

## PSΦ: Forschungsprogramm zur Studieneingangsphase im Physikstudium

**Anna B. Bauer\*, Simon Lahme\*, David Woitkowski\*, Christoph Vogelsang\*, Peter Reinhold\***

\*Universität Paderborn, Didaktik der Physik, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn

[anna.bauer@uni-paderborn.de](mailto:anna.bauer@uni-paderborn.de)

### Kurzfassung

Die Studieneingangsphase Physik fordert von den Studienanfängern den Aufbau vielfältiger Fähigkeiten und Fertigkeiten. Diese umfassen fachliche Aspekte, z. B. den Erwerb von Fachwissen, Problemlösefähigkeiten und experimenteller Kompetenz auf universitärem Niveau. Parallel dazu müssen Prozesse der Identitätsaushandlung, Sozialisation und Enkulturation in zunächst noch neuer Lernumgebung und Fachkultur durchlaufen werden. Diese vielfältigen und von den Studierenden oft als nicht trivial empfundenen Lern- und Umstellungsprozesse finden innerhalb kürzester Zeit statt, was eine erhebliche Belastung bedeutet.

Aktuell wird die Paderborner Studieneingangsphase nach und nach inhaltlich und strukturell überarbeitet und aus verschiedenen Blickwinkeln qualitativ und quantitativ erforscht. Insgesamt liefert dieses Forschungsprogramm einen breitgefächerten Überblick über die vielfältigen Aspekte und Wirkungen der Studieneingangsphase sowie Hinweise auf verschiedene Verbesserungsmöglichkeiten.

### 1. Einleitung

Die Studieneingangsphase im Fach Physik an deutschen Universitäten stellt einen komplexen Lernprozess dar, der die ganze Person in erheblicher Weise miteinbezieht [1]. Die Studierenden müssen sich mit einem neuen Umfeld und den damit verbundenen Erwartungen, Anforderungen und Rahmenbedingungen auseinandersetzen [2]. Dieser akademische Identitätsbildungsprozess [3] ist mit Anforderungen auf mehreren Ebenen verbunden.

Auf der fachlichen Ebene müssen kognitive, physikalische und mathematische Vorkenntnisse mit den Anforderungen des Curriculums abgeglichen werden, wo klassische Vorlesungs-Übungs-Praktikums-Kombinationen dominieren, die häufig mit ungünstigen Lehr- und Lernmustern einhergehen [4]. Darüber hinaus passen die Vorkenntnisse der Studierenden häufig nicht zu den tatsächlichen Studienanforderungen [5]. So ergeben sich fachliche Schwierigkeiten, die mit hohen Studienabbruchquoten in Verbindung gebracht werden [6, 7]. Aufgrund der kumulativen Natur des Physiklernens [8] führen diese Schwierigkeiten in der Studieneingangsphase auch im späteren Studium zu hohen Leistungsdisparitäten [9] und einer zu geringen Fähigkeit im Umgang mit grundlegendem Fachwissen [10].

Auf der Ebene der Metakognition müssen die Anforderungen, die mit der Freiheit des Studiums verbunden sind, selbstreguliert bewältigt werden. Dazu gehört die Entwicklung von an die Anforderungen angepassten und stabilen Metastrategien zur Vorbereitung, Überwachung und Evaluation des eigenen Lernprozesses [11]. Hinzu kommt, dass sich diverse Erwartungen der Studierenden an ihr Studium in der Praxis oftmals nicht erfüllen [12].

Auf der Sozialisationsebene müssen die Studierenden die Studieneingangsphase als Entwicklungsan-

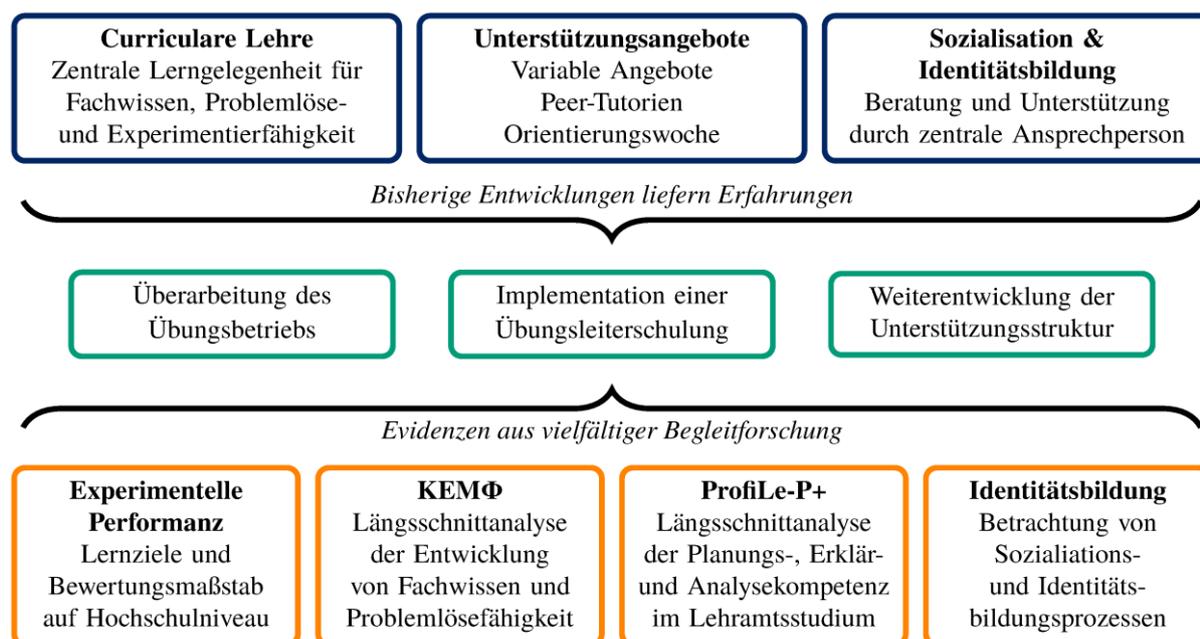
forderung interpretieren und akzeptieren, damit eine erfolgreiche Sozialisation in die in der Fachkultur und der Universität bestehenden Normen, Werte und Einstellungen gelingen kann [3, 13].

