

Online-Lernumgebung für Physik-Serviceveranstaltungen

Kevin Schmitt, Verena Spatz

Physikdidaktik, Fachbereich Physik
Technische Universität Darmstadt
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt

kevin.schmitt@tu-darmstadt.de,
verena.spatz@tu-darmstadt.de

Kurzfassung

In der Praxis hat sich bereits mehrfach gezeigt, dass physikalische Konzepte von Studierenden, auch nach dem Besuch traditioneller Physik-Lehrveranstaltungen, nur teilweise verstanden wurden. Vor diesem Hintergrund und der Forderung nach dem Einsatz digitaler Lernangebote, wurde eine digitale Lernumgebung auf der Plattform *moodle* für die Physik-Serviceveranstaltung "Physik für Bau- & Umweltingenieure" erstellt. Dies bietet die Möglichkeit, auf Grund der vorherrschenden Heterogenität bezüglich des Wissensstands der Studierenden, die Veranstaltung durch ein Lernangebot zum selbstregulierten Lernen anzureichern, ohne den Lehrbetrieb thematisch einschränken zu müssen. Des Weiteren wird das *moodle*-Plugin *STACK* eingesetzt, wodurch die Eingaben in der Lernumgebung durch ein CAS geprüft und sogenannte Feedback-Bäume erstellt werden können. Didaktisch bietet dies den Vorteil, dass die Studierenden innerhalb der Online-Lernumgebung ein automatisiertes, individuelles Feedback zu ihren Ergebnissen bekommen, ohne dass Tutor_innen die Antworten einzeln korrigieren müssen. Zudem wird dadurch die Fehleranalyse innerhalb der Lernumgebung präzisiert. Andererseits wird die Wirkung der Teilnahme am Vorkurs im Hinblick auf die Lehrveranstaltung durch die Ergebnisse der Klausur evaluiert.

1. Einleitung

Beim Übergang zwischen Schule und Hochschule stehen Studierende vor Anforderungen verschiedener Dimensionen. Neben der Orientierung bezüglich der Organisation universitärer Abläufe und den dazugehörigen verlangten Medienkompetenzen [1], müssen viele Studierende Wissenslücken elementarer Grundkenntnisse und Fertigkeiten, die im Studium vorausgesetzt werden, aufarbeiten [2]. Besonders in der Fächergruppe Mathematik und Naturwissenschaften sowie den Ingenieurwissenschaften sind ausschlaggebende Studienabbruchsgründe durch Leistungsprobleme gekennzeichnet [3].

Der Einsatz von Vor- und Brückenkursen findet daher zur Vorbereitung auf universitäre Veranstaltungen sowie zur Auffrischung von elementaren Kenntnissen für die Hochschule vermehrt Anwendung. Ein damit häufig verbundenes Ziel ist es, den Studierenden die Möglichkeit zu geben, sich in die allgemeine und fachspezifische Arbeitsweise an der Hochschule einzufinden [4]. Besonders beim Nachvollziehen von Herleitungen und Beweisen ist im Fach Mathematik eine schnelle Anpassung an die neue Lernkultur von großer Bedeutung. Vor- und Brückenkurse bieten die Möglichkeit, die Darstellungen dieser Erkenntnisprozesse nachvollziehbarer zu gestalten, sodass

Einstiegsschwierigkeiten in die Arbeitsweise an der Hochschule erleichtert werden. Dies hat sich zum Beispiel bei dem Projekt *VEMINT (Virtuelles Eingangstutorium für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik)* gezeigt [5]. Dabei werden mathematische Grundkenntnisse für verschiedene Studiengänge durch Vor- und Brückenkurse gefördert. Ein weiteres bekanntes Beispiel aus dem Bereich der Mathematik ist der Kompaktkurs zu Beginn von Lehrveranstaltungen an der Hochschule Esslingen, bei dem sich der sequenzielle Einsatz von Vor- und Brückenkursen etabliert [3].

Aktuell wird des Weiteren ein Online-Brückenkurs Physik in einer Beta-Version vom MINT-Kolleg Baden-Württemberg koordiniert und weiterentwickelt. Dieser ist frei zugänglich und online abrufbar [6].

Vor dem Hintergrund des sich verstärkenden Anspruchs an die Modernisierung und Qualitätsverbesserung der Lehre durch digitale Angebote [7], besonders im Hinblick auf das Studiensemester im Sommer 2020, in welchem Vorlesungen, Seminare und Übungen an der TU Darmstadt auf Grund der Corona Pandemie zunächst ausschließlich in e-learning-Formaten stattfinden, gewinnt dieser Ansatzpunkt weiter an Bedeutung.

Aktuell werden daher im Rahmen des übergeordneten Projektes *digLL – Digital gestütztes Lehren und Lernen in Hessen*, bei dem elf hessische Hochschulen zusammenarbeiten, um innovative Konzepte zur digital gestützten Lehre zu erarbeiten, in einem Teilprojekt an der TU Darmstadt digitale Lerninhalte mit interaktiven Übungsmöglichkeiten für Service-Lehrveranstaltungen entwickelt. Die Physikdidaktik wird dabei als projektverantwortliches Team am Fachbereich Physik durch die e-Learning Arbeitsgruppe der TU Darmstadt auf mediendidaktischer und -technischer Ebene unterstützt. Der Schwerpunkt liegt zunächst auf der Entwicklung und Evaluation eines Online-Vorkurses zur Veranstaltung “Physik für Umwelt- & Bauingenieure”.

