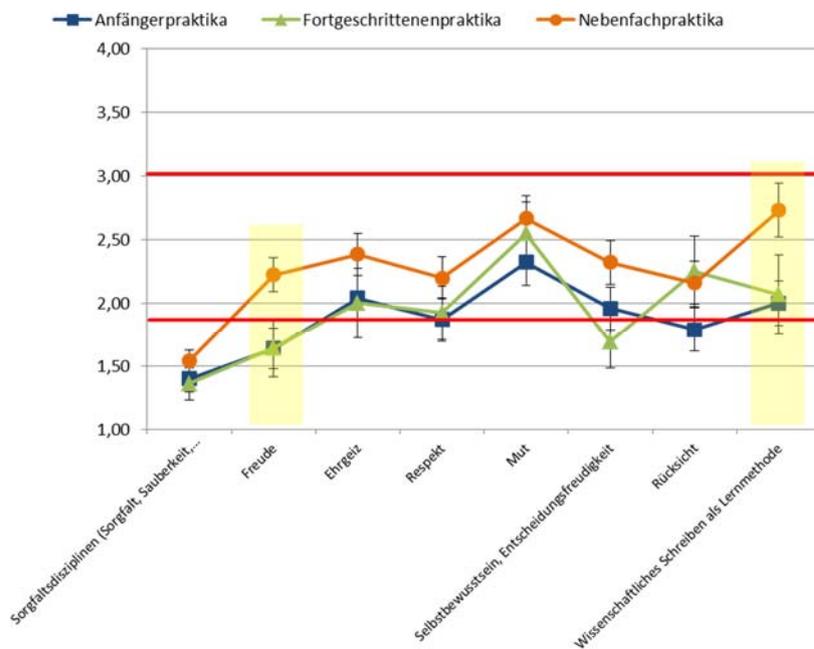


Abb. 12: Skala „Einstellungen ändern“