Ausgehend von diesem Problemfeld wird im Folgenden das multiperspektivische Forschungs- und Entwicklungsprogramm PSΦ (Paderborner Studieneingangsphase Physik) vorgestellt. Ziele sind die evidenzbasierte Gestaltung eines strukturierten Studieneinstiegs und eine in sich kohärent abgestimmte Studieneingangsphase aus einem Guss (siehe Abb. 1). Dabei werden ein sinnvoll unterstützter Übergang in die sozialen Strukturen und die Fachkultur der Universitätsphysik ebenso wie ein über alle curricularen Lehrveranstaltungen koordinierter Kompetenzaufbau mit sinnvollem Pacing und passenden extracurricularen Unterstützungsmaßnahmen angestrebt.

Die Begleitforschung zu den im Bachelor Physik zu erwerbenden Kompetenzen und Wissensbeständen sowie zur Identitätsbildung ermöglicht eine Erfassung des Status Quo und eine Analyse der relevanten Problemstellungen. Zusätzlich liefert sie theoretische Modelle, auf die bei der Weiterentwicklung und Evaluation der Studieneingangsphase sowie der Unterstützung beteiligter Lehrender zurückgegriffen werden kann.

### 2. Die Paderborner Studieneingangsphase

Die Universität Paderborn bietet für Studienanfänger einen vierwöchigen Vorkurs für Physiker an, in dem die grundlegenden physikalischen und mathematischen Fähigkeiten für das erste Semester behandelt werden. Anschließend finden in der Woche vor Studienbeginn für die gesamte Universität Einführungstage unter dem Titel „Start ins Studium“ statt. In vielen Studiengängen werden diese Tage durch



**Abb. 1:** Überblick über das Forschungs- und Entwicklungsprogramm PSΦ.

die jeweiligen Fachschaften gestaltet, so auch im Fach Physik. Inhalte sind hier z. B. das Kennenlernen des Campus und wichtiger Einrichtungen, eine begleitete Lehrveranstaltungswahl und Stundenplanzusammenstellung oder auch soziale Events wie eine Kneipentour.

### 2.1. Studienstruktur

Zum Kerncurriculum für alle Studienvarianten der Physik gehören die Veranstaltungen Experimentalphysik A – D und zur Theoretischen Physik A – C, die Anfängerpraktika sowie Seminare zu technischem Englisch. Dazu kommen die je nach Studienvariante unterschiedlich ausgerichteten Mathematik-Kurse.

Unter dem Titel Paderborner Physik Praktikum 3P wurde das viersemestrige Anfängerpraktikum seit 2012 mit dem Ziel eines systematischen Erwerbs der experimentellen Kompetenz neugestaltet [14]. Der Fokus des Konzeptes liegt darauf, die verschiedenen Facetten experimenteller Kompetenz miteinander verknüpft auszubilden, um die Studierenden auf ihre erste Qualifikationsarbeit, die Bachelorarbeit, sowie auf ihre weitere Berufstätigkeit vorzubereiten. Die Modulabschlussprüfung wird mit Portfolios gestaltet, die gezielt auch metakognitive Prozesse anregen und dokumentieren sollen, um so die Studierenden bei der Weiterentwicklung der eigenen Fähigkeiten und Fertigkeiten zu unterstützen [vgl. 15]. Die Evidenzen zur Wirksamkeit und Erfahrungen mit der Implementierung eines systematischen Pacings des Kompetenzaufbaus in eine mehrsemestrige universitäre Lehrveranstaltung können als Ausgangspunkte für die Weiterentwicklung der Studieneingangsphase genutzt werden.

### 2.2. Das Lernzentrum Physiktreff

Im Rahmen des Qualitätspakt-Lehre-Projektes „Heterogenität als Chance – Weichenstellungen in entscheidenden Phasen des Student-Life-Cycles“ wurde seit 2011 das Lernzentrum Physiktreff mit dem Ziel der Implementierung einer umfassenden Betreuungs- und Unterstützungsstruktur in der Studieneingangsphase für die „Integration in die Studien- und Fachkultur“ aufgebaut [16], um die durch Übergangsprozesse entstehenden Krisen in ihren Auswirkungen zu mildern oder zu beheben [17]. Die Maßnahmen sind bisher eher punktuell-kompensatorisch angelegt [18].

Die Leitung des Physiktreffs ist hier einerseits die zentrale Ansprechperson für die Studierenden in verschiedenen Beratungsangelegenheiten. Andererseits sorgt sie für eine Vernetzung beteiligter Personengruppen, um möglichst variabel auf neue Bedarfe der Studierenden reagieren zu können und eine Vernetzung der Studieneingangsphase zu gewährleisten.

Weiterhin gehört ein Lernraum mit Lernmaterialien, Gruppentischen und Whiteboards zum Angebot des Physiktreffs. Ziel ist es, kooperative Lern- sowie gruppendynamische Prozesse zu initiieren.

Das weitere Angebot im Lernzentrum wurde im Laufe der Zeit evidenzbasiert den regelmäßig erhobenen Bedarfen und dem Nutzungsverhalten der Studierenden angepasst. Beratungszeiten und Tutorien zu schwierigen Lehrveranstaltungen sowie ein Software-Support sind stark nachgefragt. Das Tutorien-Angebot verfolgt dabei zwei Ziele: Einerseits sollen die fachlichen Fähigkeiten der Studierenden durch Lerngelegenheiten (zusätzlich zu den curricularen Übungen) und eine vertiefte Diskussion der Inhalte gefördert werden. Andererseits dienen die Peer-Tutoren dabei als positives Rollenvorbild und zeigen exemplarisch wünschenswertes Verhalten.

