

Kreatives forschendes Lernen im Projektlabor Physik fördern

ANDREA MERLI, BIRGIT KANNGIESSER, THOMAS MÖLLER

Abstract

Seit knapp 50 Jahren bietet das Anfängerpraktikum „Projektlabor Physik“ an der Technischen Universität Berlin besonders viel Freiraum für Eigeninitiative und Kreativität und stellt dort ein Alleinstellungsmerkmal des Physikstudiums dar. Angelehnt an das Konzept „Forschendes Lernen“ können Studierende bereits ab dem ersten Fachsemester in großer Selbstständigkeit in einer repressionsarmen Umgebung physikalisch-naturwissenschaftliche Kenntnisse erwerben. Die Lernziele des Projektlabors entsprechen denen der traditionellen Anfängerpraktika und werden durch selbst gewählte Themen, eigenständig geplante und aufgebaute Experimente sowie deren Durchführung und Auswertung erreicht.

Durch Gruppenarbeit werden Studierende des Projektlabors in Teamfähigkeit und Entwicklung sozialer Kompetenzen gefördert; der/die Tutor/in als „erfahrenes“ Gruppenmitglied nimmt dabei eine besondere Rolle ein. Der hohe Zeitaufwand für ein modernes und kreatives Praktikum wird sowohl von Studierenden als auch von Betreuer*innen gern in Kauf genommen. Durch eine starke Teilnehmendenorientierung und eine offene Form hat das Projektlabor es geschafft, über Generationen von Studierenden und Themen hinweg aktuell und attraktiv zu bleiben. Studierende im Projektlabor machen die Erfahrung, dass Physik nicht nur interessant und bisweilen anstrengend ist, sondern – sobald das selbst gesteckte Projektziel in einer gemeinsamen Anstrengung erreicht wurde – auch Spaß macht!

Schlüsselwörter: Projektlabor, Physikpraktikum, Forschendes Lernen

Einleitung

Von Beginn an treiben Neugier und das Streben nach Wissen die Menschheit an. Der Erkundungsdrang und das mehrfache Hinterfragen „Wieso?, Weshalb?, Warum?“ beginnen bereits im Kindesalter. Naturphänomene zu begreifen und das Bedürfnis, Probleme zu lösen, sind zugleich der Reiz und die Motivation vieler junger Erwachsener für ein naturwissenschaftliches Studium.

Entscheidet man sich für ein Physikstudium, werden Studienanfänger*innen allerdings häufig von einer hohen Diskrepanz zwischen ihren Erwartungen und der Realität überrascht. Um die teilweise sehr abstrakte Theorie zu verstehen, wird viel

mathematisches Verständnis vorausgesetzt und ein hohes Maß an Frustrationstoleranz verlangt. Tiefere Einblicke in spannende Forschungsgebiete der Experimentalphysik werden in der Regel erst ab der Bachelorarbeit möglich – der treibende Forschungsgeist von Studienanfänger*innen liegt bis dahin meist auf Eis. Als Reaktion darauf haben sich in der Aufbruchsstimmung der siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts Studierende an der TU Berlin ein Projektpraktikum erkämpft, in dem sie bereits, direkt von der Schule kommend, ihre Neugier durch selbst konzipierte Experimente einbringen können. Inzwischen hat sich dieses beliebte Praktikum „Projektlabor Physik“ als eine sehr erfolgreiche Lehrveranstaltung etabliert.

Das Grundstudium der Physik ist an vielen deutschsprachigen Hochschulen geprägt durch traditionelle Lehrformen. Die Vorlesungen – in der Experimentalphysik gewürzt mit einigen Demonstrationsversuchen – sind große Frontal-Lehrveranstaltungen, konzipiert hauptsächlich für rezeptives Lernen. In Übungen und Seminaren steht das Rechnen von Aufgaben im Vordergrund. Ein Austausch zwischen Studierenden und Dozent*innen ist in diesem Rahmen zwar möglich, wird jedoch unterschiedlich aktiv genutzt. Die physikalischen Anfängerpraktika sind stark strukturiert, damit „an je fünf Halbtagen etwa 200 Studenten arbeiten“ können (Westphal, 1972, S. 264). Die Versuchsaufbauten sind fest vorgegeben und aufgebaut; die Durchführung erfolgt nach Anleitung. Die Studierenden experimentieren allein oder zu zweit, füllen vorgefertigte Arbeitsblätter aus und schreiben über Generationen sich praktisch wiederholende Praktikumsberichte.

