

KI-gestütztes Blended Learning in naturwissenschaftlichen Laboren

Experimentelle Ausbildung als zentraler Bestandteil eines MINT-Studiums

Experimentelle MINT-Studiengänge wie Physik, Chemie und Biologie beinhalten stets eine praktische Ausbildung im Labor. An der Universität Konstanz wird angestrebt, dass die Studierenden frühzeitig bei Beginn des Studiums praktische Erfahrungen sowohl in Praktikumslaboren wie auch Forschungslaboren sammeln, um möglichst bald nach Studienbeginn mit Forschungstätigkeiten in Berührung zu kommen. Dort treffen sie auf unbekannte Präparations- und Messmethoden, deren Gefährdungen nicht nur ihre Alltagserfahrungen klar übersteigen, sondern deren Komplexität bisher bekannte Arbeitsweisen deutlich übertrifft. Im Fachbereich Biologie beginnen intensive Praktika direkt in den ersten vier Semestern mit jeweils verpflichtenden, semesterbegleitenden Kursen in jedem Semester (Biologisches Grundpraktikum). Darüber hinaus betrifft die Ausbildung in den Forschungslaboren viele Promotionsstudierende, die zwar in ihrer Ausbildung weit fortgeschritten sind, aber dennoch aufgrund der Fülle an experimentellen Techniken stets mit neuen Methoden konfrontiert werden. Für all diese Studierenden ist es von entscheidender Bedeutung, sowohl die experimentelle Arbeit an den Geräten zu beherrschen, wie auch die Sicherheitsmaßnahmen im Labor zu verstehen, ein angemessenes Verhalten zu entwickeln und dieses entsprechend umzusetzen. Während die jährlich stattfindenden Geräteschulungen und Unterweisungen in kleinen Arbeitsgruppen mit wenigen Mitgliedern sehr gut mündlich erfolgen können, gestaltet sich dies in großen zentralen Laboreinrichtungen, den sogenannten Core Facilities, in denen sich viele Arbeitsgruppen wissenschaftliche Geräte teilen, und großen Laborpraktika äußerst schwierig bis unmöglich.

Dieses Lehrprojekt konzentriert sich auf zwei Core Facilities und das Biologische Grundpraktikum an der Universität Konstanz. Das Nanolabor, eine gemeinsame Core Facility der Fachbereiche Physik und Chemie, das unter der Leitung von Herrn Dr. Matthias Hagner steht und das Elektronen Mikroskopie Center (EMC) am Fachbereich Biologie unter der Leitung von Herrn Dr. Michael Laumann arbeiten seit mehreren Jahren eng zusammen. In beiden Core Facilities forschen in Summe etwa 200 Studierende (Nanolabor: 140, EMC: 60) aller Ausbildungsstufen (Bachelor, Master, Promotion) aus rund 30 verschiedenen Arbeitsgruppen (Nanolabor: 17, EMC: 16; einige Duplikate) eigenständig an derzeit 35 verschiedenen modernen wissenschaftlichen Geräten (Nanolabor: 25, EMC: 10). Das Biologische Grundpraktikum ist für alle Studierenden des Fachbereichs verpflichtend und

setzt sich aus zoologischen, botanischen und zellbiologischen Praktika zusammen. Im ersten Semester startet das Grundpraktikum mit rund 180 Studierenden, die alle an Lichtmikroskopen und Binokularen des gleichen Typs arbeiten. Diese Geräte finden durchgehend in allen nachfolgenden Teilen des Grundpraktikums Verwendung.