Durch Tutoren wird außerdem eine Beratung „auf Augenhöhe“ erreicht, die geeignet sein könnte, Hemmnisse z. B. im Umgang mit fachlichen oder anderen Schwierigkeiten in der Studiengangphase zu senken [19].

Angeregt und begleitet durch die Physiktreff-Leitung findet ein regelmäßiger Austausch zwischen Tutoren und curricular Lehrenden statt. So können bereits im Vorfeld schwierige Inhalte der Vorlesung im Tutorium vorbereitet werden. Umgekehrt melden die Tutoren den Lehrenden fachlich-inhaltliche Verständnisprobleme auf Seiten der Studierenden zurück. In der Lehrveranstaltung kann so auf Nicht-Verstandenes noch einmal eingegangen werden.

Die Tutorien können somit ein Beispiel sein, wie die stärkere Vernetzung der Belange der Studierenden und Lehrenden mit einer fachdidaktischen Perspektive auf die Lernsituation der Studiengangphase insgesamt zu einer Verbesserung führen kann.

### 3. Begleitforschung

Verschiedene Forschungsprojekte können im betrachteten Kontext theoretische und empirische Hinweise auf die Wirksamkeit des Status Quo und der Neuentwicklungen geben.

#### 3.1. KEMΦ – Kompetenzentwicklung Physik in der Studiengangphase

Das Projekt KEMΦ [20] liefert tragfähige Evidenz zur Einschätzung des Fachwissens und der Problemlösefähigkeit der Studierenden und deren Entwicklung. Auf dieser Basis können eine Komplexitätsprogression für die Lehrveranstaltungen und Hinweise auf den gezielten und expliziten Aufbau von Problemlösefähigkeiten erarbeitet werden.

Dazu wird ein Fachwissenstest zu drei Zeitpunkten im ersten Studienjahr eingesetzt, auf dessen Basis das Fachwissen im Rahmen eines Niveaumodells kriterial beschrieben werden kann. Zentrales schwierigkeitszeugendes Merkmal ist hier empirisch die hierarchische Komplexität einer Anforderung. Diese operationalisiert den Grad der Verknüpfung der zur Lösung heranzuziehenden Informationen [21]. Auf dieser theoretischen Basis ist es möglich, die Schwierigkeit von Aufgaben gezielt zu beeinflussen und ggf. kontrolliert zu steigern. Es zeigt sich, dass etwa ein Drittel der Studierenden auch nach angemessener Studiendauer nicht über Fachwissen auf dem formulierten Zielniveau verfügt [10].

Als zentrale Kodeterminante wird im Projekt die Problemlösefähigkeit angenommen, die qualitativ erhoben wird [22]. Theoretisch liegt diesem ein deskriptives Modell des wissenszentrierten Problemlösens zugrunde [23], welches zwei grundlegende Ressourcen beschreibt: Fachwissen und Problemschemata. Letztere bezeichnen Kenntnisse über Strukturen gängiger Problemstellungen, die eine zentrale Rolle beim Finden eines Lösungsansatzes spielen. Empirisch zeigt sich, dass eine relevante Teilmenge der Studierenden gängige Problemstel-

lungen (auch sog. Standardprobleme) nicht erfolgreich lösen kann und dass fehlende Verfügbarkeit oder Anwendbarkeit von Problemschemata hier eine wesentliche Rolle spielt [22]. Davon ausgehend ergibt sich die Perspektive, Problemlösefähigkeiten und insbesondere Problemschemata explizit zum Gegenstand der Lehre bzw. des Übungsbetriebes zu machen.

#### 3.2. Experimentelle Performanz

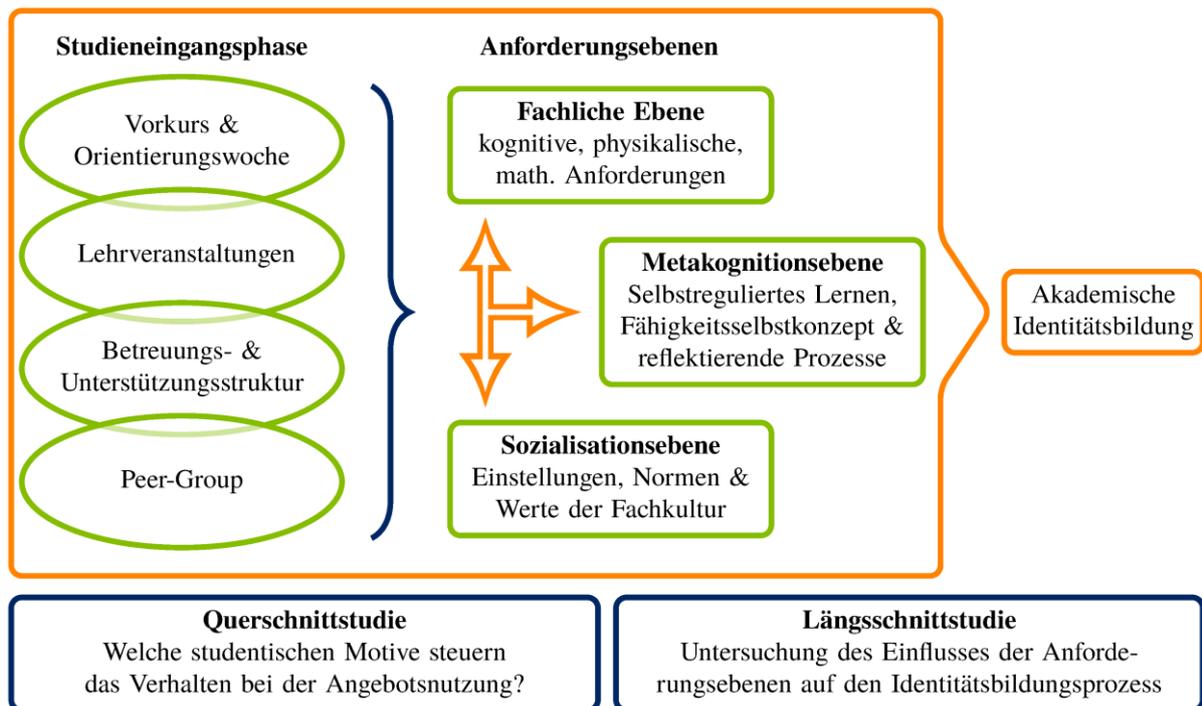
Trotz vielfacher Weiterentwicklungen der Anfängerbachelorpraktika an Hochschulen fehlen bisher valide Testinstrumente für die Messung experimenteller Kompetenz von Physikstudierenden, um so fundierte Aussagen zur Wirksamkeit unterschiedlicher Praktikumskonzepte tätigen zu können [24]. In diesem Projekt wird theoriegeleitet mit Hilfe komparativer Fallstudien und im Rückgriff auf die Vorstellungen von Praktikumsleitern ein Bewertungsmodell für die experimentelle Performanz Studierender entwickelt. Damit werden die zugrundeliegenden Dispositionen vor dem Hintergrund des Gesamtprozesses des Experimentierens mit einem Fokus auf den Spezifika des universitären Experimentierens rekonstruiert. Auf Basis des Bewertungsmodells wird ein Testinstrument entwickelt, dass u. a. in einer Delphi-Studie mit den Leitern der deutschen Anfängerbachelorpraktika validiert werden soll [24].