Die bundesweite Modernisierung des verschulten Studiums war schon Ende der sechziger Jahre ein wesentliches Ziel von Studentenprotesten. Selbstständigkeit, engere Verknüpfung zwischen Forschung und Lehre, mehr Freiraum für Kreativität und Eigeninitiative waren bereits damals einschlägige Forderungen. In dieser Zeit wurde das „forschende Lernen“ durch die Bundesassistentenkonferenz (Huber, 1970, S. 227–244) als konstruktivistische Lernform vorgeschlagen. Eine Definition des Begriffes stellte Huber einige Jahre später auf:

„Forschendes Lernen zeichnet sich vor anderen Lernformen dadurch aus, dass die Lernenden den Prozess eines Forschungsvorhabens, das auf die Gewinnung von auch für Dritte interessanten Erkenntnissen gerichtet ist, in seinen wesentlichen Phasen – von der Entwicklung der Fragen und Hypothesen über die Wahl und Ausführung der Methoden bis zur Prüfung und Darstellung der Ergebnisse in selbständiger Arbeit oder in aktiver Mitarbeit in einem übergreifenden Projekt-(mit)gestalten, erfahren und reflektieren.“ (Huber, 2009, S. 9)

Noch während diese neuen Lernform in hochschuldidaktischen Kreisen zu regen Diskussionen und Kritik führte, wurde das „forschende Lernen“ im Projektlabor bereits umgesetzt. Das Leitmotiv des Praktikums blieb über die Jahre das berühmte Zitat von Konfuzius (551–479 v. Chr.): „Sage es mir, und ich vergesse es. Zeige es mir, und ich erinnere mich. Lass es mich tun, und ich behalte es.“

Im Projektlabor treibt man die Botschaft dieser Zeilen auf die Spitze, indem man die Planung und Gestaltung in die aktive Tätigkeit miteinbezieht. Ein hoher Selbstbestimmungsgrad in der Gestaltung des Lernprozesses von Studienbeginn an,

entsprechend der höchsten Stufe des offenen Experimentierens – „open inquiry“ – nach Herron (1971, S.171–212) steigern das Engagement und die Erkenntnisgewinnung der Studierenden.

Das Projektlabor Physik – ein Studienreformprojekt aus den siebziger Jahren

Das Konzept des Projektlabors als alternative Lernform zum konventionellen Anfängerpraktikum entstand aus der Initiative der Studierenden im Fach Physik an der TU Berlin. In der Erprobungsphase ab 1968 wurde das Reformprojekt für drei Jahre durch die Volkswagenstiftung finanziert und durch einen knappen Beschluss des damaligen Fachbereichsrats 1971 institutionalisiert:

„Die Ausbildungsziele des Projektgruppenlabors sollen sein:

- a) Erwerb der wesentlichsten Grundkenntnisse der Physik durch theoretische und experimentelle Arbeiten.
- b) Kennenlernen wichtiger Experimentiergeräte und Einübung in deren Benutzung. Für erfolgreiche Arbeit auf diesem Gebiet wird der Übungsschein erteilt.
- c) Einüben in die intensive theoretische Bearbeitung spezieller Detailfragen und Weitervermittlung der so erworbenen Kenntnisse an andere.
- d) Kennenlernen der gesellschaftlichen Stellung des Naturwissenschaftlers durch Beschäftigung mit seiner Rolle im Beruf, der Wissenschafts- und Bildungspolitik, mit der Geschichte der Naturwissenschaften und mit Fragen der Erkenntnistheorie.“

(Auszug aus dem Fachbereichsbeschuß Physik, TU Berlin, Juli 1971)

Das Ziel a) grenzt sich in Inhalten und Formulierung kaum von der Standardzielsetzung traditioneller Anfängerpraktika ab (vgl. Eichler, Kronfeldt & Sahn, 2005). Das dahinterstehende Konzept unterscheidet sich jedoch wesentlich, denn im Projektlabor wird in allen Phasen des Experimentierens, von der Versuchszielbestimmung bis hin zur Auswertung, eigenständig in kleinen Gruppen gearbeitet. Durch die völlig offene Themenwahl (nur der Bezug zur Physik muss gegeben sein) und Handlungsfreiheit steigt die Motivation der Studierenden. Experimente selbst aufzubauen, bedeutet auch, Fehler zuzulassen. Systematische Fehlersuche und das Herausfinden von Fehlern tragen bekanntlich zum Erkenntnisgewinn bei. Projektversuche sind ergebnisoffen und führen zu Unbefangenheit der Wahrnehmung. Diskussionen werden angeregt, Gedanken ausgetauscht, neue Ideen entstehen – der Neugier und Kreativität wird so Raum geschaffen.

Ziel b) will zusätzlich zur Vertiefung vom fachlichen Wissen die Kommunikation fördern. Hier soll die Fähigkeit erworben werden, physikalische Inhalte zielgruppenorientiert und sachbezogen zu vermitteln. Die wissenschaftliche Kommunikation wird im Projektlabor auf verschiedenen Ebenen geführt: unter Studierenden einer Projektgruppe durch kooperatives Lernen, schriftlich als Dokumentation der Ergebnisse sowie durch mündliche Präsentationen.

Das Lernziel c) sorgte vor allem in der Anfangsphase des Projektlabors für Auseinandersetzungen zwischen Hochschullehrer*innen, Assistent*innen und Studierenden. In Frage gestellt wurde damals die Möglichkeit und Rechtfertigung, ein Verständnis für die gesellschaftliche Relevanz von Physik als Lernziel eines Experimentalpraktikums zu definieren (Sabaß & Koßmann, 1976, S. 1058). Deshalb wurde dieses Lernziel als ein freiwilliges festgelegt und von der Leistungskontrolle ausgeschlossen. Es wird nur dann verfolgt, wenn die Mehrheit der Studierenden es wünscht.