Die jährlichen Schulungen zur Gerätenutzung und Sicherheitsunterweisungen der Studierenden für jedes individuell verwendete Gerät sind entscheidend, um den betrieblichen Gesundheitsschutz und eine korrekte Arbeitsweise zu gewährleisten. Die Ersteinweisungen erfolgen hierbei grundsätzlich mündlich. Mündliche Erstunterweisungen sind nicht nur mit Blick auf die Unabdingbarkeit persönliche Fragen zu stellen unverzichtbar, sondern auch, weil die Vermittlung der Präparations- und Messprinzipien erforderlich ist. Aufgrund der organisatorischen Schwierigkeiten und des erheblichen Zeitaufwands gestalten sich die mündlichen Schulungen und Unterweisungen aller Studierenden an den relevanten Geräten jedoch äußerst herausfordernd. Auch für die Studierenden selbst sind mit der großen Anzahl an Teilnehmenden mündliche Schulungen und Unterweisungen nachteilig, da diese zu festgelegten Uhrzeiten erfolgen müssen, was zu einer vollständigen Inflexibilität führt. Deshalb sollen zukünftig Folgeschulungen und Folgeunterweisungen digital über die universitätsinterne Lernplattform ILIAS stattfinden. Erste Konzepte zu Online-Unterweisungen wurden bereits seitens der Arbeitssicherheit der Universität Konstanz in ILIAS implementiert, die allerdings aufgrund der zwangsläufig schlichten Gestaltung mit den in ILIAS stark eingeschränkten zur Verfügung stehenden Mitteln als wenig ansprechend empfunden werden und damit kein positives Lernklima erschaffen können.

Ziel des Projekts

Das Ziel dieses Lehrprojekts besteht darin, digitale Geräteschulungen und Sicherheitsunterweisungen in Form von Lehrvideos zu entwickeln, die von den Studierenden als ansprechend empfunden werden, so dass es zu einem Interesse am zu lernenden Inhalt kommt und durch die dauerhafte Verfügbarkeit des Lernmaterials ein effektives und angenehmes Lernen erzielt wird.

Gestaltung der Lehrvideos

Eine innovative Eigenschaft dieser Art von Lehrvideos wird die Verwendung eines animierten, sprechenden Charakters, eines sogenannten Puppets, in Verbindung mit einer

durch Künstliche Intelligenz (KI) generierten Stimme, dem sogenannten Text-to-Speech (TTS), sein.

Während der Erstellung der Lehrvideos wird das zu entsprechende Laborgerät in den Core Facilities und dem Biologischen Grundpraktikum aus verschiedenen Blickwinkeln gefilmt, insbesondere um bewegliche Teile während ihrer Bewegung zu erfassen. Dabei wird besonderes Augenmerk daraufgelegt, dass die sicherheitsrelevanten Bereiche deutlich erkennbar sind. Anschließend werden die Videoaufnahmen aus dem Labor am Computer mit dem Puppet überlagert und der generierten Stimme unterlegt. Die 2D-Animation des Puppets wird mithilfe von Adobe Character Animator realisiert, was es ermöglicht, die Figur, insbesondere ihre Arme, über sogenannte Drag Handles zu bewegen um so auf bestimmte Gefahrenstellen oder wichtige Betriebshinweise einzugehen. Die Lippsynchronisation des Puppets wird direkt aus der generierten Sprache und dem zugehörigen Skript durch Adobe Character Animator erstellt. Zusätzlich werden kurze Texte und Markierungen eingeblendet, um die Gefährdungen oder Betriebshinweise zu verdeutlichen. Abbildung 1 zeigt exemplarisch einen Screenshot aus einem Video-Prototypen. Bereits implementiert sind darin erste Aufnahmen in der Core Facility Nanolabor, hier am Beispiel eines Ellipsometers, ein Prototyp eines Puppets, animierter Text und TTS.

Des Weiteren sollen ein bis zwei Assistenz-Puppets erstellt werden, die symbolische für die Studierenden stehen und zeigen, welche Verhaltensweisen am jeweiligen Gerät oder im Labor notwendig sind. Ziel ist es, den Studierenden eine Identifikation mit den Assistenz-Puppets zu ermöglichen um das Umsetzen der korrekten Handlungsweise auf das eigene Verhalten zu fördern. Es konnte gezeigt werden, dass das Einbinden von mit der Lehrperson interagierenden weiteren Darstellenden unabhängig vom Ausgangsniveau der Lernenden die Motivation steigert [1].