Durch diesen Vorkurs können die Grundkenntnisse der Studierenden vor Beginn der Lehrveranstaltung erhoben und analysiert werden. Gleichzeitig steht ein räumlich und zeitlich flexibel einsetzbares, digitales Lernmedium zum selbstgesteuerten Lernen zur Verfügung. Neben dem reinen Einsatz als Vorkurs kann dieses Medium von den Studierenden auch im *Blended Learning* [8] Format als Ergänzung zum Vorlesungs- und Übungsbetrieb angewendet werden.

Der Kurs wird auf der Online-Plattform *moodle* integriert. Dies bietet den *Single-Point-of-Information* Vorteil [9], da Studierenden der TU Darmstadt die Plattform *moodle* bereits als ein Element zur Organisation von Lehrveranstaltungen bekannt ist. Die Hürde der Einarbeitung in ein zusätzliches digitales Online-Medium wird den Studierenden beim Einsatz des Kurses damit genommen.

Da das standardmäßig in *moodle* integrierte Aufgaben- und Testformat nur begrenzte Gestaltungsmöglichkeiten bietet, wird das Plugin *STACK* zum Erstellen der Kursinhalte verwendet. Ein Vorteil von *STACK* ist es, mehrstufige Aufgaben zu entwickeln und die Lösungsvorschläge der Studierenden durch das Computer-Algebra-System *maxima* überprüfen zu lassen, um individuelle Rückmeldungen synchron zur Bearbeitung, an die Studierenden zu geben [10].

Im Folgenden werden die Gestaltungsgrundlagen zum vorliegenden e-learning-Format des Online-Vorkurses beschrieben. Anschließend wird die Umsetzung des Kurses als Good-Practice-Beispiel dargestellt.

2. Gestaltungsgrundlagen

Der Einsatz digitaler Medien gewinnt in der Lehre zunehmend an Bedeutung. Die Bandbreite des Angebotes an digitalen Lehr-/Lernplattformen und Programmen vergrößert sich aus diesem Grund kontinuierlich. Dabei ist allerdings zu beachten, dass neben den Potenzialen wie Selbststeuerung, Effizienz und Erweiterung von Medienkompetenzen

[1], aktuell auch kritische Aspekte bezüglich des Einsatzes digitaler Medien diskutiert werden. Für den erfolgreichen Einsatz neuer Medien in der Bildung bedarf es daher verschiedener Vorüberlegungen und Voraussetzungen [11]. So erscheint aus unserer Sicht eine detaillierte Analyse des eingesetzten Mediums und der damit verbundenen Methodik erforderlich, um qualitativ hochwertiges und auf die Zielgruppe angepasstes Lernmaterial erstellen zu können. Zu den Grundüberlegungen gehört die Auswahl zielgruppenorientierter Funktionen, die durch die erstellte Lernumgebung erfüllt werden sollen [11].

Die Ziele des erstellten Online-Vorkurses werden daher in einem ersten Schritt theoretisch anhand des aktuellen Forschungsstandes aus medien- und fachdidaktischer Sicht begründet. Ergänzend zu diesen theoretischen Analysen werden die Ziele in einem zweiten Schritt auf Grundlage einer empirischen Basis konkretisiert, indem eine Befragung der Studierenden und Dozierenden des Fachbereichs Bau- und Umweltingenieurwesen der TU Darmstadt hinsichtlich ihrer Erwartungen an die Physik-Servicelehrveranstaltung durchgeführt wurde.

2.1 Zielsetzungen aus medien- und fachdidaktischer Perspektive

2.1.1 Selbstgesteuertes und selbstreguliertes Lernen der fachlichen Grundlagen

Als eine Voraussetzung für erfolgreiches e-Learning gilt nach Issing die Fähigkeit der Selbststeuerung des Lernens [1]. Durch das Angebot tutorieller Betreuung in Form von digitalen Videokonferenzen als offene Sprechstunden während der Durchführung des Vorkurses und der Möglichkeit zum Austausch auf der Lernplattform, soll den Studierenden die Möglichkeit geboten werden, Defizite beim selbstgesteuerten Lernen auszugleichen.

Vorrangig bezieht sich das selbstgesteuerte Lernen beim Einsatz des Vorkurses auf die Art der Bearbeitung des Lernmaterials, die Lernorganisation und die Evaluation des Lernfortschritts [12]. Dabei wird eine Kombination aus autodidaktischem und betreutem Lernen angestrebt [8]. Aktivitäten autodidaktischen Lernens sind z. B. die räumliche und zeitliche Flexibilität im Einsatz der Kursinhalte und die selbstständige Festlegung des Lerntempos. Da das Lernmaterial logisch vorstrukturiert ist, wird das autodidaktische Lernen durch eine offene Form des betreuten Lernens ergänzt. Dabei kann von den Studierenden die Reihenfolge der Lerninhalte nach eigenen Präferenzen angepasst werden. Nicht zuletzt bietet dies eine Chance sich an die Arbeitsweise an der Hochschule einzugewöhnen und Fähigkeiten der Selbstorganisation zu verbessern [5]. Die Rückmeldung zum Lernstatus erfolgt innerhalb der Kursinhalte, die als Tests aufgebaut sind. Einerseits bekommen die Studierenden kursbegleitend in Form

von individualisiertem Aufgabenfeedback Rückmeldungen. Dadurch können die Teilnehmenden des Kurses ihren Lernerfolg und aktuellen Stand eigenständig überprüfen und vollständig aufarbeiten. Andererseits wird die Wirkung der Teilnahme am Vorkurs im Hinblick auf die Lehrveranstaltung durch die Ergebnisse der Klausur evaluiert.