Struktur und Ablauf des Projektlabors

Die Namensgebung des Praktikums ist historisch bedingt. Unter dem Begriff „Projekt“ sind inhaltlich miteinander verbundene Einzelexperimente zu verstehen, deren Komplexität nach Bedarf gesteigert werden kann, bis die von den Studierenden bestimmten Lernziele erreicht werden. Ein Projekt durchläuft mehrere Phasen, die nach Sabaß und Koßmann (ebd., 1976, S. 1061) in Abb. 1 dargestellt sind.

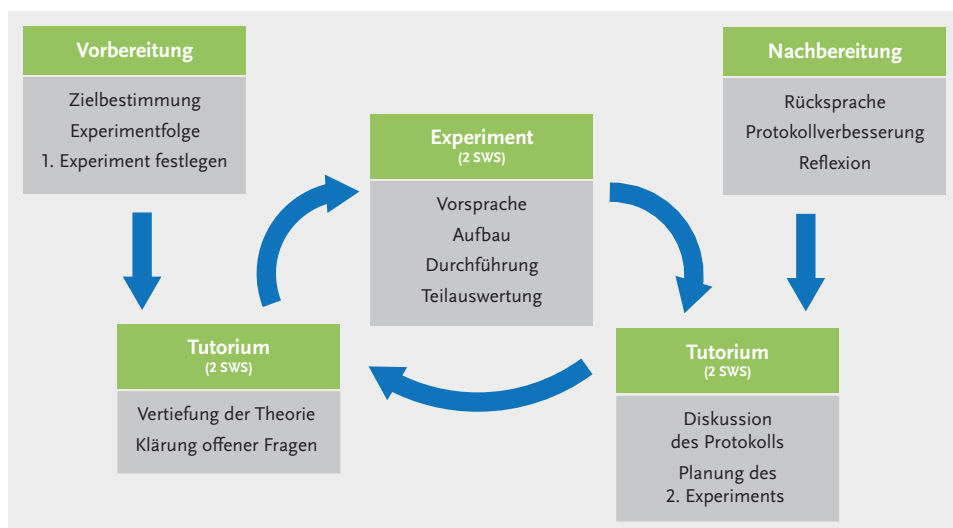


Abbildung 1: Ablauf eines Projekts im physikalischen Anfängerpraktikum „Projektlabor“ (vgl. hierzu Sabaß & Koßmann, 1976, S. 1061)

In der Vorbereitungsphase wird ein Thema bestimmt, ein Überblick über die notwendige Theorie verschafft, ggf. eine Experimentfolge überlegt und das erste Experiment des Projekts festgelegt. In der nächsten Phase werden die Grundlagen zum Versuch in einem Tutorium besprochen. Eine individuelle Erarbeitung der Theorie durch Studierende wird im Vorfeld vorausgesetzt, damit im Tutorium alle offenen Verständnisfragen zum Experiment durch gemeinsame Diskussionen geklärt wer-

den können. Im Tutorium wird gemeinsam die Vorsprache strukturiert, die Messmethode festgelegt und eine Geräteauswahl getroffen. In der Experimentphase kommt es zum eigentlichen Versuchsaufbau, Durchführung und zur Teilauswertung. Ein Praktikumsbericht wird in Hausarbeit angefertigt, eine Vorkorrektur und Diskussion erfolgen in Rahmen eines weiteren Tutoriums. Der nächste Versuch, der inhaltlich auf das erste Experiment aufbaut, wird geplant und die Theorie dazu umrissen. Eine Rücksprache mit den Assistent*innen des PLs und eine Verbesserung der Berichte finden in der Nachbereitungsphase statt. Für den Leistungsnachweis ist die aktive Teilnahme an mindestens elf Experimentalterminen einschließlich Tutorien erforderlich.

Der Umfang der Projekte zu einem bestimmten Lernziel kann unterschiedlich groß sein, die Herangehensweise und Realisierungsmöglichkeiten sind durch die eigenständigen Aufbauten und freie Wahl der verwendbaren Messmethoden sehr vielfältig. Die Gefahr der „Standardisierung“ von Projekten wird dadurch vermieden. Die Mehrheit der Studierenden, die sich für diese Alternative des Anfängerpraktikums entscheiden, möchte nicht die Ergebnisse anderer reproduzieren, sondern eigene Ideen umsetzen und dabei „Neues“ entdecken.

Angeboten wird das Projektlabor für Physikstudierende bereits ab dem ersten Fachsemester und kann insgesamt für drei Semester als alternative Wahlpflichtveranstaltung zum traditionellen Grundpraktikum (vgl. Eichler, Kronfeldt & Sahn, 2005) belegt werden. Zu Semesterbeginn können die Studierenden zwischen den beiden Praktika wählen; ein Wechsel zwischen den Praktikumsformen ist zum folgenden Semester möglich. Die Aufnahmekapazität ist im Projektlabor auf ca. hundert Studierende begrenzt (insgesamt für drei Semester). Wegen der hohen Nachfrage muss häufig ein Losverfahren über die Vergabe der Plätze entscheiden.