Nach Fertigstellung des Instrumentes können Wirksamkeitsaussagen zu Lehrkonzepten gegeben und weiterführende Wege hin zu einer Diagnose individueller Fähigkeiten vorgeschlagen werden, die als Grundlage für eine Weiterentwicklung bestehender Konzepte dienen können [24].

#### 3.3. ProfiLe-P+ – Professionskompetenz im Lehramtsstudium Physik

Die Verbundprojekte ProfiLe-P [25] und ProfiLe-P+ [26] setzen sich primär mit der universitären Lehramtsausbildung im Fach Physik auseinander. Die hier erarbeiteten theoretischen Modelle und empirischen Erkenntnisse können in Analogie auch auf universitäre Lehrsituationen übertragen werden. Hier ergeben sich Antworten auf die Frage, ob und in welchem Umfang Lehrende fachdidaktisch (weiter-)gebildet werden sollten, um insgesamt die Lehrqualität verbessern zu können.

Als ein Aspekt erscheint für die universitäre Lehre vor allem das Erklären physikalischer Zusammenhänge relevant. Das Projekt liefert hier zunächst ein auf einer konstruktivistischen Kommunikationstheorie aufbauendes Modell, welches Merkmale einer „guten Erklärung“ angibt [27]. Empirisch zeigt sich, dass die Qualität einer Erklärung u. a. vom durch fachdidaktisches Wissen mediierten Fachwissen abhängt [28]. Dies unterstreicht die Sinnhaftigkeit einer (hochschul-)fachdidaktischen Weiterbildung der fachlich bereits sehr gut ausgebildeten Lehrenden, um auch fachdidaktisches Wissen für die Hochschullehre aufzubauen.



**Abb. 2:** Akademische Identitätsbildung in der Studieneingangsphase

### 3.4. Identitätsbildung

Das Forschungsprojekt „Identitätsbildung in der Studieneingangsphase“ nimmt, ausgehend von der Nutzungsevaluation der Angebote des Physiktreffs, die Studieneingangsphase als Phase der Einführung in die Fachkultur und als Identitätsbildung im Sinne eines Physiker-Werdens [12] in den Blick. Es liefert so Erkenntnisse über die komplexen, metafachlichen Abläufe sowie deren Kopplung mit fachlichen Lernprozessen.

Der akademische Identitätsbildungsprozess wird in diesem Projekt auf Ebene der Metakognition und Sozialisation untersucht. Ziel ist es, die Entwicklungsprozesse der Studierenden zu charakterisieren und kritische Stellen in der Studieneingangsphase aufzudecken, um passgenaue Beratungs- und Unterstützungsstrukturen zu etablieren (s. Abb. 2). Ausgangspunkt ist hier eine sehr heterogene Nutzung der Angebote des Physiktreffs [17]. Dabei stellt sich die Frage, welche Motive Studierende für die Nutzung bzw. Nichtnutzung von prinzipiell als relevant angesehenen Unterstützungsangeboten zeigen.

Motive werden hier als Erklärungen für die Intention und Konsistenz menschlichen Handelns aufgefasst [29]. Sie sind dabei situationsabhängig und zeitlichen Veränderungen unterworfen. Sie können Aufschluss über den aktuellen Stand innerhalb des Identitätsbildungsprozesses in Auseinandersetzung mit den fachlichen, universitären und selbstregulatorischen Anforderungen geben sowie mögliche Stellenschrauben für Optimierungen der Studieneingangsphase liefern.

#### 3.4.1. Untersuchungsdesign

Für die Untersuchung des komplexen Wirkgefüges Studieneingangsphase auf Tiefenebene wurden mit Studierendengruppen narrative Gruppendiskussionen geführt. Erster Schritt war eine explorative, qualitative Studie mit Studierenden der ersten vier Semester ( $n=24$ ) mit dem Ziel, mögliche Motive für die Nutzung von Angeboten in der Studieneingangsphase zu identifizieren. Im zweiten Schritt werden die komplexen Prozesse der Studieneingangsphase bei zunächst zwei Gruppen längsschnittlich durch halbjährliche Gruppendiskussionen nachvollzogen, um Aussagen zur Entwicklung des Nutzungsverhaltens während der ersten vier Semester zu generieren. Während Probanden in Interviews meist eher vordergründig vorliegende Meinungen und Einstellungen äußern, die zusätzlich noch dem Phänomen der sozialen Erwünschtheit unterliegen, bieten Gruppendiskussionen die Möglichkeit, auch latent vorliegende Meinungen und Einstellungen zu erfassen [30]. Es wird dabei davon ausgegangen, dass im Verlauf der Diskussionen geäußerte Meinungen bereits vorher vorliegen und durch das diskursive Aushandeln, arbeitsteilige Ergänzen und Argumentieren der Einzelpersonen im Kollektiv nur aktualisiert bzw. explizit konstruiert werden. Die so ausgehandelten Komponenten werden in Abgrenzung zu Motiven als Begründungslinien bezeichnet, aus denen dann die Motive auf Tiefenebene rekonstruiert werden.