2.1.2 Erhebung der fachlichen Vorkenntnisse der Studierenden und spezifischer Defizite

Aus fachspezifischer Sicht ist die Sicherung von vorausgesetzten Grund- und Vorkenntnissen für die Lehrveranstaltung die wichtigste Funktion des Vorkurses. Besonders im Fach Physik herrscht eine große Leistungsheterogenität unter den Teilnehmenden der Service-Lehrveranstaltungen. Ein Grund dafür ist die unterschiedlich ausgeprägte schulische Bildung im Fach Physik.

Durch den ausgeprägten Einsatz von Text und Bild, sowie dem interaktiven Arbeiten mit der Lernumgebung, soll die Informationsverarbeitung der Lernenden verbessert werden [13]. Die kognitive Beanspruchung (*cognitive load*) findet hauptsächlich aufgabeninduziert (*intrinsic load*) statt [14]. Es wird daher von den Studierenden gefordert, sich in meist mehr- bzw. kleinschrittigen Aufgaben mit einem physikalischen Inhalt auseinanderzusetzen. Die Tests sind so konzipiert, dass quantitative und qualitative Anwendungen physikalischer Formeln, Begriffe und Konzepte miteinander verknüpft werden. Die Inhalte des Kurses sind darauf ausgelegt, Wissensdefizite innerhalb der einzelnen Aufgaben zunächst zu identifizieren und anschließend aufzuarbeiten.

Das Bestimmen des Wissensstandes der Studierenden vor dem Belegen der Lehrveranstaltung stellt ein weiteres Ziel des Kurses dar. Dadurch soll der Vorkurs nach der Lehrveranstaltung für den späteren Einsatz optimiert werden.

Bei der Konzeption der Aufgaben wurde besonderen Wert auf gängige Präkonzepte und Alltagsvorstellungen in den verschiedenen Themengebieten gelegt [15]. In Bezug darauf wird versucht, auf Vorkenntnisse der Studierenden einzugehen und das konzeptionelle Verständnis physikalischer Inhalte im Vorkurs zu fördern.

2.2 Konkretisierung der Zielsetzungen auf empirischer Basis

Vor dem Beginn der Konzeption mediengestützter Lernangebote ist es sinnvoll eine genaue Analyse der Zielgruppe durchzuführen. Für Administratoren von Online-Kursen kann tendenziell ein höherer Aufwand dabei entstehen, Schwierigkeiten während des Einsatzes digitaler Lernangebote zu identifizieren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in der Regel weniger direkter Kontakt zwischen

Lehrenden und Lernenden besteht als bei Präsenzveranstaltungen vor Ort [8].

Um mögliche Schwierigkeiten zu umgehen, wurde im Rahmen des Projektes daher eine Umfrage am Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften an der TU Darmstadt vor der Konzeption des Vorkurses durchgeführt. Dadurch soll eine möglichst präzise Anpassung des Online-Vorkurses auf empirischer Basis an die Zielgruppe erfolgen. Die Umfrage wurde online mit insgesamt zehn teilnehmenden Professor_innen, 18 Mitarbeiter_innen aus Arbeitsgruppen des Fachbereichs und 196 Studienanfänger_innen, die die Physik-Servicelehrveranstaltung noch nicht besucht hatten, durchgeführt.

Erhoben wurde in einem online Fragebogen, ob Vorkenntnisse aus verschiedenen Schulfächern vorausgesetzt werden, auf welche Kompetenzen und Fertigkeiten in der Physik-Servicelehrveranstaltung besonders Wert gelegt werden soll und welche Themenfelder aus Perspektive der Befragten als besonders wichtig erachtet werden.

Bis auf die Gewichtung der Themenfelder, welche anhand einer Ordinalskala vorgenommen werden sollte, kamen geschlossene Fragen mit 5-stufigen Likert-Skalen (stimme gar nicht zu – stimme vollkommen zu) [16] zum Einsatz.

Als wesentliche Erkenntnis aus der Befragung konnte die Auswahl der Themenfelder präzisiert werden. Außerdem konnten fünf Anforderungsdimensionen bezüglich der Kompetenzen und Fertigkeiten identifiziert werden, welche für die Zielgruppe von besonderer Relevanz sind: 1. Basis- und Vorwissen, 2. fundiertes Verständnis physikalischer Zusammenhänge 3. Rechenfertigkeiten, 4. Interpretation von Experimenten/Phänomenen und 5. Verständnis physikalischer Herleitungen.