Gruppenarbeit im Laborpraktikum

Nicht nur das Lernkonzept, sondern auch die Arbeitsweise unterscheidet das Projektlabor von traditionellen Anfängerpraktika. Heutzutage wird Wissenschaft meist nicht mehr im Alleingang betrieben, sondern in einem Forschungsteam. Ganz nach diesem Modell wurde im Projektlabor Physik von Beginn an die Gruppenarbeit gefördert, damit zusätzlich zu den Fach- und Methodenkompetenzen auch die für das spätere Berufsleben so wichtigen Sozialkompetenzen wie Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit und Konfliktfähigkeit entwickelt werden können.

Vor allem in der Anfangsphase des Physikstudiums hat die Zugehörigkeit zu einer Lerngruppe große Vorteile: Die Hemmschwelle, Fragen zu stellen, sinkt; es wird viel diskutiert, sich kritisch mit dem Lehrstoff auseinandergesetzt und sogar gegenseitig motiviert. In der Gruppe hat man mehr „Mut zur Naivität bei der Problemstellung“ (Sabaß & Koßmann, 1976, S.1056). Lernen auf Augenhöhe, der sogenannte Peer-to-peer-Ansatz, entwickelt überfachliche Kompetenzen wie z. B. Wissenschaftskommunikation, die früh in der Lehre befestigt werden sollen.

Die Projektgruppen bestehen aus maximal sieben Studierenden und einem/r Tutor*in. Die Zusammensetzung der Gruppen ist zufällig und heterogen. Die Gruppenmitglieder haben unterschiedliche Vorkenntnisse und Fähigkeiten, was grundsätzlich keinen Nachteil für das Konzept des „forschenden Lernens“ darstellen sollte (Huber, 2009, S. 9), sondern meist sogar ein Vorteil ist. Die Studierenden können auf verschiedenen Ebenen voneinander profitieren. Betrachtet man eine Projektgruppe als soziale Struktur, steht nicht der individuelle Erfolg der Einzelnen im Vordergrund, sondern der Erfolg der gesamten Gruppe. Eine zu große Heterogenität der Gruppe kann allerdings auch zu Problemen führen – vor allem, wenn die Arbeitseinteilung und Arbeitsdisziplin von den Mitgliedern unterschiedlich wahrgenommen werden. Dominanz oder Unzuverlässigkeit können zu interaktionären Schwierigkeiten zwischen den Beteiligten führen. Gruppendynamische Konflikte sind im Projektlabor eher selten, und wenn sie frühzeitig erkannt werden, können sie nach moderierten Diskussionen beigelegt werden. Beobachtet wird eher ein erfreulicher Effekt: Die Mitglieder einer Gruppe bleiben zum Teil während des ganzen Studiums miteinander in Kontakt, es entstehen sogar Freundschaften, die über das Studium hinaus Jahrzehnte anhalten. Mittlerweile haben über 450 Projektgruppen das Projektlabor durchlaufen – so hat sich ein enormer Erfahrungsschatz für Studierende und Lehrende gebildet.

Eine ganz besondere Rolle in der Projektgruppe erfüllt der/die Tutor*in. Als fachlich höher qualifizierte/r Studierende/r soll er oder sie keine Aufsichtsperson darstellen, sondern eher ein erfahrenes Gruppenmitglied sein, das die Gruppe über die gesamte Praktikumszeit hinweg begleitet. Der/die Tutor*in unterstützt die Studierenden in der Vorbereitungsphase und ist die erste Anlaufstelle für fachliche oder organisatorische Fragen zum Projekt. Im ersten Semester achtet er/sie verstärkt darauf, dass einzelne Studierende der Gruppe die selbstgesetzten Lernziele erreichen, ohne über- oder unterfordert zu werden. In der Funktion als Gruppenmoderator*in greift der/die Tutor*in ein, falls etwa Diskussionen zeitlich ausarten. Beim Aufbau und der Durchführung des Versuchs steht er/sie der Gruppe beratend zur Seite und achtet vor allem auf die Sicherheit beim Experimentieren. In der Berichterfassung wird der/die Tutor*in vor allem im ersten Semester stark beansprucht, etwa für Formatierungsfragen und Auswertungshinweise bzw. zur Vorkorrektur der ersten Protokollversion. Im dritten Semester dann lösen die Gruppen die Koordinations- und Kommunikationsprobleme selbst, der/die Tutor*in wird mehr in Bezug auf Fachkenntnisse beansprucht.

Ein intensiver Austausch zwischen den Mitgliedern einer Gruppe findet im Projektlabor nicht nur auf fachlicher Ebene statt. Der/die Tutor*in ist gleichzeitig Mentor*in, der/die über eigene Erfahrungen im Studium berichtet, die Infrastruktur am Fachbereich kennt und häufig guten Rat zur Organisation des Studiums geben kann.