Für die Leitung der narrativen Gruppendiskussionen wurde ein theoretisch abgeleiteter Leitfaden entwickelt. Der Leiter nimmt am Diskurs nicht aktiv teil, sondern dient als co-creator [12] der Narrative. Er greift nur an interessanten Stellen ein oder gibt Denkanstöße für einen Perspektivwechsel. Für die Gruppencharakterisierungen wird zur Kontrastierung

der qualitativen Daten ein Fragebogen eingesetzt, der ausgewählte Themen der Diskussionsrunden auf individueller Ebene erhebt.

### 3.4.2. Ergebnisse

Anhand der Äußerungen der Studierenden konnten mittels eines induktiven Kategoriensystems insgesamt 17 Motive identifiziert werden, die das Verhalten der Studierenden in der Studiengangphase steuern. Diese werden als Grundlage für die Analyse der Begründungslinien genutzt. Dazu werden in den Diskussionen die Stellen untersucht, in denen sich mehrere Befragte im Sinne einer oder mehrerer Motive zu einem Gegenstand bezugnehmend äußern. Die Rekonstruktion der tiefliegenden Motive ermöglicht eine Systematisierung der Begründungslinien, woraus sich jeweils zentrale Erkenntnisse zur Optimierung der Paderborner Studiengangphase ableiten lassen. Die folgenden Ergebnisse stellen nur einen exemplarischen Auszug dar:

1. Die Befragten äußern den Wunsch nach unmittelbarer Unterstützung im Bedarfsfall (z.B. bei der Bearbeitung der Hausübungen), was auf eine geringe Selbstwirksamkeitserwartung und den Wunsch nach effizientem Lernen hindeutet. Außerdem bemängeln sie die Passung zwischen Vorlesung und Übung, was letztlich aber auf mangelndes Strategiewissen bei der Aufgabenbearbeitung und fehlende metakognitive Kompetenzen zurückgeführt werden kann. Ein gewisser Zwang zur Angebotsnutzung u. a. durch eine terminliche Bindung oder die Anwesenheit der Kommilitonen wird befürwortet. Als zentrale Erkenntnis kann abgeleitet werden, dass statt extracurricularer Unterstützungsangebote eine curriculare Einbindung von Maßnahmen angestrebt werden sollte, um die Studierenden beim selbstregulierten Lernen zu unterstützen.

2. Die Befragten geben an, dass sie nur nach ihrer Einschätzung kompetenten Lehrenden Fragen stellen und es ihnen wichtig ist, Tutoren „auf Augenhöhe“ ansprechen zu können. Ferner haben sie die Befürchtung, dass sie durch „dumme“ Fragen einen schlechten Eindruck von sich selbst vermitteln oder den Hilfesteller belästigen könnten. Als zentrale Erkenntnis für die Weiterentwicklung der bestehenden Tutorenschulung ergibt sich daher, dass ein idealer Lehrender offen für die Fragen und Probleme der Studierenden und in einer Weise hilfsbereit sein sollte, die von Studierenden auch wahrgenommen wird. Neben Fach- und Erklärkompetenz zeichnet ihn auch ein vertrauliches Verhältnis zu den Studierenden aus.

3. In allen Begründungslinien zeigen sich bei den Studierenden mangelnde Selbstorganisations- und Zeitmanagementfähigkeiten, die auf fehlende metakognitive Prozesse der Selbstregulation und ineffiziente Lernstrategien hindeuten. Außerdem führt die Angst vor Misserfolg zur Vermeidung schwieriger Aufgaben, was mit einer geringen Selbstwirksamkeitserwartung zusammenhängt. Mangelnde Leis-

tungsbereitschaft und Eigeninitiative sowie eine Unterschätzung des Arbeitsaufwandes sind weitere diskutierte Aspekte, die auf fehlende metakognitive Prozesse zur Reflexion der Unterschiede zwischen Schule und Universität hindeuten. Zentrale Probleme in der Studiengangphase stellen somit die Selbstorganisation, das Zeitmanagement, der Umgang mit Misserfolg und die Bewältigung universitärer Arbeitsanforderungen dar. Diesen Schwierigkeiten kann mit entsprechenden Maßnahmen z. B. schon in der Orientierungswoche begegnet werden. Im Lehrbetrieb wurden im neugestalteten Praktikum 3P gute Erfahrungen mit Lernportfolios zur positiven Unterstützung dieser Prozesse gesammelt.

## 4. Evidenzbasierte Neugestaltung

Die bisherigen Entwicklungen und Forschungsergebnisse der Begleitforschung ergeben ein multiperspektivisches Bild einer Studiengangphase mit verschiedenen Herausforderungen und Möglichkeiten. Im Folgenden werden beispielhaft sinnvolle nächste Schritte in Richtung einer Studiengangphase „aus einem Guss“ und einer z. B. vom Wissenschaftsrat [31] geforderten, evidenzbasierten Weiterentwicklung und Professionalisierung universitärer Lehre vorgestellt.

### 4.1. Unterstützung bei der Sozialisation in die Fachkultur

Auf Basis der Ergebnisse der ersten Studie zur Identitätsbildung wurde die Orientierungswoche in der Physik umfangreich überarbeitet. Der Fokus lag dabei vor allem auf der Sozialisierung in die Fachkultur sowie auf der Vorbereitung auf das selbstregulierte, kooperative Lernen. Zentral ist dabei eine fachdidaktisch aufbereitete Einführung, wie Physikerinnen und Physiker arbeiten, forschen und Probleme lösen. Dabei werden der positiv konnotierte Umgang mit Herausforderungen, das aktive Verstehen von Zusammenhängen und die experimentierende und modellierende Herangehensweise an die umgebende Welt herausgestellt [32].