Für die Realisierung von TTS wird die KI von OpenAI eingesetzt. Der Text, der vom Puppet gesprochen werden soll, wird hierbei von einer erfahrenen Lehrperson erstellt. Anschließend wird dieser Text mithilfe der Programmiersprache Python und der Schnittstelle für Anwendungsprogrammierung (Application Programming Interface, API) des KI-Entwicklers OpenAI in Sprache umgewandelt [2]. Bei der Erstellung des Video-Prototypen wurde festgestellt, dass die TTS-KI von OpenAI die beste Sprachausgabe bietet. Sie liefert einen professionellen Klang und verursacht dabei nur geringe Kosten, so dass ein komplettes Video für weniger als 1 EUR durch TTS erstellt werden kann.

Genauso wie das Puppet trägt auch TTS zu einer hohen Reproduzierbarkeit und zu einem hohen Wiedererkennungswert der Lehrvideos bei. Dadurch wird die Nachbearbeitung und

die Änderung solcher Videos unter Erhalt der Qualität erleichtert. Sogar eine Weiterbearbeitung durch Dritte unabhängig von der ursprünglich erstellenden Person ist umsetzbar.

Die Implementierung der Lehrvideos als SCORM-Modul in ILIAS mit zwischengeschalteten Leistungsabfragen soll im Rahmen dieses Lehrprojekts geprüft werden. SCORM steht hierbei für *Sharable Content Object Reference Model* und hat sich als einer der Standards im E-Learning-Bereich etabliert, um zu garantieren, dass Lerninhalte interoperabel sind und in verschiedenen Lernmanagementsystemen wie ILIAS eingebettet werden können. Beispiele für SCORM-Module mit integrierten Wissensabfragen können im derzeit in der Entwicklung befindlichen Open Educational Resource-Projekt (OER-Projekt) *Eco Explorers: für eine grüne Zukunft* eingesehen werden [3].



Abbildung 1: Screenshot aus dem Video-Prototypen. Zu sehen ist das Puppel mit dem wissenschaftlichen Gerät, einem sogenannten Ellipsometer, im Hintergrund.

Der Video-Prototyp kann unter [hier](#) eingesehen werden.

Förderung von Interesse am Lerninhalt und Motivation und Kontrolle des Lerneffekts

Die Videos werden mit großer Vielfalt gestaltet, um die Aufmerksamkeit der Studierenden zu binden. Insbesondere Animationen haben sich als wirksames Mittel erwiesen, um dieses Ziel zu erreichen [4]. Eine professionelle Lehrperson in solchen Videos ist besonders empfehlenswert. In einer Meta-Analyse von Beege *et al.* wurden 35 Studien mit insgesamt 6339 Teilnehmenden analysiert [5]. Die Ergebnisse zeigen, dass die Anwesenheit einer Lehrperson in Lehrvideos die soziale Präsenz erhöht und die sogenannte *extraneous load* verringert. Unter *extraneous load* versteht man die zusätzliche kognitive Belastung, die durch unnötige oder irrelevante Elemente während des Lern- oder Problemlösungsprozesses

entsteht und die die Effizienz des Lernens oder der Leistung beeinträchtigen kann. Interessanterweise wird diese Belastung durch die Präsenz einer Lehrperson reduziert [5]. Darüber hinaus belegen Studien, dass die Motivation der Lernenden sowie die emotionale Bewertung (*affective rating*) durch die Anwesenheit einer Lehrperson positiv beeinflusst werden [1, 5, 6]. Obwohl die Anwesenheit einer Lehrperson die Verweilzeit auf vermeintlich relevanten Inhalten wie anderen Illustrationen reduziert, steigt die Lernleistung leicht an (*positive retention outcome*). Die Transferleistung bleibt durch den Einsatz einer Lehrperson unbeeinflusst oder steigt ebenfalls leicht [5, 6].

In diesem Projekt stehen die Motivation und eine positive emotionale Bewertung im Vordergrund. Die Lernleistung ist ebenfalls als wichtig anzusehen, wohingegen die Transferleistung untergeordnet ist, da das Lernen stets am konkreten Gerät erfolgt. Daher ist das Einbinden einer Lehrperson positiv zu bewerten. Allerdings soll keine reale Lehrperson eingebunden werden, da dies bei vielen Videos, die bei Änderung der Vorort-Situation in den Laboren angepasst werden müssen, zu stark eingeschränkter Reproduzierbarkeit und damit geringem Wiedererkennungswert führen würde. Stattdessen strebt das Projekt nach Kontinuität, um den Fokus auf den relevanten Inhalt zu erleichtern. Zusätzlich wird hierdurch der Transfer erheblich erleichtert. Deshalb planen wir die Verwendung eines Puppets, als Ersatz für eine reale Lehrperson.