An einem Experimentiertag können maximal drei Projektgruppen parallel arbeiten und werden von einem/einer wissenschaftlichen Assistent*in betreut. Die mündliche Vorsprachen zu den Einzelversuchen haben keinen Prüfungscharakter,

sondern bieten den Gruppenmitgliedern die Gelegenheit, fachbezogene Kurzvorträge (ca. 15 min) vor Publikum zu üben. Der/die Assistent*in gibt den Vortragenden anschließend ein fachliches Feedback u. a. zu Präsentationstechnik und Rhetorik. Während des Experimentaltermins ist der/die Assistent*in als Ansprechpartner*in erreichbar und kümmert sich darum, dass die Sicherheitsaspekte im Praktikumslabor berücksichtigt werden. Er bzw. sie liest die schriftlichen Gruppenberichte und sorgt durch Rücksprache mit den Studierenden für die Qualitätssicherung. Das Modul mit einem Umfang von sechs Leistungspunkten pro Semester ist unbenotet. Eine Quantifizierung des Erfolgs in Form von Noten könnte dem Teamgeist schaden; Studierende werden jedoch frühzeitig auf eventuelle Leistungsdefizite aufmerksam gemacht.

Das Projektlabor: Raum für Eigeninitiative und Kreativität

Neugier und Interesse bilden die Grundlagen für Kreativität. Mit ihrer Hilfe können Routinen überwunden, festgefahrene Denkweisen verlassen und Standards gebrochen werden. Mit Kreativität verbinden Studierende Anregung, Inspiration, Offenheit, Freiraum und Eigenverantwortung (Jahnke, Haertel & Wildt, 2017, S. 91). Knapp 80 Prozent aller befragten Studierenden der TU Dortmund wünschen sich laut der Studie von Jahnke, Haertel und Wildt mehr Förderung der Kreativität in der Hochschule. Einige Universitäten gehen diesem Bedarf nach und führen forschendes Lernen in der Praxis ein (Lehmann & Mieg, 2018). Die verwendeten Formate sind unterschiedlich. Für naturwissenschaftliche Fächer bieten sich Laborpraktika sehr gut für das Lernen durch Forschung an.

Standardpraktikumsversuche mit bewährten Methoden nach Lehrplan durchzuführen, mag zwar zur Vertiefung physikalischer Grundphänomene und der Überprüfung von Gesetzmäßigkeiten dienen, schränkt aber die Kreativität ein, denn das „richtige“ Messergebnis ist hier vorhersehbar. Offene Laborpraktika hingegen stellen nach unserer Erfahrung eine optimale Umgebung für kreative Ansätze und innovatives Denken im Physikstudium dar. Ideen für die Gestaltung eines Experimentes zu entwickeln, Geräte zum Laufen zu bringen, zu improvisieren und kreativ zu vermitteln sind Fähigkeiten, die für die Laborforschung unerlässlich sind. Unbefangenes, schöpferisches und freies Denken spielen nicht zuletzt für die Modellierung physikalischer Prozesse eine wichtige Rolle.

Das Projektlabor Physik deckt sehr viele Facetten der Kreativitätsförderung (Jahnke, Haertel & Wildt 2017, S. 91) in der Hochschullehre ab. Originalität und Ideenreichtum werden im Praktikum großgeschrieben. Die Vorschläge von Projekten reichen vom Bau eines „Star trackers“ zur Entfernungsbestimmung mittels astrophysikalischer Aufnahmen über den Aufbau eines mikroprozessorgesteuerten Laserparcours bis hin zur Schlierenaufnahme eines Machkegels an einer Rasierklinge. Besonders hoch ist die Motivation für Projekte zu Themen, die auch im Fokus aktueller Forschung stehen und für die noch keine vollständigen theoretischen Erklärun-

gen existieren, wie etwa die Bildung einer Wasserbrücke unter dem Einfluss von Hochspannung. Projekte mit viel Entdeckungspotential wecken bei Studierenden das Gefühl, selbst aktiv zur Wissenschaft beitragen zu können. Neugier und Begeisterung lösen auch Projekte aus, deren Ausgangspunkte „coole“ Effekte aus Sozialen Medien und Scienceblogs sind, wie etwa die Erforschung eines Weintrauben-Plasmas in der Mikrowelle. Hierbei reduziert sich das Projekt keinesfalls auf den Nachbau des Versuches und die Beobachtung von Effekten, sondern um dessen Weiterentwicklung und Analyse. Großer Beliebtheit erfreuen sich momentan Experimente mit Bezug auf Nachhaltigkeit und Technikfolgenabschätzungen, ausgelöst durch das aktuelle politische Engagement vieler Studierender. Projekte wie etwa der Bau einer Biosolarzelle (Grätzelzelle) mit Rote-Beete-Saft und Hibiskustee oder der Modellbau eines Flettnerrotors zur Nutzung von Windkraft (Magnuseffekt) werden aus mehreren Perspektiven betrachtet und Verbindungen zu anderen Disziplinen (z. B. Umweltwissenschaften und Ingenieurwissenschaften) hergestellt. Wie stark das Projektlabor von der Kreativität der Studierenden geprägt ist, zeigt sich an der allgegenwärtigen Nutzung von Smartphones und spezieller Apps, sei es beim Dopplereffekt durch die Messung der Frequenzverschiebung über eine Schwebung oder als schnelle Videokamera zur Bahnverfolgung einer selbst gebauten Rakete. Die junge Generation wächst mit neuen, digitalen Techniken auf und bringt sie im Praktikum sofort ein.