Auf der sozialen Ebene werden gezielt Gruppenbildungsprozesse unterstützt. Dazu wurden die (zuvor getrennten) Orientierungswochen für Fach- und Lehramtsstudierende weitest möglich zusammengelgt. Die Studierenden werden frühzeitig (z. B. mit Peer-Coaching [19]) instruiert, sozial stabile und auf gegenseitige Verlässlichkeit angelegte Gruppen zu bilden, um Studienabbruch entgegen zu wirken [33].

Einen nächsten Schritt kann die Neugestaltung des Vorkurses für Physiker darstellen. Auf Basis der Erfahrungen im Paderborner Physik Praktikum 3P sowie der Aussagen aus der ersten Studie zur Identitätsbildung sollten die Studienanfänger an grundlegende Arbeitsweisen wie das effektive Vor- und Nachbereiten von Lehrveranstaltungen oder Peer-Coaching herangeführt werden. Weiterhin sollten die Studienanfänger durch eine enge Kooperation mit dem Fachschaftsrat der Physik und Mitgliedern

des Departments Physik bei formlosen Treffen ihr Fachgebiet und die damit verbundenen Normen, Werte und Einstellungen näher kennenlernen.

#### 4.2. Unterstützung in den Lehrveranstaltungen

Der gegenwärtig recht traditionell ausgerichtete Übungsbetrieb könnte theoriegeleitet in drei Richtungen weiterentwickelt werden: Einerseits lassen die Forschungen zum Problemlösen vermuten, dass ein explizites statt implizites Strukturieren und Einüben von Problemlöseprozessen wirksamer sein könnten als der Status Quo [34]. Als probates Mittel erscheint hier die Umstellung auf Gruppen- bzw. Präsenzübungen, in denen insgesamt ein größerer Anteil der Anwesenden aktiv an Problemstellungen und -lösungen arbeitet [35, 36].

Um der häufig steil ansteigenden Schwierigkeitsentwicklung der Übungsaufgaben entgegenzuwirken, welche ungünstiges Lernverhalten zumindest begünstigen kann [4], kann andererseits eine kontrollierte Schwierigkeitsstaffelung z. B. auf Basis eines Komplexitätsmodells eingesetzt werden. Ein so implementiertes Pacing kann entweder auf jedem Übungszettel (z. B. eine leichte, eine schwierigere Aufgabe, eine auf Klausurniveau und eine Knobelaufgabe) oder über das Semester hinweg ansteigen.

Wie auch bei Schülerinnen und Schülern [37, 38] ist weiterhin auch bei Studierenden ein wichtiges Lernhindernis in konzeptionellen Fehlvorstellungen zu sehen [39, 40]. Diese Vorstellungen können allein mit traditionell-kalkülorientierten Übungsaufgaben kaum überwunden werden [41], sodass neben traditionellen auch konzeptorientierte Aufgaben [wie z. B. 42] eingesetzt werden sollten.

#### 4.3. Übungsleiterschulung

Der Übungsbetrieb wird durchgehend von Doktorierenden geleistet, die selbst weder (fach-)didaktisch ausgebildet sind noch über langjährige Lehrerfahrungen verfügen. Es ist zu erwarten, dass diese Personen in ihrer eigenen Lehre lediglich den selbst erlebten Übungsbetrieb reproduzieren. Folglich sollte eine wirksame Überarbeitung des Übungsbetriebs mit einer Schulung der Lehrenden einhergehen. Da wesentliche Herausforderungen der Studieneingangsphase fachlicher Natur sind, genügt hier keine allgemein-hochschuldidaktische Fortbildung [43]. Aus den vorhandenen Erfahrungen und Forschungsprojekten ergeben sich vielmehr folgende Inhalte für eine Schulung:

- Grundlegende Klärung der unterschiedlichen Lehrziele von Vorlesung, Übung und ggf. ergänzendem (Peer-)Tutorium.
- Didaktische Gestaltung und Durchführung von Übungen: Planung und Reflexion sowie qualitativ hochwertiges Erklären [27, 28].
- Kenntnisse in Bezug auf bekannte (Fehl-)Vorstellungen Studierender, deren Relevanz für den Lernprozess und Strategien im Umgang damit

sowie in Bezug auf einen sinnvollen Einsatz von konzeptorientierten Aufgaben [42].

- Einschätzung und gezielte Beeinflussung der Schwierigkeit von Aufgaben, z. B. auf Basis eines Komplexitätsmodells [10] für die Anknüpfung an individuelles Vorwissen der Studierenden und damit verbunden gezielte Unterstützung der individuellen Lernprozesse.
- Reflexion von Problemlöseprozessen mit dem Ziel, diese explizit statt nur implizit vermitteln zu können [34].

Sowohl die Schulung selbst als auch die von den geschulten Übungsgruppenleitern erwarteten Lehr- und Vorbereitungshandlungen müssen dabei im schmalen Zeitbudget eines Doktorierenden leistbar sein. Dazu sollte jeweils möglichst nah an konkret vorkommenden Lehr- und Problemsituationen gearbeitet werden. Eine semesterbegleitende (Peer-)Hospitation erscheint ebenfalls sinnvoll.

In einem weiteren Schritt könnte z. B. das Lernzentrum Physiktreff konzeptionell zu einem hochschulfachdidaktischen Zentrum weiterentwickelt werden, in dem sowohl die etablierten Unterstützungs- und Beratungsangebote für Studierende als auch nah an der Fach-Lehre orientierte Beratungen für Lehrende angeboten werden. Letztere könnten sich dann z. B. auf die Elementarisierung fachlicher Inhalte, die Berücksichtigung der Vorstellungen von Lernenden und den strukturell sinnvollen Einsatz verschiedener Aufgabenformate und -schwierigkeiten beziehen. Solche fachspezifisch-hochschuldidaktischen Angebote werden von der allgemeindidaktisch arbeitenden Hochschuldidaktik bisher nicht geleistet. Parallel können in einem solchen Zentrum Evaluations- und Forschungsprojekte gebündelt, aufeinander bezogen ausgewertet und zur Weiterentwicklung der Studieneingangsphase herangezogen werden.