Bei Lernkontrollen können verschiedene Konzepte umgesetzt und auf ihre Wirksamkeit überprüft werden. Die Videos können einerseits so gestaltet werden, dass sie an einer entscheidenden Stelle zum Stehen kommen und Fragen zum Inhalt beantwortet werden müssen. Hierbei muss beachtet werden, dass interaktive Videos die *extraneous load* anheben [4]. Denkbar ist aber auch, Verständnis- und Wissensfragen im Anschluss an das Video zu stellen, sollte sich herausstellen, dass interaktive Videos aufgrund der Ablenkung durch die Unterbrechungen ungeeignet sind.

Das Tandem als Mehrwert

Das Tandem besteht aus zwei Lehrpersonen, die über die Core Facilities Nanolabor und EMC die Fachbereiche Physik, Biologie und Chemie vertreten. Mit dieser gekoppelten Expertise aus den drei klassischen Naturwissenschaften lässt sich das Lehrkonzept gründlich prüfen. Über das Tandem kann auf Synergien zurückgegriffen werden, da die grundlegenden Konzepte der Geräteschulungen und der Laborsicherheit ähnlich sind. Beispielsweise gibt es Geräte, die in beiden Core Facilities eingesetzt werden, so dass mit

wenig Mehraufwand für großes Portfolio an Geräten Lehrvideos erstellt werden können und der insgesamt Arbeitsaufwand dadurch reduziert wird. Mit Blick auf die Arbeitssicherheit kommt hinzu, dass ein Vieraugenprinzip bei der Erstellung von Unterweisungsinhalten eine differenziertere Betrachtungsweise nach sich zieht. Während die Ausarbeitung der Lehrvideos durch die federführende Antragstellerin erfolgen soll, soll der Tandempartner mit seiner Expertise Konsistenz und Verständlichkeit prüfen.

Evaluation

Die Überprüfung des Lerneffekts erfolgt direkt in den Lerneinheiten. Technisch wird implementiert, dass Testaufgaben nur dann aufgerufen werden können, nachdem das zugehörige Lehrvideo vollständig angesehen wurde. Die Testergebnisse werden kontrolliert und die Lehrvideos so auf ihre Wirksamkeit überprüft.

Eine ansprechende Gestaltung ist stets subjektiv. Im Allgemeinen darf angenommen werden, dass ein modernes Design mit aktuellen medialen Elementen als ansprechend empfunden wird, was auch dadurch nahegelegt wird, dass animierte Inhalte die Aufmerksamkeit binden [4]. Um abzufragen, ob die Lernenden eine digitale Sicherheitsunterweisung wie hier vorgestellt oder eine Präsenzunterweisung bevorzugen, soll am Ende jedes Moduls in der Phase der Etablierung zusammen mit der Lernkontrolle ein kurzer Feedback Fragebogen eingeblendet werden. Zusätzlich kann auf die Ergebnisse der semesterweise stattfindenden Evaluationen des Biologischen Grundpraktikums zurückgegriffen werden.

Das Projekt innerhalb der Hochschulstrategie der Universität Konstanz

Die Digitalisierung der Lehre ist ein zentraler Bestandteil der Exzellenzstrategie der Universität Konstanz, die als E-Science-Strategie verankert ist. Dabei steht die Anreicherung der Lehre durch digitale Mittel im Vordergrund. Es handelt sich nicht um eine Substitution der Präsenzlehre, sondern vielmehr um eine Verbesserung eines präsenten Formats durch eine digitale Komponente. Innerhalb dieses Kontextes bleibt bei dem hier vorgestellten Lehrvorhaben die Präsenzlehre bestehen, da Forschungstätigkeiten nach wie vor in den Laboren durchgeführt werden. Jedoch findet die digitale Anreicherung durch Online-Schulungen zur Arbeitssicherheit statt, welche als Selbstlernmodule konzipiert sind. Dies ermöglicht eine erhebliche Flexibilisierung der Schulungs- und Unterweisungszeiten, da nicht alle Studierenden physisch zusammenkommen müssen, sondern die Module individuell online abrufbar sind. Diese Flexibilisierung trägt zur Steigerung der Studierbarkeit bei, ein

Ziel, das von der Universität Konstanz in hohem Maß verfolgt wird. Darüber hinaus reduziert sich der Koordinationsaufwand erheblich.