Das fakultative Lernziel c) des Projektlabors hat einen reflexiven Ansatz. Dieser wird von Projektgruppen unterschiedlich erfüllt. Für Technikfolgenabschätzungen werden im Rahmen des Projekts Exkursionen (von Huber als Form des forschenden Lernens eingegliedert, vgl. Huber 2009, S.17) durchgeführt – zum Beispiel zum Kernkraftwerk Lubmin oder eine Besichtigung der Schachanlage ASSE II (Lagerung vom radioaktiven Müll). Große Forschungsanlagen wie BESSY II, DESY-Hamburg, European XFEL oder IPP Greifswald werden häufig als Besichtigungsziele gewählt, um Einblicke in die Forschung und spätere mögliche Berufsbilder zu gewinnen. Die Exkursionen werden von den Projektgruppen eigenständig organisiert und auf eigenen Kosten durchgeführt. Auch Fragen zur Erkenntnistheorie und Denkanstöße über die kognitive Verzerrung und Voreingenommenheit bei der Analyse von Datensätzen werden gelegentlich in Projekten thematisiert.

Zur Darstellung der Projektergebnisse werden im Projektlabor kreative Vermittlungsformen eingesetzt. Jedes Einzelexperiment wird mit einem Praktikumsbericht abgeschlossen, der auf der eigenen Wiki-Plattform des Projektlabors veröffentlicht wird. Diese Plattform wird nicht nur von Lehrenden, sondern auch von Studierenden laufend erweitert. Die Gestaltung eines Posters als wissenschaftliche Veröffentlichung zum Projekt ist als Alternative zum Protokoll willkommen. Zum Ende des Semesters präsentieren einige Gruppen mit großer Begeisterung im Rahmen einer öffentlichen Veranstaltung besonders herausragende Projekte. Die Studierenden des Projektlabors stellen auch bei Öffentlichkeitsveranstaltungen der Universität, wie etwa der *Langen Nacht der Wissenschaften*, gern ihre Projekte vor.

Kreativität braucht Freiraum und vor allem ausreichend Zeit – lediglich zeitweilige Eingriffe der Betreuer*innen im „repressionsarmen“ Raum sind erforderlich. Treffen die Gruppen Entscheidungen, mit denen sie sich selbst über- oder unterfordern, planen sie Projekte, die sie zeitlich oder aus Gerätemangel nicht bewältigen können oder gefährden sie die Sicherheit im Projektlabor, ist die Intervention der Betreuer*innen notwendig.

Erfolgsmessungen und Evaluation

Eine quantifizierbare und aussagekräftige Erfassung der Lehrqualität im Projektlabor ist schwierig; das kürzlich nach dem 3L-Modell (Lernzuwachs, Lehrkompetenz und Lernumgebung) konzipierte Instrument von Rehfeldt und Nordmeier (ebd., 2018, S. 37) ist eher auf Standardpraktika anwendbar. Eine Einschätzung des Lehr- und Lernerfolgs findet durch eine regelmäßige Beobachtung der Projektgruppen durch den/die Tagesassistenten/Tagesassistentin statt. Viele Diskussionen in Rahmen der Vorsprachen und Rücksprachen über theoretische und experimentelle Probleme, über die Protokolle und auch über interaktionäre Schwierigkeiten lassen eine gute individuelle Beurteilung der zugewonnenen Fachkompetenzen und sozialen Kompetenzen zu. Der/die Tutor*in als permanentes Gruppenmitglied ist in der Position, „über Erfolge und Misserfolge jedes einzelnen oder der Gruppe über ein ganzes Semester zu integrieren“ (Sabaß & Koßmann 1976, S. 1068). In regelmäßigen Versammlungen des Betreuungspersonals werden zwischen Tutor*innen, Assistent*innen und Hochschullehrer*innen Erfahrungen ausgetauscht und wird über den alltäglichen Betrieb und einzelne Problemfälle gesprochen. Einmal im Jahr organisiert das Projektlaborteam ein internes Wochenendseminar (in der brandenburgischen Landschaft), bei dem Optimierungsvorschläge erarbeitet werden, die Kontinuität in Form von Informationsweitergabe zwischen Tutoren generationen gesichert wird und einander Feedback gegeben wird.