### 5. Zusammenfassung und Fazit

Die Studieneingangsphase ist geprägt von einer schwer zu überschauenden Vielzahl von fachlichen und metafachlichen Prozessen, die parallel und teilweise interdependent ablaufen. Herausforderungen auf einer Ebene haben nicht selten direkte Auswirkungen auf andere Ebenen; scheinbar unproblematische Schwierigkeiten können sich mitunter zu einer Krise ausweiten [17], die auch zu Studienabbruch führen kann [2].

In Paderborn wurde aktuell begonnen, die Studieneingangsphase aus mehreren, aufeinander beziehbaren Blickwinkeln empirisch forschend zu begleiten. So soll ein mehrperspektivisches Bild von einem sonst häufig nur in Einzelaspekten betrachteten Wirkgefüge entstehen. Parallel dazu bestehen ausgehend vom Lernzentrum Physiktreff Möglichkeiten zur strukturierten Weiterentwicklung der curricularen und außercurricularen Angebote dieser Phase. Während der Physiktreff zunächst rein kompensatorisch ausgerichtet war [18], ergibt sich damit die

Möglichkeit, erprobte Entwicklungen in den curricularen Regelbetrieb zu übernehmen und weiter auszubauen.

Die laufenden empirischen Forschungsprojekte liefern dabei kontinuierlichen, belastbaren und theoretisch unterfütterten Input, auf dessen Basis die Entwicklungen überprüft und angepasst werden können. Theoretische Modelle werden hier erprobt und können Anregungen für weitergehende Verbesserungen liefern. Das alles gelingt nur in einer engen Anbindung an die Fachkultur im Department Physik und in Abstimmung mit den Lehrenden. Bisherige Erfahrungen z. B. mit Tutorien zur theoretischen Physik zeigen, dass dies am ehesten dann gelingt, wenn Entwicklungen und Maßnahmen nicht nur die Belange der Studierenden, sondern auch diejenigen der Lehrenden adressieren und somit helfen, Probleme auf beiden Seiten des Hörsaals zu lösen.

## 6. Literatur

- [1] Clark, M.; Lovric, M. (2009): Understanding secondary–tertiary transition in mathematics. In: *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 40, Nr. 6, S. 755–776
- [2] Heublein, U.; Ebert, J.; Hutzsch, C.; Isleib, S.; König, R.; Richter, J.; Woisch, A. (2017): Studierenerwartungen und Studienwirklichkeit, Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. Hannover: DZHW
- [3] Rabe, T. (2019): Identitätsaushandlungen zu Physik als Aspekt naturwissenschaftlicher (Grund)Bildung? In: Maurer, C. (Hrsg.): *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Regensburg: Universität Regensburg, S. 25–38
- [4] Woitkowski, D.; Reinhold, P. (2018): Strategien und Probleme im Umgang mit Übungsaufgaben In: Maurer, C. (Hrsg.): *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*. Regensburg: Universität Regensburg, S. 726–729
- [5] Buschhüter, D.; Spoden, C.; Borowski, A. (2016): Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten von Physikstudierenden zu Studienbeginn. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 22, Nr. 1, S. 61–75
- [6] Albrecht, A. (2011): Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Berlin, Freie Universität Berlin,
- [7] Heublein, U.; Richter, J.; Schmelzer, R.; Sommer, D. (2014): Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen: Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2012. Hannover: DZHW
- [8] Schecker, H.; Parchmann, I. (2006): Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 12, S. 45–66
- [9] Riese, J. (2009): *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Berlin: Logos
- [10] Woitkowski, D.; Riese, J. (2017): Kriterienorientierte Konstruktion eines Kompetenzniveauumodells im physikalischen Fachwissen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 23, Nr. 1, S. 39–52
- [11] Mandl, H.; Geier, B. (2004): Förderung selbstgesteuerten Lernens. In: Blömeke, S.; Reinhold, P.; Tulodziecki, G.; Wildt, J. (Hrsg.): *Handbuch Lehrerbildung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 567–578
- [12] Holmegaard, H. T.; Madsen, L. M.; Ulriksen, L. (2014): A journey of negotiation and belonging. In: *Cultural Studies of Science Education* 9, Nr. 3, S. 755–786
- [13] Jenert, T.; Brahm, T.; Gommers, L.; Kühner, P. (2017): How do they find their place? In: *Learning, Culture and Social Interaction* 12, S. 87–99
- [14] Bauer, A. B.; Sacher, M. D. (2018): Kompetenzorientierte, universitäre Laborpraktika: Das Paderborner Physik Praktikum (3P). In: *PhyDid B*, S. 65–72
- [15] Bräuer, G. (2007): Portfolios in der Lehrerbildung als Grundlage für eine neue Lernkultur in der Schule. In: Gläser-Zirkuda, M.; Hascher, T. (Hrsg.): *Lernprozesse dokumentieren, reflektieren und beurteilen: Lerntagebuch und Portfolio in Bildungsforschung und Bildungspraxis*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 45–62
- [16] Haak, I.; Reinhold, P. (2018): Forschungsbasierte Implementierung eines universitären Lernzentrums für Physikstudierende mithilfe von Design-Based Research. In: Szczyrba, B.; Schaper, N. (Hrsg.): *Forschungsformate zur evidenzbasierten Fundierung hochschuldidaktischen Handelns*. Köln: Cologne Open, S. 175–198
- [17] Haak, I. (2017): Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase: Eine Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff. Berlin: Logos
- [18] Reinhold, P.; Haak, I.; Bauer, A. B. (2018): Das Lernzentrum Physiktreff. In: Riegraf, B.; Meister, D. M.; Reinhold, P.; Schaper, N.; Temps, T. T. (Hrsg.): *Heterogenität als Chance: Bilanz und Perspektiven des Qualitätspakt Lehr-Projekts an der Universität Paderborn*. Paderborn: Universität Paderborn, S. 78–81
- [19] Topping, K. J.; Ehly, S. W. (1998): Introduction to Peer-Assisted Learning. In: Topping, K. J.; Ehly, S. W. (Hrsg.): *Peer-assisted learning*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, S. 1–24