3. Umsetzung des Vorkurses

Der Online-Vorkurs Physik findet zunächst ausschließlich digital, als Anreicherung zur Lehrveranstaltung Physik für Umwelt- und Bauingenieure statt. Die Lernumgebung ist in die Plattform *moodle* integriert, auf der zentrale, digitale Organisationselemente vieler Lehrveranstaltungen der TU Darmstadt stattfinden.

Bei der Gestaltung des digitalen Vorkurses wurde besonders auf den Einsatz des Plugins *STACK* in Kombination mit Multiple-Choice (MC) Aufgaben gesetzt.

3.1 Multiple-Choice Aufgaben

Ein Teil der Aufgaben besteht aus MC-Aufgaben. Diese besitzen Mehrwerte sowohl für Studierende als auch Dozierende.

Für Studierende bietet sich der Vorteil, dass innerhalb von MC-Aufgaben unmittelbares und

eindeutiges Feedback zu den Lösungsangaben bereitgestellt werden kann [17]. Dies ermöglicht eine Selbsteinschätzung beim Lernen, sodass Studierende eigenständig erkennen können, bei welchen physikalischen Inhalten noch Vertiefungs- und Nachholbedarf besteht.

Dozierende können durch die Ergebnisse der MC-Aufgaben im Online-Vorkurs hingegen Rückschlüsse auf typische bzw. systematische Schwierigkeiten der Studierenden schließen. Dadurch wird eine genauere Analyse des Lernstandes und ein konkreter Vergleich der Leistungen der Studierenden möglich.

Bei den MC-Aufgaben handelt es sich in den Vorkursinhalten i.d.R. um zusammengesetzte, mehrstufige Aufgaben. Dadurch soll unter anderem der Auswertungsfehler eingeschränkt werden, der durch zufälliges Angeben von richtigen Lösungen auftreten kann. Der Wissenserwerb physikalischer Konzepte soll durch die Kombination von MC-Aufgaben, welche konzeptionelles Verständnis abfragen und quantitativen Aufgaben, die anwendungsorientiert gestaltet sind, unterstützt werden.

3.2 moodle-Plugin STACK

STACK ist ein frei zugängliches Plugin für die online Lernplattformen moodle und ILIAS. Die Entwicklung von STACK begann 2004 an der Universität von Birmingham in der Leitung von Chris Sangwin [18]. Seitdem wird die Software stetig weiterentwickelt und optimiert.

Der Grundgedanke von STACK ist, automatisiertes Feedback auf Aufgaben und Fragen zu ermöglichen, welche nicht im MC-Format gestellt sind. Dies bezieht sich vor allem auf die Problematik von MC-Fragen im Anwendungsgebiet der Mathematik bzw. mathematisch rechnerischer Aufgaben. Antwortmöglichkeiten können in diesem Frageformat nicht genau analysiert werden, da keine Informationen zu Lösungswegen mathematischer Problemen erhoben werden können. Zudem können durch automatisiertes bzw. zufälliges Antworten die Ergebnisse der multiple-choice basierten Tests verfälscht werden.

Das Plugin STACK gibt den Studierenden die Möglichkeit einer Antworteingabe, die durch das Computer-Algebra-System *maxima* auf verschiedene mathematische Eigenschaften überprüft wird. Dies bietet neben dem Vorteil, die Anwendung mathematischer Inhalte und die Eingabe einfacher mathematischer Ausdrücke digital zu üben, auch den Vorteil, ein breiteres Spektrum an Aufgabenformaten anzubieten.

Diese Aufgabenformate bieten nach Sangwin [18] die folgenden Vorteile gegenüber dem standardmäßigen Aufgabenformat von online Lernplattformen:

- Zufallsgenerierte Parameter in den Aufgaben ermöglichen wiederholtes Üben
- Ermöglichen von mathematischen Eingaben und Überprüfung mathematischer Eigenschaften der Eingaben
- Individualisiertes Feedback, bei dem auf typische Fehler und Konzepte der Studierenden eingegangen werden kann [10]

Ein Beispiel für die Auswertung einer Antwort mit Validierung der Eingabe (weißes Kästchen) und individualisiertem Feedback mit Berücksichtigung des spezifischen Fehlers bei der Berechnung der Lösung (gelbes Kästchen) ist in Abbildung 1 dargestellt. Die in dicker Schrift dargestellten Zahlen sind zufallsgeneriert und somit bei jedem neuen Versuch unterschiedlich.

• In Position 1 ist das Trampolin um $0.5m$ aus der Ruhelage nach unten ausgelenkt, wobei das Trampolin eine Kenngröße von $900.0N/dm$ besitzt.

• In Position 2 hat die Person die maximale Sprunghöhe von $1.9m$ erreicht.

• In Position 3 hat die Person noch eine Höhe von $0.38m$.

1) Berechne die Masse der Person auf dem Trampolin (Reibungseffekte können vernachlässigt werden):

450*kg

Ihre letzte Antwort wurde folgendermaßen interpretiert:

450 kg

✘ Incorrect answer.

1) Bei der Berechnung der Masse bist du davon ausgegangen, dass es sich bei der Dargestellten Situation in Position 1 um eine statische Position handelt. Du hast für die Lösung daher die Gewichtskraft der Person mit der Federkraft des Trampolins gleichgesetzt.