Verstetigung

Das Prinzip des TTS wird von der Antragstellerin bereits an anderer Stelle in einfach gehaltener deutscher Sprache angewendet [3] und soll in diesem Projekt in deutscher und englischer Sprache auf ein hohes wissenschaftliches Niveau angehoben werden. Einmal implementiert, ist das Konzept TTS ohne viel Aufwand auf andere Bereiche übertragbar. Die Animation mit Puppet hingegen ist aufwendiger und bietet sich vor allem bei Lehrmaterial an, für dessen Erarbeitung von einer geringen Eigenmotivation der Studierenden ausgegangen werden muss, da eine Animation die Aufmerksamkeit von Lernenden bindet [4]. Sicherheitsunterweisungen sind hier ein klassisches Beispiel. Von Interesse zur Ausweitung des Vorhabens innerhalb der Universität Konstanz sind daher die bereits vorhandenen Lehreinheiten der Arbeitssicherheit unter der Leitung von Herrn Wolfgang Hellstern, die über das hier vorgestellte Konzept überarbeitet werden könnten.

Voraussetzung für die Ausgestaltung durch Dritte sind medientechnisch interessierte Mitarbeitende, wobei die Herausforderung stärker auf der Animation als auf der Sprachausgabe über TTS liegt. Eine Anleitung zur Vorgehensweise soll im Rahmen dieses Projekts erstellt werden (siehe Abschnitt Transfer). Nach einer kurzen Einarbeitungszeit sollen wissenschaftliche Hilfskräfte in der Lage sein, TTS zu nutzen und eine grundlegende Animation in Adobe Character Animator zu erstellen. Diese Flexibilisierung derjenigen Person, die die Lehrvideos erstellt, wird im Rahmen dieses Projekts geprüft. Ein besonderer Vorteil der hier vorgestellten Methode ist die mögliche Trennung zwischen der konzeptuellen Erstellung des Inhalts und der eigentlichen Implementierung. Während das Konzept und die inhaltliche Strukturierung immer von einer Lehrperson ausgehen wird, ist die Erstellung des Inhalts über Hilfskräfte möglich, was der Lehrperson zeitliche Freiräume verschaffen kann. Speziell im Kontext von Sicherheitsunterweisungen kann eine für die Sicherheit beauftragte Person die Erstellung eines Konzepts und des Inhalts übernehmen. Konzept und Inhalt können anschließend von Hilfskräften implementiert werden.

Transfer

Instruktive Lehrvideos sind von großem Interesse für Bildungseinrichtungen wie Hochschulen, speziell in Blended Learning Szenarien. Das betrifft nicht nur Geräteschulungen und Sicherheitsunterweisungen in Laboren, sondern generell Lehrvideos

in allen Disziplinen. Das innovative Konzept der KI-gestützten Erstellung über TTS hat hohes Potential um zu einer erheblichen Reduktion des Erstellungsaufwands für Lehrvideos beizutragen. Die hier erstellten Videos können als OER auf der Plattform ZOERR und über das ILIAS der Universität Konstanz bereitgestellt werden und fungieren damit als Good Practice Beispiel. Um maximalen und möglichst niederschweligen Transfer zu gewährleisten, soll ein Anleitungsvideo zur Erstellung der in diesem Projekt erarbeiteten Lehrvideos verfasst werden. Diese Anleitung soll die notwendigen Kenntnisse zur Erstellung des Python-Quellcodes und der Einrichtung von TTS über den OpenAI-API-Key genauso beinhalten wie eine Anleitung zur Animation mit Adobe Character Animator. Auf ZOERR und ILIAS per CC BY-SA 4.0 zur Verfügung gestellt, ist das Anleitungsvideo frei verfügbar und dauerhaft einsehbar. Die Transferierbarkeit wird erhöht durch die Tatsache, dass Adobe Character Animator bereits sehr gut definierte und konfigurierbare Puppets anbietet, die zur Animation verwendet werden können. Steht Dritten nur wenig Zeit für die Erstellung von Lehrvideos zur Verfügung, kann auf das Puppet verzichtet und rein mit TTS gearbeitet werden.

Da die Antragstellerin für ihre Lehrprojekte bisher das CC BY-SA 4.0 oder das CC BY-NC-SA 4.0 Lizenzmodell verwendet hat und bereits rund 230 Lehrvideos auf ZOERR veröffentlicht hat [7], ist das Vorgehen bestens bekannt.

Vorerfahrung und Vorarbeiten

Die Antragstellerin unterstützt seit dem Jahr 2013 den Leiter und Verantwortlichen des Nanolabors, Herrn Dr. Matthias Hagner in Belangen der Arbeitssicherheit. Dabei kümmert sie sich vor allem gemeinsam mit Herrn Dr. Hagner um Gefährdungsbeurteilungen, Betriebsanweisungen und das Gefahrstoffkataster. Sie gibt Sicherheitsunterweisungen zum Umgang mit Gefahrstoffen im Zusammenhang mit Foto- und Elektronenstrahlolithographie, die aufgrund ihres hohen Gefährdungspotentials besondere Aufmerksamkeit benötigen. Zudem kennt sie das Labor aus eigener Forschungstätigkeit während der Promotion.

Die Antragstellerin leitet seit 2013 die Vorlesungssammlung des Fachbereichs Physik an der Universität Konstanz mit fast 500 Experimenten. Während der COVID-19-Pandemie hat sie ihre Fähigkeiten in der Erstellung von Lehrvideos etabliert und über 200 kurze Videos für Vorlesungen in experimenteller Physik eigenständig produziert. Ihre Aufgaben umfassten Videoaufnahmen, die Veranschaulichung von Experimenten, klare Erklärungen physikalischer Phänomene und Videobearbeitung. Im Rahmen eines Projekts zur Abmilderung pandemiebedingter Lernrückstände wurden diese Videos in die Website der

Vorlesungssammlung Physik der Universität Konstanz und das Zentrale OER-Repository der Hochschulen in Baden-Württemberg eingepflegt [7, 8]. Die Studierenden schätzten diese Videos sehr. Dies spiegelt sich auch in den zwei Lehrpreisen der Universität Konstanz im Jahr 2020 wider, die der Antragstellerin verliehen wurden.

Der Tandempartner ist seit 2015 für zwei der vier Teile des Biologischen Grundpraktikums verantwortlich. Dabei leitet er wissenschaftliche Hilfskräfte in der Betreuung der Studierenden an und stellt somit die biologische Laborausbildung von rund 350 Studierenden pro Jahr sicher.

Von einem technischen Standpunkt aus betrachtet ist bereits eine ausgezeichnete Infrastruktur und Ausstattung für die Produktion professioneller Videos vorhanden. Dies betrifft ein dediziertes Videolabor mit Installation professioneller Ausrüstung für die Aufnahme von Videos in den Einrichtungen der Antragstellerin. Mit zwei hochwertigen Videokameras, die bis zu 6K-Videorohdaten aufzeichnen können, sowie professionellen Objektiven, verschiedenen hochwertigen Lichtern und Mikrofonen gewährleistet die Einrichtung hervorragende Audio- und Bildqualität mit präziser Farbkontrolle. Ein Gimbal ermöglicht die Videoaufzeichnung sogar in beengten Räumen wie Laboren. Diese fortschrittliche technische Infrastruktur, die weit über Standard-Setups hinausgeht, steht dem Projekt zur Verfügung. Da Animationen sehr anspruchsvoll in der Rechenleistung sind und eine mehrere Terabyte an Videodaten anfallen werden, wird für diese Arbeiten im Rahmen dieses Projekts ein geeigneter Computer und die Aufstockung der Speicherkapazität eines bereits vorhandenen Netzwerkspeichers beantragt.

Einbindung in der Hochschulinfrastruktur

Das Projekt wird begleitet vom Leiter des Nanolabors, Herrn Dr. Matthias Hagner und von Herrn Prof. Dr. Sebastian T. B. Gönnerwein, der das Nanolabor von professoraler Seite in Angelegenheiten der Arbeitssicherheit unterstützt. Herr Dr. Hagner hat die organisatorische Aufsicht über die Gerätenutzung im Nanolabor. Die Informationen zu den Sicherheitsaspekten einzelner Geräte werden daher von Herrn Dr. Hagner bereitgestellt, der seit 2013 mit der Antragstellerin die Gefährdungsbeurteilungen im Nanolabor erstellt. Zudem übernimmt er die Aufgabe, die Studierenden des Nanolabors gemäß ihrer Gerätenutzung in die erstellten ILIAS-Kurse einzutragen und die Bearbeitung der Kurse stichprobenartig zu kontrollieren. Auf Seiten des Biologischen Grundpraktikums wird Herr apl. Prof. Dr. Veit Dörken, der für den botanischen Teil des Praktikums verantwortlich ist, unterstützend

mitwirken. Die Beantragung des Projekts erfolgt zudem in Rücksprache mit dem Leiter der Arbeitssicherheit der Universität Konstanz, Herrn Wolfgang Hellstern, der beratend tätig sein wird. Frau Ina Kunze wird auf Seiten des Kommunikations-, Informations- und Medienzentrums der Universität Konstanz die ILIAS-Kurse mit den korrekten Rechten anlegen.

Referenzen

- [1] T. Koh und J. Ahn, *The Effects of Student-Engaged Video Lectures on Motivation for Sustainable Flipped Learning*, Sustainability **15**, 4617 (2023). DOI: [10.3390/su15054617](https://doi.org/10.3390/su15054617).
- [2] OpenAI © 2015-2024, <https://platform.openai.com>.
- [3] **G. Kiliani**, C. Malang, J. Ristow, L. Schmidt-Mende und S. Karpitschka, *Eco Explorers: für eine grüne Zukunft*, ein OER-Kurs für Schulen zu den physikalischen Grundlagen des Klimawandels und den Handlungsoptionen, Universität Konstanz (2024). URL: https://ilias.uni-konstanz.de/goto_ILIASKONSTANZ_crs_1728513.html.
- [4] E. B. Tugtekin und O. O. Dursun, *Effect of animated and interactive video variations on learners' motivation in distance Education*, Education and Information Technologies **27**, 3247 (2022). DOI: [10.1007/s10639-021-10735-5](https://doi.org/10.1007/s10639-021-10735-5).
- [5] M. Beege, N. L. Schroeder, S. Heidig, G. D. Rey und S. Schneider, *The instructor presence effect and its moderators in instructional video: A series of meta-analyses*, Educational Research Review **41**, 100564 (2023). DOI: [10.1016/j.edurev.2023.100564](https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100564).
- [6] M. Beege, F. Kriegelstein und C. Arnold, *How instructors influence learning with instructional videos – The importance of professional appearance and communication*, Computers & Education **185**, 104531 (2022). DOI: [10.1016/j.compedu.2022.104531](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104531).
- [7] J. Ristow and **G. Kiliani**, *Experimente Physik (eine Sammlung von 233 physikalischen Lehrvideos)*, Zentrales OER-Repository der Hochschulen in Baden-Württemberg ZOERR (2024). URL: <https://www.zoerr.de>.
- [8] J. Ristow and **G. Kiliani**, *Vorlesungssammlung Physik*, Fachbereich Physik, Universität Konstanz (2024). URL: <https://www.physik.uni-konstanz.de/vs/demo-experimente/>.

KI-Hinweise

Wir erklären, dass sämtliche im Projektantrag geschilderten Ideen von uns selbst stammen und ohne Zuhilfenahme von KI entstanden sind. Der Text wurde sprachlich stellenweise mit der KI ChatGPT des Entwicklers OpenAI überarbeitet.