Von besonderem Interesse sind die über die Jahre erhaltenen Rückmeldungen von Studierenden zum Projektlabor. Einen „lebendigen Einblick“ in die Arbeit der ersten Projektgruppen gewinnt man aus ihren Originalberichten (Sabaß & Koßmann, 1976, S. 1068–1098). Schwachstellen des Konzepts wurden schon früher erkannt und thematisiert; einige Kritikpunkte konnten im Laufe der Zeit eliminiert werden.

Aktuelle Evaluationen durch Studierende liegen in Form von Fragebögen (Evasys) vor. Äußerst gut wurden die Tutorien (samt Tutor/Tutorin) bewertet; weniger Zuspruch fanden die Vorsprachen, weil sie als Leistungskontrolle empfunden wurden. Die fachlichen Anforderungen wurden von den Studierenden als angemessen bewertet, die zeitlichen Anforderungen jedoch wurden als zu eng eingestuft. Etwa 85 Prozent der Studierenden stimmten dem Satz „Der Besuch des Projektlabors lohnt sich“ mit „trifft voll und ganz zu“ zu.

Besonderheiten und Herausforderungen

Das Engagement und die Motivation der Studierenden für ihre Arbeit im Projektlabor sind überdurchschnittlich hoch. Die freiwilligen Leistungen und die in Projekte investierte Zeit übertreffen häufig die Erwartungen der Betreuer*innen. Die Teilnehmer*innen identifizieren sich mit dem Projektlabor. Diese Verbundenheit mit der Veranstaltung hält oft über das Studium hinaus an – einige Ehemalige besuchen das Projektlabor, wenn ihr Weg sie nach Berlin führt.



Abbildung 2: Stimmungsbild im Projektlabor: Nach einem gelungenen Experimentiernachmittag verewigt sich die PG 425 auf einem Gruppenfoto

Zu einer angenehmen und positiven Lernatmosphäre trägt nicht zuletzt die gute Laune der Beteiligten bei (siehe Abb. 2). Auch die Stimmung wird im Projektlabor gefördert; die Lehrveranstaltung hat ein eigenes Weihnachts- und Sommerfest.

Besonders hervorzuheben ist die erstaunlich niedrige Abbruchquote von unter fünf Prozent, die sehr untypisch für das Fach Physik ist. Es wird vermutet, dass die Gruppen Außenseiter auffangen und zur Mitarbeit motivieren.

Durch ihre Lehraufgaben entwickeln die Tutor*innen außerordentliche fachliche und soziale Kompetenzen. Die Bewerbungslage auf Tutorienstellen ist trotz

hoher Arbeitsbelastung sehr gut. Die Abschlusspräsentationen der Projektgruppen zum Semesterende sind rege besucht.

Diese Besonderheiten der Lehrveranstaltung und die positiven Rückmeldungen der Studierenden belegen, dass kreatives Lernen im Studium hohen Zuspruch erfährt und weiter gefördert werden sollte.

Das Projektlabor stellt aber auch Herausforderungen – vor allem, was die Betreuung angeht, denn dieser ist sehr personalintensiv. Studierenden fällt es häufig schwer, alte, in der Schule gelernte Verhaltensweisen abzulegen und ihre Arbeits- und Lernprozesse selbst zu organisieren. Arbeitseinteilung, -strategie und -disziplin müssen im Laufe der Projekte weiterentwickelt werden. Die mangelnde individuelle Vorbereitung einzelner Studierenden führt manchmal zur Zweckentfremdung bzw. Verzögerung des Tutoriums. Die Dauer der Experimentaltermine wird durch „zu viel Bastelei“ und Fehlersuche häufig überschritten. Problematisch ist auch die ungleichmäßige Beteiligung der Gruppenmitglieder während der Durchführung. Durch falsche Bedienung oder unachtsamen Umgang mit Geräten werden diese gelegentlich beschädigt. Die Instandhaltung des Gerätepools ist daher eine Herausforderung. Kreativität und Arbeitssicherheit miteinander zu verbinden ist in einem offenen Praktikumskonzept nicht immer einfach. Studierende finden Versuche mit einem gewissen Gefahrenpotential oft besonders spannend. Sehr gerne wird im Projektlabor z. B. mit Hochspannung, Lasern und Röntgenstrahlung, radioaktiven Präparaten, kalten Gasen (flüssiger Stickstoff) und Gefahrstoffen experimentiert. Solche Experimente dürfen selbstverständlich nur nach der Abnahme durch den/die Assistent*in in Betrieb genommen werden.

Forschendes Lernen stellt auch für Lehrende didaktische Herausforderungen dar, denn es erfordert „eine prinzipielle Offenheit, ebenso eine Gestaltung des Forschungskontextes, bedarfsgerechte Unterstützung und beratende Begleitung im Forschungsprozess“ (Reinmann, 2015, S.128). Durch den „Rollentausch“ und die Übertragung von Verantwortung für das Projekt, „kann es vorkommen, dass die Lehrenden sich mit komplexen Fragen nunmehr informierter Studierender auseinandersetzen müssen“ (Decker & Mucha, 2018, S. 157). Diese Herausforderungen stellen gleichzeitig aber auch eine enorme Inspiration für die Lehrenden dar.