Die Berechnung der Masse erfolgt über die **Spannenergie** des Trampolins (siehe dazu allgemeines Feedback).

Abb.1.: Ausschnitt einer validierten und abgegebenen Lösung zu einer STACK-Aufgabe mit individualisiertem Feedback.

Als weitere Funktion von STACK wurde im Laufe der Entwicklung die Überprüfung von physikalischen Einheiten als eine Antworteingabe ergänzt. Zusätzlich wurde von der Universität Bayreuth im Jahr 2020 eine JavaScript-basierte Datenbank erstellt, die es ermöglicht Funktionsgraphen mit zufallsgenerierten Parametern und ein interaktives, in Graphen integriertes Antwortformat zuzulassen [19].

4. Good-Practice Beispiel: Online-Vorkurs Physik der TU Darmstadt

Anhand der folgenden Aufgabenbeispiele aus dem Online-Vorkurs wird die prinzipielle Vorgehensweise beim Arbeiten mit dem Lernangebot dargestellt. Dazu werden typische Gestaltungselemente, wie die Kombination aus MC- und STACK-Frageelementen, veranschaulicht. Des Weiteren wird das Feedback, aufgeteilt in allgemeines und spezifisches Feedback, bezüglich der Beispiele aufgezeigt und beschrieben, wie der Lernprozess dadurch unterstützt werden kann.

4.1 Der hydrostatische Druck

In Abbildung 2 ist eine Aufgabe zum hydrostatischen Druck aus dem Online-Vorkurs zu sehen.

Hydrostatischer Druck

Als hydrostatischer Druck oder auch Schweredruck wird ein Druck bezeichnet, den ein Körper aufgrund der Gewichtskraft einer über ihm liegenden Flüssigkeits- oder Gassäule erfährt.

1) In der folgenden Abbildung sind drei Gefäße zu sehen. Entscheide, in welchem Gefäß am Boden der größte Druck herrscht.

(1) (2) (3)

Nicht beantwortet

Über einem Bergsee herrscht ein Luftdruck von $p_L = 101,3 \text{ kPa}$.

2) Berechne die Tiefe, bei der der Druck doppelt so groß ist wie der Luftdruck über dem See.

p_L $h?$

Lösung:

Prüfen

Abb.2: Aufgabe zum hydrostatischen Druck im Online-Vorkurs ohne Eingabe von Antworten.

Bevor explizite Aufgaben gestellt werden, wird in diesem Beispiel ein einfacher, prägnanter Satz zum physikalischen Inhalt des hydrostatischen Drucks angegeben. Dadurch soll entweder bereits vorhandenes Vorwissen aktiviert werden oder, falls keine Vorkenntnisse vorhanden sind, eine knappe Einführung in das Thema gegeben werden.

In Aufgabenteil 1 sind anschließend drei verschieden geformte, mit Flüssigkeit gefüllte Gefäße mit gleicher Füllhöhe abgebildet. Die Aufgabe ist im MC-Format gestellt, sodass die Studierenden eine Lösungsmöglichkeit auswählen können, die eine Aussage darüber gibt, wie sich der hydrostatische Druck am Boden der verschiedenen Gefäße zueinander verhält. Ziel dieser Aufgabe ist es, einen Anwendungsbezug zur theoretischen Formulierung des hydrostatischen Drucks zu schaffen. Durch den Bezug des physikalischen Gesetzes zu dem dargestellten, realitätsbezogenen Sachverhalt, sollen Theorie und Anwendung in Bezug gesetzt und das Verständnis gefördert werden [20].

Aufgabenteil 2 stellt den quantitativen Teil des Lerninhalts dar. Die Studierenden sollen explizit die Tiefe in einem See berechnen, bei der ein bestimmter Druck erreicht wird. Zur Unterstützung bei der Lösung ist eine Abbildung zu sehen, die den Sachverhalt vereinfacht aufzeigt. An diesem Beispiel kann ein didaktischer Aspekt von Abbildungen innerhalb der Aufgaben im Vorkurs verdeutlicht werden. Abbildungen sind in der Regel so gestaltet, dass die Lernenden einen Eindruck davon bekommen, wie physikalische Skizzen angefertigt werden können. Dieser Aspekt kommt besonders bei den Aufgabenfeedbacks zur Geltung.

Neben der Angabe des Zahlenwertes, wird bei der Lösungseingabe auch die angegebene Einheit überprüft. Obwohl die gesamte Aufgabe als *STACK*-Aufgabe aufgesetzt ist, ist die Überprüfung der Lösungseingabe durch ein Computer-Algebra-System erst in Aufgabenteil 2 von Bedeutung.

An dieser Stelle kann der Vorteil beim Nutzen des Plugins *STACK* hervorgehoben werden. Dieser liegt darin, dass die dargestellte Kombination einer MC- und einer Rechenaufgabe als zwei zusammengefügte Teilaufgaben in *moodle* nur mit *STACK* erstellt werden kann.