- [20] Woitkowski, D. (2018): Fachwissen und Problemlösen im Physikstudium: Vorstellung des Forschungsprojektes KEMΦ. In: *PhyDid*, S. 125–131
- [21] Bernholt, S.; Parchmann, I.; Commons, C. L. (2009): Kompetenzmodellierung zwischen Forschung und Unterrichtspraxis. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 15, S. 219–245
- [22] Woitkowski, D. (2019): Erhebung der Problemlösefähigkeit im Physikstudium: Vorstellung eines Erhebungsverfahrens. In: Maurer, C. (Hrsg.): *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Regensburg: Universität Regensburg, S. 492–495
- [23] Friege, G. (2001): Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs. Berlin: Logos
- [24] Bauer, A. B.; Sacher, M. D.; Reinhold, P. (2019): Erhebung der experimentellen Performanz (Physik-)Studierender. In: Maurer, C. (Hrsg.): *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Regensburg: Universität Regensburg, S. 632–635
- [25] Kulgemeyer, C.; Borowski, A.; Fischer, H. E.; Gramzow, Y.; Reinhold, P.; Riese, J.; Schecker, H.; Tomczyszyn, E.; Walzer, M. (2012): *ProfiLe-P – Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik: Vorstellung eines Forschungsverbundes*. In: *PhyDid B*.
- [26] Vogelsang, C.; Borowski, A.; Fischer, H. E.; Kulgemeyer, C.; Reinhold, P.; Riese, J.; Schecker, H. (2016): *ProfiLe-P+ – Professionskompetenz im Lehramtsstudium Physik*. In: Zlatkin-Troitschanskaia, O.; Pant, H. A.; Lautenbach, C.; Toepper, M. (Hrsg.): *Kompetenzmodelle und Instrumente der Kompetenzerfassung im Hochschulsektor (KoKoHs Working Papers, 10)*. Johannes-Gutenberg-Universität, Humboldt-Universität: Mainz; Berlin, S. 39–43
- [27] Kulgemeyer, C.; Tomczyszyn, E. (2015): Physik erklären: Messung der Erklärens-fähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 21, S. 111–126
- [28] Kulgemeyer, C.; Riese, J. (2018): From professional knowledge to professional performance: The impact of CK and PCK on teaching quality in explaining situations. In: *Journal of Research in Science Teaching* 55, Nr. 10, S. 1393–1418
- [29] Heckhausen, H. (1989): *Motivation und Handeln*. 2. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer
- [30] Bohnsack, R. (1999): *Rekonstruktive Sozialforschung: Einführung in Methodologie und Praxis qualitativer Forschung*. 3. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag
- [31] Wissenschaftsrat (2017): *Strategien für die Hochschullehre: Positionspapier*. Halle (Saale): Wissenschaftsrat
- [32] Nersessian, N. J. (1995): Should physicists preach what they practice? In: *Science & Education* 4, Nr. 3, S. 203–226
- [33] Bosse, E.; Trautwein, C. (2014): Individuelle und institutionelle Herausforderungen der Studieneingangsphase. In: *Zeitschrift für Hochschulentwicklung* 9, Nr. 5, S. 41–62
- [34] Lind, G.; Friege, G.; Kleinschmidt, L.; Sandmann, A. (2004): Beispiellernen und Problemlösen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 10, S. 29–49
- [35] Springer, L.; Stanne, M. E.; Donovan, S. S. (1999): Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology. In: *Review of Educational Research* 69, Nr. 1, S. 21–51
- [36] Wahle, M. (2017): Traditionelle Übungen vs. Gruppenübungen in naturwissenschaftlichen Fächern. In: *die Hochschullehre* 3, S. 1–15
- [37] Rhöneck, C. v.; Niedderer, H. (2006): Schüler-vorstellungen und ihre Bedeutung beim Physikalernen. In: Mikelskis, H. (Hrsg.): *Physik-Didaktik*. Berlin: Cornelsen Scriptor, S. 52–72
- [38] Wiesner, H. (1995): Physikunterricht - an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert. In: *Unterrichtswissenschaft – Zeitschrift für Lernforschung* 23, Nr. 2, S. 127–145
- [39] Fromme, B. (2019): Fehlvorstellungen bei Studienanfängern: Was bleibt vom Physikunterricht der Sekundarstufe I? In: *PhyDid B*, S. 205–215.
- [40] Girwidz, R.; Kurz, G.; Kautz, C. H. (2003): Zum Verständnis der newtonschen Mechanik bei Studienanfängern – der Test ‚Force Concept Inventory – FCI‘. In: Nordmeier, V. (Hrsg.): *Beiträge zur Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft: Tagungs-CD*. Berlin: Lehmanns Media.
- [41] Kautz, C. H. (2001): Untersuchung zum konzeptionellen Verständnis des Lehrstoffes bei Studierenden im ingenieurwissenschaftlichen Grundstudium an der Technischen Universität Hamburg-Harburg. Hamburg-Harburg: TUHH Universitätsbibliothek
- [42] McDermott, L. C.; Shaffer, P. S. (2009): *Tutorien zur Physik*. München: Pearson Studium
- [43] Reinhold, P. (2004): *Fachdidaktische Ausbildung*. In: Blömeke, S.; Reinhold, P.; Tulodziecki, G.; Wildt, J. (Hrsg.): *Handbuch Lehrerbildung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 410–431