Zusammenfassung und Ausblick

Das *Projektlabor Physik* ist eine der ersten Lehrveranstaltungen, die das Konzept des forschenden Lernens bereits in den siebziger Jahren umgesetzt hat. Als physikalisches Anfängerpraktikum bietet es an der TU Berlin in Form einer offenen, explorativen Lernumgebung großzügigen Freiraum zur Förderung der Kreativität im Studium. Selbstständiges Arbeiten in dauerhaften Kleingruppen am eigenen Versuchsaufbau führt zur Erweiterung sowohl fachlicher als auch sozialer Kompetenzen. Im Lernformat des Projektpraktikums ist forschendes Lernen bereits ab dem ersten Semester notwendig bzw. möglich und stellt kein Risiko der Überforderung für Stu-

dienanfänger*innen dar. Aussagekräftige Erfolgsmessungen zum Lerneffekt im Projektlabor wurden bislang nicht erfasst. Die Evaluationsergebnisse durch Studierende geben jedoch ein sehr gutes Feedback für Lehrende und spiegeln die Beliebtheit der Veranstaltung wider. Eine hohe Motivation und viel Engagement der Teilnehmenden sowie eine starke Verbundenheit mit dem Praktikum zeichnen das Projektlabor aus. Besondere Herausforderungen stellen die Arbeitsaufteilung und -disziplin der Gruppen, die Instandhaltung der Gerätesammlung sowie die intensive personelle und zeitliche Betreuung dar.

In den mittlerweile fast 50 Jahren Praktikumsbetrieb hat sich der Kern des Konzeptes, die aktive, kreative Rolle der Studierenden, gefestigt, während konkrete Inhalte und Techniken sich fortlaufend erneuern. Die Weiterentwicklung des Praktikums, seine Anpassung an aktuelle didaktische, technologische und politische Fortschritte, erfolgt mehr oder weniger von selbst durch neue Impulse der Teilnehmenden. Die offene Form des Praktikums mit seinem besonders großen Gestaltungsfreiraum für Studierende bereitet ihnen neben dem besonderen Lerneffekt viel Freude und verleiht dem Projektlabor Attraktivität und einen hohen Wert.

Literaturverzeichnis

- Decker, C. & Mucha, A. (2018). Forschendes Lernen lernen. Zu den didaktischen und emotionalen Herausforderungen der Integration von Lernen über, für und durch Forschung. *Die Hochschullehre*, Jg. 4, 143–160.
- Eichler, J., Kronfeldt, H.-D. & Sahn, J. (2005). *Das Neue Physikalische Grundpraktikum*, Vorwort. 2. Aufl. Springer Berlin Heidelberg New York.
- Herron, M. D. (1971). The Nature of Scientific Enquiry. *The School Review*, 79(2), 171–212.
- Huber, L. (2009). Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist. In L. Huber; J. Hellmer & F. Schneider (Hrsg.). *Forschendes Lernen im Studium: aktuelle Konzepte und Erfahrungen*. (S. 9–35). Bielefeld: Universitätsverlag Webler.
- Huber, L. (1970). Forschendes Lernen: Bericht und Diskussion über ein hochschuldidaktisches Prinzip. *Neue Sammlung*, 10(3), 227–244.
- Jahnke, I.; Haertel, T. & Wildt, J. (2017). Teachers' conceptions of student creativity in higher education. *Innovations in Education and Teaching International*, 54 (1), 87–95. DOI: 10.1080/14703297.2015.1088396.
- Lehmann, J. & Mieg, H. A. (Hrsg.). (2018). *Forschendes Lernen – Ein Praxisbuch*. Verlag der Fachhochschule Potsdam.
- Rehfeldt, D. & Nordmeier, V. (2018). Lehrqualität naturwissenschaftlicher Hochschulpraktika. *PhyDid* 1/17, 34–50.
- Reinmann, G. (2015). Heterogenität und forschendes Lernen: Hochschuldidaktische Möglichkeiten und Grenzen. In B. Klages; M. Bonillo; S. Reinders & A. Bohmeyer (Hrsg.), *Gestaltungsraum Hochschullehre. Potenziale nicht-traditionell Studierender nutzen* (S. 121–137). URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-114380 Opladen; Berlin; Toronto: Budrich UniPress Ltd.

- Sabaß, M. & Koßmann, K. (1976). Das Projektlabor Physik. Studentisches Lern- und Gruppenverhalten in einem Projektpraktikum für Physiker und Lehramtskandidaten im 1.–3.Semester. *Zeitschrift der Technischen Universität Berlin*. 8, 1054–1098.
- Westphal, W. H. (1972). 68 Jahre als Physiker in Berlin. *Physikalische Blätter*. 28, 258–265.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1** Ablauf eines Projekts im physikalischen Anfängerpraktikum „Projektlabor“ . . . 70
- Abb. 2** Stimmungsbild im Projektlabor: Nach einem gelungenen Experimentiernachmittag verewigt sich die PG 425 auf einem Gruppenfoto 76