In Abbildung 3 ist das individualisierte Feedback zu einer Lösungseingabe für Aufgabenteil 2 zu sehen. Im Beispiel ist die Einheit des Luftdrucks nicht in der richtigen Einheit eingesetzt worden. Dies ist ein, in die Aufgabe integrierter, typischer Fehler, sodass ein spezifisches, auf die Lösungsangabe angepasstes Feedback generiert wird. Berücksichtigt wird bei der Punktevergabe der Aufgabe, dass der Lösungsweg grundsätzlich richtig ist. Die Analyse der Kenntnisse und Kursergebnisse der Studierenden wird dadurch stärker ausdifferenziert und präziser.

Lösung:

Ihre letzte Antwort wurde folgendermaßen interpretiert:

0.01 m

Your answer is partially correct.

2) Leider ist deine angegebene Lösung nicht richtig. Bei der Berechnung hast du die richtige Formel verwendet, jedoch hast du für den Luftdruck über dem See den Druck in der Einheit kPa verwendet. Dies stimmt mit den Einheiten der anderen Größen in der Rechnung nicht überein, sodass das angegebene Ergebnis zu klein ist. Umrechnen von kPa in Pa ($\frac{N}{m^2}$) ergibt

$p_L = 101,3 \text{ kPa} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1.013 \frac{N}{m^2}$.

die gesuchte Tiefe ist damit 10.32 m .

Abb.3: Ausschnitt des spezifischen Feedbacks zu einem typischen Fehler der Lösung.

Das Aufgabenfeedback ist aufgeteilt in ein spezifisches und ein allgemeines Feedback. Letzteres wird im nächsten Beispiel ausführlich dargestellt. Das spezifische Feedback bezieht sich direkt auf die Lösungseingabe der Lernenden und beinhaltet Lösungswege und richtige Lösungsangaben der Aufgabe.

4.2 Zustandsänderungen von Gasen

Das zweite Aufgabenbeispiel aus dem Online-Vorkurs behandelt den physikalischen Inhalt *Zustandsänderungen von Gasen*. Die beiden Aufgabenelemente sind in Abbildung 4 und Abbildung 5 zu sehen.

In Aufgabenteil 1 sollen bekannte mathematische Beziehungen von Zustandsänderungen idealer Gase verschiedenfarbigen Graphen zugeordnet werden. Ausdrücke, die in der vorangehenden Aufgabe bearbeitet wurden, wie z.B.

$$p \propto T, V = \text{const.}$$

für isochore Zustandsänderungen, bekommen dadurch zunächst eine grafische Bedeutung.

Die Graphen in der Aufgabe werden über die Plot-Funktion von *maxima* erstellt und mit

zufallsgenerierten Parametern erzeugt. Ein Vorteil daran ist, dass Studierende die Möglichkeit haben ihr Wissen bei Bedarf noch einmal an der selben Aufgabe mit anderen Zahlenwerten bzw. Funktionsgraphen zu überprüfen.

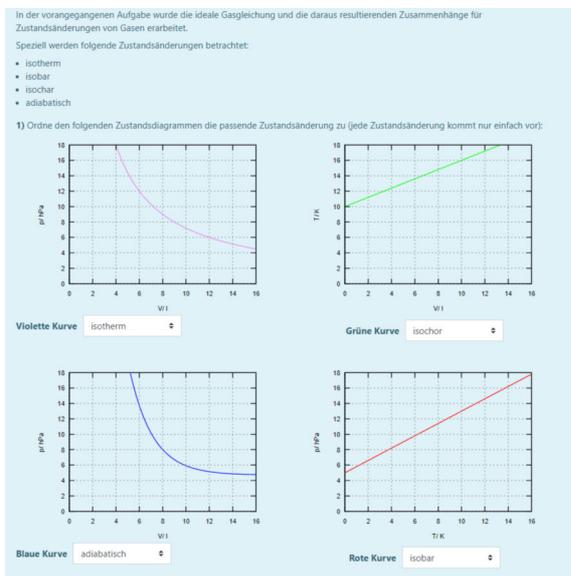


Abb.4: Aufgabenteil 1 aus dem Beispiel Zustandsänderungen von Gasen.

Im Anschluss wird in Aufgabenteil 2 (Abbildung 5) ein Alltagsbezug durch verschiedene, möglichst realitätsnahe Beispiele geschaffen. Das theoretische und grafische Wissen soll dadurch mit Anwendungsbezügen verknüpft werden.



Abb.5: Aufgabenteil 2 aus dem Beispiel Zustandsänderungen von Gasen.

Die Lernenden ordnen, wie in Aufgabenteil 1, Prozessen wie „(2) Kochen mit dem Schnellkochtopf (oder Druckkochtopf)“, entsprechende Zustandsänderungen idealer Gase zu.

Das spezifische Aufgabenfeedback in Abbildung 6 gibt den Studierenden direkte Rückmeldungen zu den Lösungseingaben. Auf typische Fehler, wie das Verwechseln adiatischer und isothermer Zustandsänderungen in der grafischen Darstellung, wird dabei hingewiesen. Zudem werden die Anwendungsbeispiele in Aufgabenteil 2 physikalisch erklärt.

Der Schwerpunkt im allgemeinen Feedback (Abbildung 7) liegt in der Förderung des Verständnisses zu den Lösungen der Aufgaben. Dies soll durch ergänzende Textelemente und verdeutlichenden Abbildungen ermöglicht werden. Im Feedback zu Aufgabenteil 1 wird diesbezüglich z. B. auf eine andere Aufgabe aus dem Vorkurs zur Vertiefung verwiesen.

Durch die Darstellungen der Anwendungsbeispiele in der zweiten Aufgabe werden zwei Ziele verfolgt. Zum einen sollen die Studierenden Vorstellungen zu den Prozessen bekommen. Zum anderen soll die übersichtliche Darstellung physikalischer Größen und Zusammenhänge innerhalb von Skizzen deutlich werden.

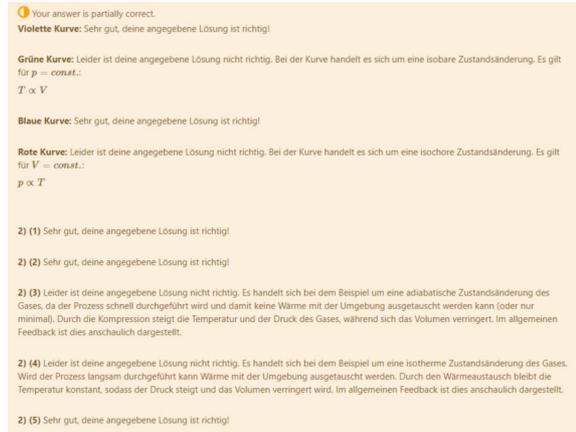


Abb.6: Spezifisches Aufgabenfeedback zum Beispiel Zustandsänderungen von Gasen.

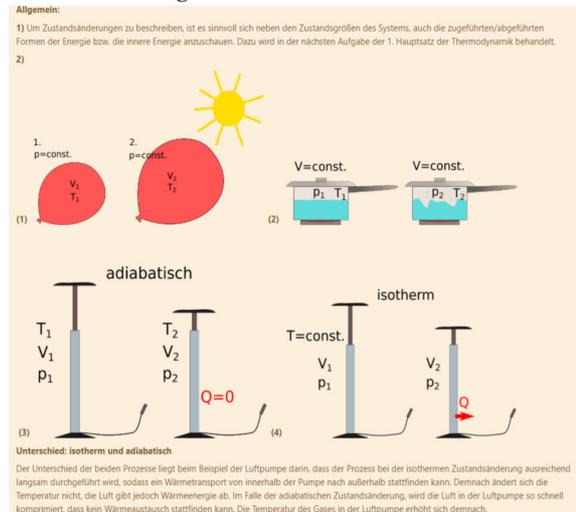


Abb.7: Allgemeines Aufgabenfeedback zum Beispiel Zustandsänderungen von Gasen.

4.3 Zusammenfassung

Die Besonderheiten und didaktischen Überlegungen der dargestellten Good-Practice-Beispiele werden zusammenfassend noch einmal kurz skizziert.

Durch den Einsatz des Vorkurses soll das Verständnis der Studierenden auf verschiedenen Ebenen gefördert werden. Theoretische, bereits vorhandene Grundkenntnisse, wie auch rein theoretisches Wissen aus der Lehrveranstaltung, sollen durch die Vernetzung theoretischer, grafischer und anwendungsorientierter Darstellung, ergänzt werden. Studierende sollen dadurch auf die physikalische Vorgehensweise bei der Lösung komplexer physikalischer Probleme und Sachverhalte vorbereitet werden. Diesbezüglich wird im Vorkurs die Darstellung strukturierter und verständlicher Lösungsvorschläge angestrebt, um

den Lernenden ein gutes Beispiel für die Vorgehensweise beim Lösen physikalischer Aufgabenstellungen zu geben.

In den Beispielen wird deutlich, dass, im Gegensatz zu anderen Lernplattformen, im Vorkurs auch innerhalb mathematischer Lösungen ein individuelles Feedback zeitlich synchron zur Bearbeitung der Tests erfolgen kann [21].

5. Ausblick

Im weiteren Verlauf des Projektes ist die Evaluation des erstellten Online-Vorkurses geplant. Besonders Korrelationen zwischen der Teilnahme des Vorkurses und Übungs- und Klausurergebnissen der Veranstaltung „Physik für Bau- und Umweltingenieure“ im Sommersemester 2021 sind dabei wichtige Forschungsinhalte. Weitere zu untersuchende Forschungsfragen bei der Evaluation des Kurses sind: Akzeptanz und Verständlichkeit des Materials sowie die Motivation zur Teilnahme am Vorkurs.

Bezogen auf die digitale Lernumgebung kann durch die Konzeption zusätzlicher, selbsterstellter Testinhalte der Anwendungsbereich des Lernmaterials auf andere Lehrveranstaltungen erweitert werden. Dies kann z. B. durch weitere Umfragen an adressierten Fachbereichen von Physik-Servicelehrveranstaltungen oder durch direktes Feedback der Teilnehmenden des Vorkurses erfolgen. Als zukünftiger Anwendungsbereich kann auch der Einsatz als Vor- und Brückenkurs für Physik-Studierende als eine Möglichkeit vorbehalten werden.

Durch die stetige Entwicklung des Plugins *STACK* und die aktuelle Einbindung neuer Werkzeuge, werden die Möglichkeiten in der Aufgabengestaltung immer vielseitiger. Besonders im Hinblick auf den derzeitigen Bedarf an authentischen, digitalen Lernangeboten ist die Weiterentwicklung und Optimierung des Materials demnach erstrebenswert und bietet ein hohes Potenzial.

6. Literatur

- [1] Issing, L. J., Klimsa, P. (Hrsg) (2009): Online Lernen: Handbuch für Wissenschaft und Praxis, Oldenbourg Verlag München
- [2] Abel, H., Weber, B. (2014): 28 Jahre Esslinger Modell – Studienanfänger und Mathematik. In: Bausch, I. et al. (Hrsg): Mathematische Vor- und Brückenkurse. Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik, Springer Spektrum, Wiesbaden 2014
- [3] Heublein, U. et al. (2010): Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen: Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08, Hochschul-Informations-System GmbH. Online verfügbar unter <http://ids.hof.uni-halle.de/documents/t1944.pdf> (Stand 4/2021)
- [4] Reichersdorfer, E., Ufer, S., Lindmeier, A., Reiss, K. (2014): Der Übergang von der Schule zur Universität: Theoretische Fundierung und praktische Umsetzung einer Unterstützungsmaßnahme am Beginn des Mathematikstudiums. In: Bausch, I. et al. (Hrsg): Mathematische Vor- und Brückenkurse. Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik, Springer Spektrum, Wiesbaden 2014
- [5] Bausch, I., Fischer, P. R., Oesterhaus, J. (2014): Facetten von Blended Learning Szenarien für das interaktive Lernmaterial VEMINT – Design und Evaluationsergebnisse an den Partneruniversitäten Kassel, Darmstadt und Paderborn. In: Bausch, I. et al. (Hrsg): Mathematische Vor- und Brückenkurse. Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik, Springer Spektrum, Wiesbaden 2014
- [6] Homepage des MINT-Kollegs zum Online-Brückenkurs Physik: <https://lx3.mint-kolleg.kit.edu/onlinekursphysik/html/sectionx1.1.0.html> (Stand 4/2021)
- [7] Euler, D., Seufert, S. (2005): Change Management in der Hochschullehre: Die nachhaltige Implementierung von e-Learning Innovationen. In: Zeitschrift für Hochschuldidaktik, 3.. Online verfügbar unter <https://www.zfhe.at/index.php/zfhe/issue/view/> (Stand 4/2021)
- [8] Kerres, M. (2013): Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote, Oldenbourg Verlag München, 4. Auflage, S. 8
- [9] Stratmann, J. & Kerres, M. (2007). Organisatorische Rahmenbedingungen für netzbasierte Bildungsressourcen - Das Studienportal der Universität Duisburg-Essen. In B. Gaiser, F. Hesse, & P. Lütke-Entrup (Hrsg.), Bildungsportale – Potenziale und Perspektiven netzbasierter Bildungsressourcen. München: Oldenbourg.
- [10] Vasko, M. (2017): Ein Online-System für Hausaufgaben zur Ingenieurmathematik – Chancen und Herausforderungen. In: Schott, D. (Hrsg.): Proceedings 14. Workshop Mathematik in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen, Wismarer Frege-Reihe, Heft 01/2017
- [11] Kerres, M. (2001): Multimediale und telemediale Lernumgebungen – Konzeption und Entwicklung. 2. Auflage, Oldenbourg Verlag München Wien
- [12] Nikolaus, R., Gönnerwein, A. & Petsch, C. (2010). Die Transferproblematik im Kontext von Modellversuchen und

- Modellversuchsprogrammen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 13(1), 39–58.
- [13] Mayer, R. E. (2001): Multimedia Learning, Cambridge University Press 2001
- [14] Plass, J. L., Moreno, R., Brünken, R. (2010): Cognitive Load Theory, Cambridge University Press 2010
- [15] Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., Duit, R. (Hrsg.) (2018): Schülervorstellungen und Physikunterricht, Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Springer Spektrum
- [16] Hollenberg, S. (2016): Fragebögen. Fundierte Konstruktion, sachgerechte Anwendung und aussagekräftige Auswertung, Springer
- [17] Caspar, A., Miller, D. (2012): MC-LaTeX-Webkationen. Online -Multiple-Choice-Aufgaben in der mathematischen Grundausbildung der ETH Zürich. In: Csanyi, G., Reichl, F., Steiner, A. (Hrsg.): Digitale Medien – Werkzeuge für exzellente Forschung und Lehre, Waxmann Verlag GmbH
- [18] Sangwin, C. J. (2015): Who uses STACK? A survey of users of the STACK CAA system, May 2015, Loughborough University, Juni 2015 Fachmedien Wiesbaden 2016
- [19] Homepage der Universität Bayreuth zur Applikation JSXGraph:
<https://jsxgraph.uni-bayreuth.de/wp/index.html>
(Stand 4/2021)
- [20] Kircher, E., Girwidz, R., Häußler, P. (Hrsg) (2015): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 3. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015, S. 109ff.
- [21] Grosch, M., Gidion, G. (2011): Mediennutzungsgewohnheiten im Wandel. Ergebnisse einer Befragung zur studiumsbezogenen Mediennutzung. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe