

Erprobung virtueller Labor- und Lernwelten in naturwissenschaftlichen Inverted-Classroom-Modellen

DIRK BURDINSKI

Zusammenfassung

3D-Simulationen virtueller Labor- und Lernwelten wurden in der Inverted-Classroom-Bachelorlehrveranstaltung Anorganische Chemie des ersten Fachsemesters als ergänzende Lernmaterialien eingesetzt. Dabei wurde untersucht, wie Studierende die Simulationen bearbeitet haben, um hieraus nächste Entwicklungsschritte für den Einsatz von 3D-Simulationen im Studieneingangsbereich abzuleiten. Nur ein kleinerer Teil der Studierenden hat das Angebot genutzt, die einmal gestarteten Simulationen wurden aber intensiv bearbeitet und, im Vergleich zu anderen Medien, sehr positiv bewertet. Für die Weiterentwicklung der Simulationen für die auch von den Studierenden gewünschte zukünftige Nutzung wurden fachliche Aspekte stärker als soziale betont. Um den Einsatz in der hier untersuchten Lehrveranstaltung im Inverted-Classroom-Modell weiter zu verbessern, sollten die fachliche Passung verbessert und technische Hürden abgebaut werden.

Schlagerworte: 3D-Simulationen, Anorganische Chemie, Inverted-Classroom, Studieneingangsbereich

Gliederung

1	Einleitung	102
2	Ausgangslage	103
2.1	Curriculare Einbindung der Lehrveranstaltung Anorganische Chemie I	103
2.2	Lehre in der Lehrveranstaltung Anorganische Chemie I	103
2.3	Simulationen als aktivierendes Selbstlernmedium	104
3	Vorhabenbeschreibung	105
3.1	Zielsetzung	105
3.2	Methodik	105
4	Ergebnisse	105
4.1	Nutzung der Simulationen	105
4.2	Studentische Bewertung der Simulationen	108
4.3	Studentische Anforderungen an die zukünftige Nutzung von Simulationen	111
5	Diskussion	113
6	Fazit	115

Literatur	115
Autor	118

1 Einleitung

Inverted-Classroom- (oder Flipped-Classroom-) Modelle gewinnen in der Hochschullehre zunehmend an Bedeutung (Casselman et al., 2020). Mit ihnen können intendierte Lernergebnisse (Learning Outcomes), über die wissensorientierte Lehre hinaus, handlungsorientiert adressiert werden (Handke et al., 2012). Im Inverted-Classroom-Modell (ICM), mit seinen unterschiedlichen Ausprägungen, soll Raum dafür geschaffen werden, die gemeinsame Lehrveranstaltungszeit in der Präsenz möglichst effektiv für den Aufbau von Handlungskompetenzen zu nutzen und die Lehre damit im Sinne des Constructive Alignment passgenau auf die kompetenzorientierten Prüfungsanforderungen abzustimmen (Seery, 2015; Wildt & Wildt, 2011).

Systematische Untersuchungen über die Wirkungen des ICM in der Hochschullehre liegen insbesondere aus den MINT-Disziplinen vor (Bishop & Verleger, 2013; Yousufi & Uranus, 2020). In der Chemie wird das ICM häufig genutzt, um Studierenden bei der Erarbeitung der chemietypischen, oft stark abstrahierenden Konzepte mithilfe digitaler Medien vielfältige Zugänge zu ermöglichen (Bishop & Verleger, 2013; Burdinski, 2020; Seery & O'Connor, 2015). Als Folge wird, unabhängig von den erzielten Lernergebnissen, überwiegend von einer höheren Zufriedenheit mit der Lehrsituation berichtet (Fautsch, 2015; Flynn, 2015; Maloney, 2016; Smith, 2013).

Im Rahmen von ICM-Lehrveranstaltungen erarbeiten sich die Studierenden neue Informationen und Konzepte in der Selbststudienphase zunächst eigenständig, bevor hierauf in der eigentlichen Präsenzveranstaltung vertiefend aufgebaut wird. Neben klassischen, textbasierten Materialien gehören Lehrvideos zu den am häufigsten eingesetzten Vorbereitungsmaterialien (Starkey, 2019). Mit 3D-Simulationen in virtuellen Lernwelten eröffnet sich nun die Möglichkeit, stärker interaktive und immersive Lernerfahrungen zu gestalten, die insbesondere in der Chemie Vorteile bieten. Bereits kommerziell verfügbare 3D-Simulationen und Anwendungen in virtuellen Realitäten (VR) ermöglichen hierbei einen niederschweligen Einstieg. Im Gegensatz zu hoch immersiven VR-Simulationen, in denen mithilfe spezieller Geräte (inter-)agiert werden kann, z. B. raumlagesensitiven Bildschirm-Headsets, Handschuhen mit Sensoren oder 3D-Steuerungseinheiten (Liu et al., 2017), werden in diesem Beitrag 3D-(Lern-)Simulationen als möglichst realitätsnahe, dreidimensionale Lernumgebungen verstanden, die auf einem Computerbildschirm dargestellt werden und in denen Studierende sich mithilfe von Maus und Tastatur bewegen sowie mit ausgewählten Elementen interagieren können. 3D-Simulationen haben dabei gegenüber VR-Simulationen den Vorteil einer erheblich leichteren Zugänglichkeit und Skalierbarkeit. Mit beiden Technologien liegen bislang nur wenige Erfahrungen bei der Lehrgestaltung entsprechender ICM-Module vor. Im Rahmen dieser Studie sollten daher in einem ersten Schritt Einsatz- und Nutzungsszenarien von 3D-Lernsimulationen in einem Pflicht-

modul im Studieneingangsbereich am Beispiel der Lehrveranstaltung Anorganische Chemie I untersucht werden, um hieraus nächste Entwicklungsschritte für den Einsatz von Lernsimulationen im Studieneingangsbereich abzuleiten.

2 Ausgangslage

2.1 Curriculare Einbindung der Lehrveranstaltung Anorganische Chemie I

Am Campus Leverkusen der TH Köln wird das Modul Anorganische Chemie I im Bachelorstudiengang Angewandte Chemie (B.Sc.) einmal jährlich im Wintersemester (WiSe) angeboten. Die Lehre aller Studiengänge der Fakultät ist in einem Blocksystem organisiert. Die Vorlesungszeit ist dabei in zwei Lehrveranstaltungsblöcke (A+B) unterteilt, welche durch eine Projektwoche in der Semestermitte voneinander getrennt sind. Jeder Block umfasst sieben Veranstaltungswochen und eine anschließende Prüfungswoche. Das Modul wird dabei im ersten Fachsemester im Block B angeboten und baut inhaltlich auf das Modul Allgemeine Chemie im Block A auf. Ein Praktikum im Bereich der Anorganischen Chemie wird, formell unabhängig vom Modul Anorganische Chemie I, erst im zweiten Fachsemester angeboten.

2.2 Lehre in der Lehrveranstaltung Anorganische Chemie I

Das Modul Anorganische Chemie I vermittelt Wissen und Konzepte zur Hauptgruppenchemie (Perioden 1–3 des Periodensystems) (ca. 90 %) und zur Chemie der Übergangsmetalle (ca. 10 %). Themenschwerpunkte sind Bindungsmodelle, Eigenschaften von Ionen in Lösung sowie deren Redox- und Elektrochemie. Für die Lehrveranstaltung ist eine Gesamt-Workload von 300 Stunden (5 Leistungspunkte) vorgesehen. Im Untersuchungszeitraum wurde die Lehrveranstaltung im Block aus sieben Wochen mit 14 vierstündigen Präsenzterminen (vormittags 9:00–12:15 Uhr), unterbrochen durch eine zweiwöchige Weihnachtspause, und abschließender elektronischer Präsenzprüfung (80 Minuten) angeboten.

Das Modul wird seit einigen Jahren, ähnlich der schon abgeschlossenen Entwicklung im entsprechenden Modul Anorganische Chemie II, von einem klassischen Vorlesungs-Übungs-Format hin zu einem Inverted-Classroom-Modell entwickelt (Burdinski, 2022). Im Untersuchungszeitraum wurde die ersten Modulhälfte (sieben Termine) in Form einer Kombination aus Impulsvorträgen, plenaren Diskussionen und Übungseinheiten in Gruppen gestaltet. Die zweite Hälfte des Moduls (weitere sieben Termine) wurde als Inverted-Classroom gestaltet. Hierbei wurden neue Inhalte und Konzepte mithilfe von Lehrvideos von den Studierenden im Selbststudium vorbereitet und mithilfe von Quizzes und Gruppenaufgaben in der Präsenzveranstaltung bearbeitet und vertieft (Burdinski, 2022). Alle eingesetzten Lehrvideos sind auf der Videoplattform YouTube frei zugänglich (Burdinski, 2018).

Die Vermittlung überwiegend theoretischer Zusammenhänge, ohne die Möglichkeit, diese gleichzeitig mit eigenen laborpraktischen Erfahrungen verknüpfen zu können, ist insbesondere für Studierende mit wenig Vorkenntnissen in der Chemie he-

rausfordernd. Daher sollte in dieser Studie untersucht werden, inwieweit Studierende auf Simulationen virtueller Lernumgebungen basierende zusätzliche Lehrangebote nutzen würden, um einen alternativen Zugang zu den Lerngegenständen zu erhalten.

2.3 Simulationen als aktivierendes Selbstlernmedium

Lehrvideos können dreidimensionale Handlungsmuster effektiv darstellen, die Betrachtenden bleiben aber überwiegend in einer rezeptiven Haltung. Simulationen fördern demgegenüber eine aktive Mitarbeit der Studierenden und sind insofern stärker handlungsorientiert. Sie bieten daher für die Entwicklung von praxisnahen Handlungskompetenzen wichtige Vorteile. Studien haben gezeigt, dass Studierende mithilfe von Laborsimulationen sowohl laborpraktische als auch theoretische Kenntnisse gleichermaßen gut aufbauen können, wie in entsprechenden Demonstrationen im Labor (Makransky et al., 2016). Wenige Studien haben sich bislang mit dem didaktischen Mehrwert von Laborsimulationen in klassischen, nicht labornahen Lehrveranstaltungen befasst. Peechapol und Brown beobachteten eine Verbesserung des Lernkenntnisstandes und des Selbstwirksamkeitsempfindens. Der Effekt war bei Studierenden mit geringeren Vorkenntnissen stärker als bei Studierenden mit größeren Vorkenntnissen. Darüber hinaus fanden sie eine höhere Lernmotivation und einen leichteren Zugang zum Verständnis komplexer Konzepte und Theorien (Brown et al., 2021; Peechapol, 2021). Dabei zeigten sich beim Einsatz von 3D- und VR-Lernumgebungen keine signifikant unterschiedlichen Effekte (Brown et al., 2021). Gleichzeitig bedingen komplexe virtuelle Lernumgebungen eine höhere kognitive Belastung als klassische Lehrszenarien und können das Lernen damit belasten (Makransky et al., 2019).

Vor dem Hintergrund hoher Entwicklungskosten für derartige Simulationen, insbesondere in virtuellen Realitäten, sind kommerzielle Angebote eine niederschwellige Einstiegsmöglichkeit. Das Angebot der dänischen Firma Labster (www.labster.com) bietet im Bereich der Chemie und ggf. noch umfangreicher im Bereich der Biowissenschaften eine solche Möglichkeit (Ali & Ullah, 2020; Gardner et al., 2019; Jones, 2018). Es umfasst eine Vielzahl an 3D-Simulationen zu theoretischen und insbesondere auch laborpraktischen Themen (Bonde et al., 2014; Gabellini et al., 2021; Makransky et al., 2016).

Für die Integration in bestehende Learning Management Systeme (LMS) bietet Labster derzeit zwar ein Plugin für Moodle, nicht aber für das an der TH Köln verwendete LMS ILIAS an. Daher wurden die Simulationen in einer ersten Entwicklungsstufe über Weblinks in die WordPress-basierte, hochschuleigene Plattform THspaces eingebunden, die als Bindeglied zwischen der Labster-Plattform und dem LMS diente (Glaser et al., 2018; Kaliva & Glaeser, 2021). Für die Studierenden wurde ein nur für die Mitglieder zugänglicher Space eingerichtet, über den sie alle relevanten Informationen und Zugänge zur Nutzung und Evaluation der Simulationen erhielten.

3 Vorhabenbeschreibung

3.1 Zielsetzung

Ziel dieser Studie war es, Einsatz- und Nutzungsszenarien von 3D-Lernsimulationen in einem Pflichtmodul im Studieneingangsbereich am Beispiel der Lehrveranstaltung Anorganische Chemie I zu bewerten, um hieraus nächste Entwicklungsschritte für den Einsatz von Lernsimulationen im Studieneingangsbereich abzuleiten.

Hieraus ergaben sich folgende Forschungsfragen:

1. Wie nutzen Studierende im Modul Anorganische Chemie I 3D-Lernsimulationen, die als ergänzende Lernmaterialien angeboten werden und deren Bearbeitung formell nicht verpflichtend ist?
2. Wie kann die Nutzung von Lernsimulationen durch die Studierenden verbessert werden?

3.2 Methodik

In der Studie wurde ein Mixed-Methods-Ansatz verfolgt. Im WiSe 2022/2023 konnten sich Studierende des Moduls Anorganische Chemie I im Bachelorstudiengang Angewandte Chemie (B.Sc.) freiwillig für die Nutzung der Labster-Plattform registrieren lassen. Die auf der Labster-Plattform erhobenen Daten wurden statistisch und nicht personenbezogen mithilfe von Microsoft Excel (Version 2016) ausgewertet.

Nach der Bearbeitung der einzelnen Simulationen wurden die Studierenden auf zwei Wegen um ihre Einschätzung der jeweiligen Simulation gebeten. Zunächst wurden sie unmittelbar nach Abschluss der Simulation auf der Labster-Plattform um die Beantwortung einer einzigen Einfachauswahlfrage gebeten. Hiernach konnten die Teilnehmenden im Anschluss über eine ILIAS-7-basierte, anonyme Online-Befragung die Arbeit mit der jeweiligen Simulation bewerten. Zudem konnten sie nach Modulende an einer ebenfalls anonymen übergreifenden ILIAS-7-basierten Online-Befragung teilnehmen.

Teilnehmende an den Präsenzveranstaltungen wurden manuell jeweils ca. 30 Minuten nach Veranstaltungsbeginn gezählt.

4 Ergebnisse

4.1 Nutzung der Simulationen

An der ersten Lehrveranstaltung im Modul nahmen 58 Studierende teil. Die Zahl der Teilnehmenden nahm im Modulverlauf um knapp ein Drittel auf 40 Personen ab (Abb. 1).

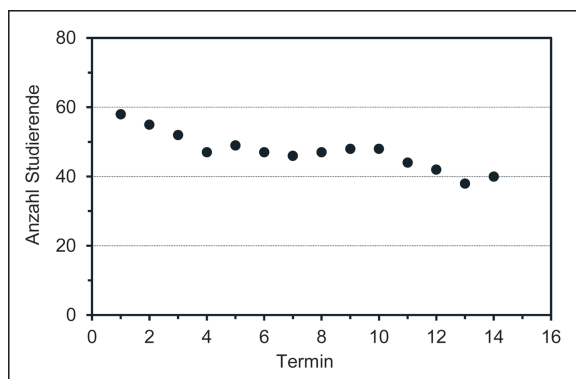


Abbildung 1: Teilnahmehzahlen an den 14 Präsenzterminen der Lehrveranstaltung Anorganische Chemie I im WiSe 2022/2023 (ungerade Termine: montags, gerade Termine: freitags) (Quelle: eigene Abbildung)

Alle 58 zu Beginn aktiven Studierenden im Modul Anorganische Chemie I wurden eingeladen, Labster-Simulationen zu nutzen. Um einen Zugang zur Labster-Plattform zu erhalten, mussten sie im ILIAS-Kursordner eine Schaltfläche anklicken. Mit der Auswahl bestätigten sie Folgendes:

„Ich möchte die Lernplattform Labster gerne nutzen. Mir ist dabei bewusst, dass die Nutzung namentlich, also nicht anonym, auf einem kommerziellen Server außerhalb der Hochschule erfolgt und meine Lernergebnisse für Kursadministrator:innen nachvollziehbar sind.

Ja, ich möchte Labster nutzen. Bitte schalten Sie mich frei.“

Tabelle 1: Zahl der Studierenden im Modul bzgl. ihrer Labster-Nutzungsaktivität (Quelle: eigene Tabelle)

	Anzahl	Anteil (%)
eingeladen	58	100
angemeldet	27	47
eingeloggt	25	43
Simulation gestartet (mindestens eine)	17	29
Simulationen gestartet (mindestens drei)	8	14

Von den 58 eingeladenen Studierenden im Modul meldeten sich auf diese Weise 47 % an, 43 % loggten sich nach Freischaltung wenigstens einmal in die Labster-Plattform ein, jedoch nur 28 % bearbeiteten zumindest eine der insgesamt neun dort freigeschalteten Simulationen (Tab. 1). Insgesamt nur 14 % aller eingeladenen Studierenden im Modul bearbeiteten drei oder mehr Simulationen. Von den freigeschalteten Studierenden nahmen alle über den gesamten Zeitraum weitgehend regelmäßig an den Präsenzveranstaltungen teil.

Tabelle 2: Labster-Nutzung: Die Zahl der Studierenden im Modul nach ihrer Aktivität bzgl. einer Labster-Nutzung (Quelle: eigene Tabelle)

Kenn.	Name der Simulation	Durchf. ^a	Vollst. ^b (%)	Ergebnis ^c (%)	Zeit ^d (%)
A	Introduction to Groups of the Periodic Table	11	88	71	136
B	Atomic Structure: Assess the possibility of life on other planets	1	100	97	103
C	Ionic and Covalent Bonds	15	75	70	79
D	Properties of Water	7	100	89	145
E	Acids and Bases: Acidity and Alkalinity in Everyday Substances	2	50	49	58
F	Equilibrium	2	76	73	111
G	Advanced Acids and Bases	5	81	70	123
H	Redox Reactions: Discover how batteries work!	3	68	65	83
I	Hydrocarbon Nomenclature and Representations	3	100	91	123
Mittelwerte (bei (b) und (c) gewichtet)		49	83	73	107

^a Anzahl der Durchführungen, ^b mittlerer Umfang der Bearbeitung (in %), mittleres Ergebnis (in % der erreichbaren Punkte), ^c mittlere Bearbeitungszeit (in % der vom Anbieter kommunizierten Regelbearbeitungszeit)

Insgesamt wurden die neun angebotenen Simulationen 49-mal gestartet (Tab. 2). Besonders häufig wurden die Simulationen „Introduction to Groups of the Periodic Table“ (A) und „Ionic and Covalent Bonds“ (B) bearbeitet. Die Simulation „Atomic Structure: Assess the possibility of life on other planets“ (H) wurde dagegen am wenigsten genutzt und nur einmal aufgerufen. Hiervon unabhängig wurden alle angebotenen Simulationen im Mittel zu 83 % bearbeitet. Dabei wurden im Mittel 73 % der möglichen Punkte erzielt. Die mittlere Bearbeitungszeit lag bei 107 % der Anbieter-richtlinienwerte (diese lagen, je nach Simulation, zwischen 16 und 39 Minuten). Besonders langsam wurde die Simulation A (136 %), besonders schnell hingegen die Simulation E (58 %) bearbeitet.

Die Kennbuchstaben in Tabelle 2 zeigen die Reihenfolge an, in der die einzelnen Simulationen für die Studierenden zugänglich gemacht wurden: Simulationen A und B waren von Modulbeginn an verfügbar. Spätere Simulationen folgten, soweit passend, dann entsprechend den in der Lehrveranstaltung behandelten Themen. Am häufigsten genutzt wurden die Einstiegssimulation A sowie die Simulationen C und D. An der geringeren Nutzung von Simulation B ist zu erkennen, dass die abnehmenden Nutzungszahlen nicht (nur) von der Reihenfolge der Freischaltung abhingen. Simulationen C und D wiesen inhaltlich eine besondere Nähe zu den Modulinhalten auf, bei den übrigen Simulationen war die inhaltliche Passung weniger gut.

Die Studierenden konnten für die Bearbeitung der Simulationen zwischen der englischen und der deutschen Sprache wählen. Andere Sprachen standen bei einigen

(nicht bei allen Simulationen) ebenfalls zur Auswahl, wurden aber nicht gewählt. Im Mittel über alle Simulationen führten die Studierenden diese in 88 % der Fälle in englischer Sprache durch, nur in 12 % der Fälle in Deutsch.

Alle Simulationen wurden ursprünglich in englischer Sprache angelegt. Die weiteren Sprachversionen (auch die deutsche) wurden von Labster maschinell erzeugt. Diese wirkten daher vereinzelt etwas hölzern und wiesen teils ungewöhnliche Formulierungen auf, durch welche die automatisierte Übersetzung erkennbar war. Dies kann ein Grund für die Sprachauswahl der Studierenden sein, was sich mit einigen mündlichen Rückmeldungen zur Nutzung von Labster deckt. Studierende könnten in dem virtuellen Setting auch eine Möglichkeit sehen, ihre englischen Sprachkenntnisse in einem geschützten Raum zu trainieren.

4.2 Studentische Bewertung der Simulationen

Nach der Bearbeitung jeder Simulation waren die Studierenden grundsätzlich dazu aufgefordert, die Nutzungserfahrung anonym zu bewerten. Hierzu war ein manueller Plattformwechsel von Labster zum LMS erforderlich. In insgesamt 16 Fällen wurde diese Bewertung durchgeführt. Auf einige Fragen zum Studienhintergrund der Studierenden wird hier wegen fehlender Relevanz nicht näher eingegangen.

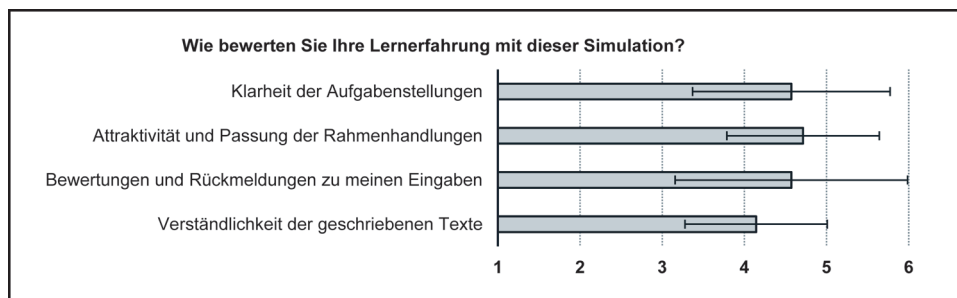


Abbildung 2: Bewertung der Lernerfahrung mit den einzelnen Labster-Simulationen im Rahmen der Lehrveranstaltung Anorganische Chemie I auf einer fünfteiligen Skala als sehr gut (5), eher gut (4), annehmbar (3), eher schlecht (2), sehr schlecht (1). Zusammenfassung der Ergebnisse zu den einzelnen Simulationen, N = 16 (Quelle: eigene Abbildung)

Die Frage nach verschiedenen Aspekten der Lernerfahrung mit den jeweiligen Simulationen wurde über alle Simulationen hinweg sehr ähnlich beantwortet und die Antworten daher hier aus allen 16 Rückläufen zusammengefasst (Abb. 2). Eher gut bis sehr gut wurden die Klarheit der Aufgabenstellung, die Attraktivität und Passung der Rahmenhandlung sowie die Bewertung und Rückmeldungen zu den eigenen Eingaben bewertet. Als eher gut wurden die geschriebenen Texte bewertet. Aus individuellen Kommentaren lässt sich hierbei auf kleinere Mängel bei der maschinellen Übersetzung ins Deutsche schließen.

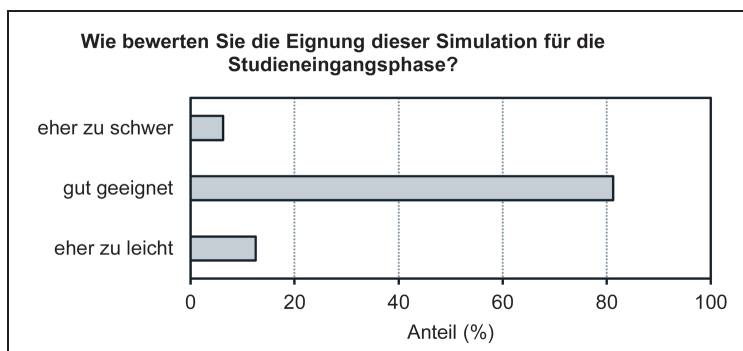


Abbildung 3: Bewertung der Eignung der einzelnen Labster-Simulationen für die Studieneingangsphase (hier im Rahmen der Lehrveranstaltung Anorganische Chemie I), Zusammenfassung der Ergebnisse zu den einzelnen Simulationen, N = 16 (Quelle: eigene Abbildung)

Die Frage „Wie bewerten Sie die Eignung dieser Simulation für die Studieneingangsphase?“ wurde in mehr als 80 % der Fälle mit gut beantwortet (Abb. 3). In zwei Fällen (12 %) wurden die Simulationen in dem Kontext als zu leicht, in einem Fall (6 %) als zu schwer empfunden.

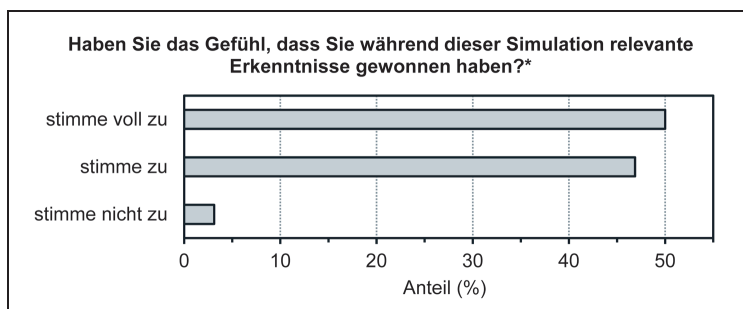


Abbildung 4: Bewertung der eigenen Lernerfahrung unmittelbar nach Abschluss der jeweiligen Simulation, Zusammenfassung der Ergebnisse zu den einzelnen Simulationen, N = 32 (Quelle: eigene Abbildung)

Unabhängig von den oben beschriebenen Rückmeldungen wurden die Studierenden unmittelbar nach Bearbeitung der Simulationen noch auf der Labster-Plattform um eine erste Kurzbewertung gebeten. Hierbei gaben Studierende in 31 von 32 Fällen (97 %) an, das Gefühl zu haben, dass sie während der jeweiligen Simulation relevante Erkenntnisse gewonnen hätten (Abb. 4). Bemerkenswert ist hierbei, dass doppelt so viele Studierende eine Rückmeldung abgegeben haben wie in der nachgeschalteten Befragung in dem LMS.

Nach abgelegter Modulprüfung (vor Bekanntgabe der Ergebnisse) wurden die Studierenden um eine abschließende und übergreifende Rückmeldung zur Nutzung der Simulationen gebeten. Hieran beteiligten sich leider nur noch sieben Personen. Zwei der in der Umfrage enthaltenen Fragen waren bereits Vergleichsgruppen der

Studienvorbereitungsphasen zum WiSe 2021 und 2022 gestellt worden (Burdinski, 2023). Diese Ergebnisse sind zum Vergleich nachfolgend mit dargestellt.

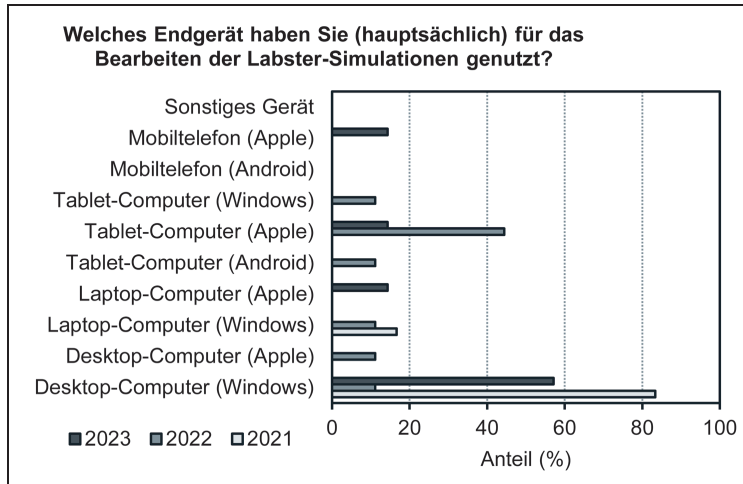


Abbildung 5: Für die Nutzung von Labster (hauptsächlich) verwendete Endgeräte (N = 6 (2021)*, N = 9 (2022)* und N = 7 (2023)). *Daten aus (Burdinski, 2023) (Quelle: eigene Abbildung)

Ähnlich den vorherigen Ergebnissen wurden die Simulationen sowohl auf Desktop- als auch auf Laptop- und Tablet-Computern bearbeitet (Abb. 5). Auch wenn Mobiltelefone unterdessen für die Nutzung sonstiger elektronischer Lehrmedien verbreitet sind, sind die Simulationen hierfür kaum geeignet.

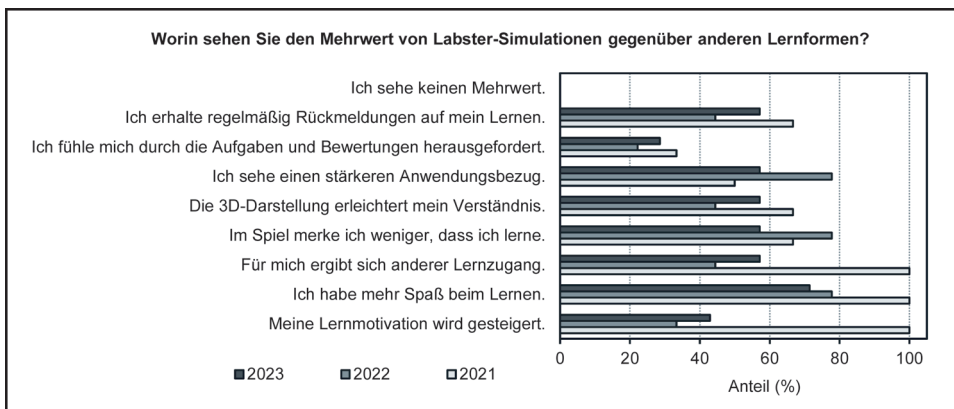


Abbildung 6: Zustimmung zu Aussagen zum Mehrwert von Labster-Simulationen gegenüber anderen Lernformen (Mehrfachauswahl, N = 6 (2021)*, N = 9 (2022)* und N = 7 (2023)). *Daten aus (Burdinski, 2023) (Quelle: eigene Abbildung)

Alle teilnehmenden Studierenden sahen zumindest in einigen Aspekten einen Mehrwert von Labster-Simulationen gegenüber anderen Lernformen (Abb. 6). Die Mehrzahl sah einen Mehrwert in den regelmäßigen Rückmeldungen auf das eigene Lernen, dem stärkeren Anwendungsbezug und der Erleichterung des Verständnisses durch die 3D-Darstellung. Die Aspekte spielerisches Lernen, alternativer Lernzugang und mehr Spaß beim Lernen wurden, wie zuvor, ebenfalls überwiegend als Mehrwert angesehen, wenn auch nicht im gleichen Umfang wie in der Vergleichsgruppe aus der Studienvorbereitungsphase 2022.

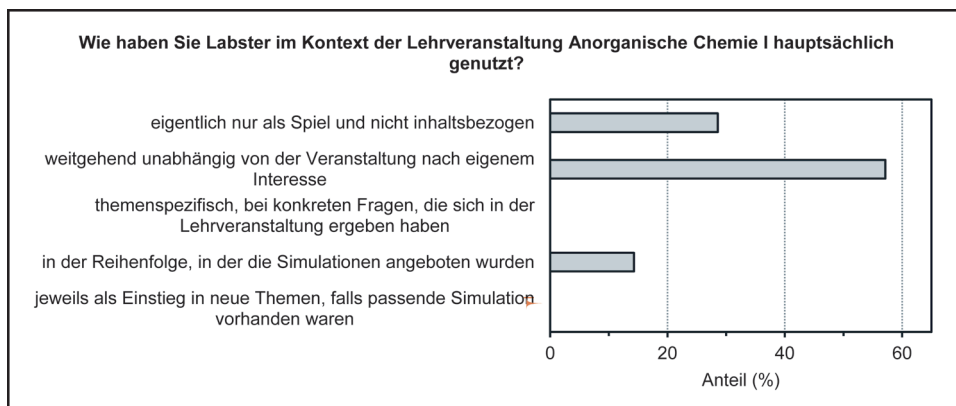


Abbildung 7: Zustimmung zu Aussagen zur Nutzung von Labster-Simulationen im Kontext der Lehrveranstaltung (Einzelauswahl, N = 7) (Quelle: eigene Abbildung)

Hinsichtlich der Motivation zur Nutzung der Simulationen gab es innerhalb der Gruppe Unterschiede (Abb. 7). Während die Mehrzahl der Befragten angab, diese unabhängig von der Veranstaltung nach eigenem Interesse genutzt zu haben, wurden diese in einigen Fällen weitgehend unabhängig von der Lehrplanung im Modul aufgrund der spielerischen Komponenten genutzt. Nur selten wurden die Simulationen nach eigener Aussage in der Reihenfolge genutzt, in der sie angeboten wurden, was sich mit den realen Nutzungsdaten (Tab. 2) deckt.

Auf die Frage „Wie bewerten Sie insgesamt Ihre bisherige Lernerfahrung mit Labster im Vergleich zum Lernen mit sonstigen Medien?“ antworteten Studierende auf einer Skala von -3 (negativ) bis $+3$ (positiv) im Mittel mit einem Wert von $2,1 \pm 0,4$. Dieser Wert lag etwas höher als die Einschätzungen aus vorherigen Befragungen, mit Werten von $1,9 \pm 0,8$ (2022) und $1,7 \pm 1,4$ (2021) (Burdinski, 2023). Insgesamt wurde die Nutzungserfahrung also überwiegend und zunehmend positiv bewertet.

4.3 Studentische Anforderungen an die zukünftige Nutzung von Simulationen

Im Rahmen der abschließenden Befragung zu den 3D-Simulationen wurden die Studierenden nach ihren Anforderungen an solche Simulationen in zukünftigen Lernkontexten gefragt. Die Ergebnisse werden nachfolgend zusammengefasst.

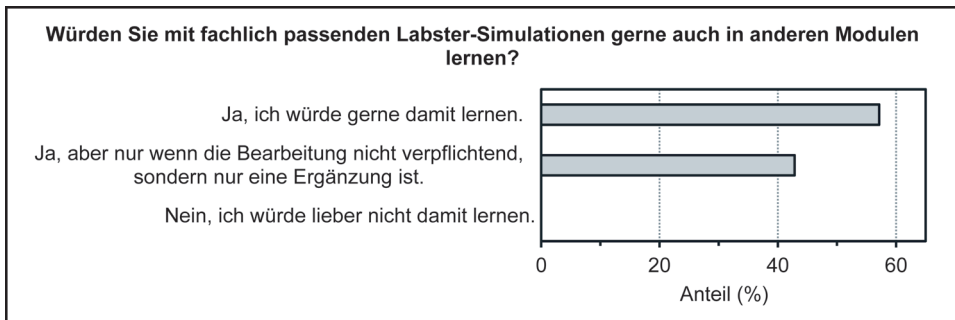


Abbildung 8: Zustimmung zu Aussagen zu einer möglichen zukünftigen Nutzung von Labster-Simulationen in anderen Modulen (Einzelauswahl, N = 7) (Quelle: eigene Abbildung)

Alle befragten Studierenden gaben an, grundsätzlich auch in anderen Modulen mit fachlich passenden Labster-Simulationen lernen zu wollen, allerdings gaben 43 % an, dies davon abhängig zu machen, dass die Bearbeitung nicht verpflichtend, sondern nur eine Ergänzung wäre (Abb. 8). Dies deutet auf eine insgesamt hohe Nutzungszufriedenheit und korreliert mit der Einschätzung des persönlichen Erkenntnisgewinns bei der Arbeit mit den Simulationen (Abb. 4) sowie der grundsätzlich positiven Gesamteinschätzung der Lernerfahrung mit Labster im Vergleich zum Lernen mit sonstigen Medien.

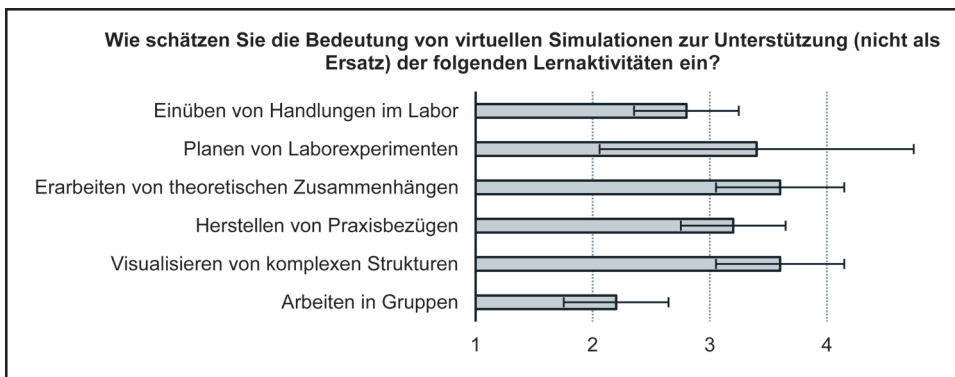


Abbildung 9: Bewertung der Bedeutung von virtuellen Simulationen zur Unterstützung verschiedener Lernaktivitäten auf einer vierteiligen Skala als sehr wichtig (4), wichtig (3), weniger wichtig (2), unwichtig (1) (N = 5) (Quelle: eigene Abbildung)

Bei der Frage nach der Bedeutung von virtuellen Simulationen zur Unterstützung (nicht als Ersatz) verschiedener Lernaktivitäten bewerteten die Studierenden diese für klassische, individuelle Selbstlernaktivitäten, wie das Erarbeiten theoretischer Zusammenhänge sowie das Planen von Laboraufgaben, als wichtig bis sehr wichtig (Abb. 9). Als ebenso wichtig wurde die Unterstützung bei der Visualisierung komplexer Strukturen gesehen, eine klassische Stärke von Simulationsumgebungen, sowie das Her-

stellen von Praxisbezügen, die sich aus den teils aufwendigen Rahmenhandlungen der Simulationen ergeben. Der Unterstützung beim Einüben von Laborhandlungen wurde etwas weniger Bedeutung beigemessen, was Parallelen zu früheren Rückmeldungen bzgl. des Einsatzes von Videos in der Praktikumsvorbereitung zeigt (Burdinski & Rausch, 2021).

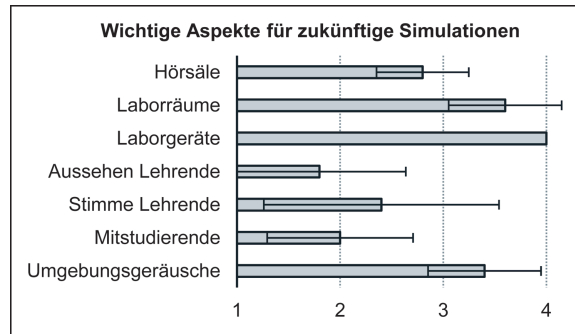


Abbildung 10: Bewertung der Bedeutung verschiedener Gestaltungsaspekte von Labster-Simulationen („virtuelle [...] entsprechen den realen [...]“) auf einer vierteiligen Skala als sehr wichtig (4), wichtig (3), weniger wichtig (2), unwichtig (1) (N = 5, siehe Text für weitere Erläuterungen) (Quelle: eigene Abbildung)

Die Einschätzungen der Studierenden zu wichtigen Aspekten zukünftiger Simulationen sind in Abb. 10 zusammengefasst. Die Studierenden wurden im Detail gefragt: „Nehmen Sie an, dass virtuelle Lernsimulationen in Zukunft modulspezifisch erstellt und hierbei einzelne Aspekte Ihrer Studienrealität angepasst werden könnten, also möglichst realitätsnah modelliert werden könnten. Wie beurteilen Sie in dem Zusammenhang die Bedeutung der folgenden Aspekte für Ihren Lernerfolg?“. Die einzelnen Gestaltungsaspekte waren in der Form „virtuelle [Aspekte] entsprechen den realen [Aspekten]“ formuliert.

Als durchweg sehr wichtig wurde hierbei eine möglichst realitätsnahe Modellierung der Laborgeräte in labornahen Simulationen eingeschätzt. Als ebenfalls wichtig bis sehr wichtig wurden eine realitätsnahe Ausgestaltung der Laborräume (hier stärker als bei Hörsälen) und entsprechender Umgebungsgeräusche angesehen. Deutlich geringere Bedeutung maßen die Studierenden persönlichen Attributen, wie dem Aussehen und der Stimme der Lehrenden, sowie der Modellierung der Mitstudierenden bei, was auf die eher fachliche Orientierung des Nutzungsverhaltens hinweist.

5 Diskussion

Studierende am Campus Leverkusen haben allgemein kaum Erfahrungen mit dem Einsatz von Simulationen in Lehrkontexten und näherten sich diesem Medium in der Vergangenheit eher zurückhaltend (Burdinski, 2023). Gleichzeitig war deren Nutzung im Modul Anorganische Chemie I freiwillig und nicht zwingend für den Lernerfolg

notwendig. Es ist daher wenig erstaunlich, dass von den Studierenden im Modul weniger als ein Drittel die Bearbeitung wenigstens einer solchen Simulation ausprobiert und nur ein Siebtel mehr als drei Simulationen bearbeitet hat.

Im Sinne der Studie schade ist, dass der Anteil der Studierenden, die eine anonyme Rückmeldung zur Arbeit mit Labster gegeben haben, gering war. Nur ein Siebtel der bearbeiteten Simulationen wurde auch umfassend bewertet. Doppelt so hoch war die Rücklaufquote allerdings, sofern die Befragung ohne Systemwechsel angelegt und unmittelbar nach der Simulation gestartet wurde. Dies deutet darauf hin, dass der aktuell notwendige Wechsel zwischen dem hochschuleigenen LMS (ILIAS) und der Labster-Plattform, selbst wenn er nur wenige Klicks erforderte, allgemein eine ernst zu nehmende Hürde für eine intensivere Nutzung darstellt. Labster bietet aktuell (Feb. 2023) kein entsprechendes Plugin für eine Integration in ILIAS an (wohl aber für Moodle und weitere LMS). Eine weitere denkbare Nutzungshürde ist die fehlende Möglichkeit einer anonymen Nutzung: Alle von den Studierenden erzielten Ergebnisse sind für die Lehrenden sichtbar, was einige Studierende von der Nutzung abhalten könnte. Hierbei kann auch bedeutsam sein, dass Studierende ohne Vorerfahrungen im Umgang mit solchen Simulationen weniger sicher beim Einstieg in die Nutzung der Labster-Simulationen zu sein scheinen als solche mit derartigen Vorerfahrungen (Burdinski, 2023).

Mit Blick auf die Studierenden, die die Simulationen aktiv genutzt haben, sind die Ergebnisse zufriedenstellend. Einmal gestartete Simulationen wurden weitgehend abgeschlossen und dabei im Mittel knapp drei Viertel der möglichen Punkte erzielt. Bemerkenswert ist dieses Ergebnis angesichts einer mittleren planmäßigen Bearbeitungszeit für die genutzten Simulationen von 28 Minuten (16–39 min), die die Studierenden im Mittel sogar überschritten haben. Dies lässt auf eine ernsthafte Auseinandersetzung mit den jeweiligen Simulationen schließen.

Ein Beitrag hierzu kann die von den Studierenden wahrgenommene Qualität der Simulationen sein. Die Lernerfahrung wurde auf einer Skala von -3 bis +3 mit einem Wert von $2,1 \pm 0,4$ deutlich besser als die mit anderen Lehrmedien bewertet. Die Simulationen erschienen ihnen überwiegend für den Studieneingangsbereich geeignet und ermöglichten das Gewinnen relevanter Erkenntnisse. Durch die Simulationen konnten Spaß beim Lernen, alternative 3D-Lernzugänge und ein Anwendungsbezug der Lerninhalte vermittelt werden. Das Lernen wurde insgesamt als leichter empfunden, woraus sich auch der Wunsch nach einem entsprechenden simulationsbasierten Lehrmedienangebot auch in anderen Modulen erklärt.

Hinsichtlich der zukünftigen Gestaltung von Lehrsimulationen scheinen die fachbezogenen Aspekte von größerer Bedeutung als personenbezogene Merkmale zu sein. Eine möglichst realitätsnahe Laborumgebung mitsamt den möglichst genau modellierten Laborgeräten wurde für das Lernen als wichtiger angesehen als die realitätsnahe Gestaltung weiterer handelnder Personen. Da auch das virtuelle Arbeiten in Gruppen als nur wenig lernrelevant angesehen wurde, legt dies nahe, derartige Simulationen zukünftig eher als Mittel für das individuelle Selbststudium weiterzuentwickeln als zusätzlich soziale Interaktionen und Gruppenarbeitsprozesse zu integrieren.

und die Lernkomplexität damit weiter zu erhöhen (Makransky et al., 2019; Schäfers et al., 2020). Hierbei ist die möglichst nahtlose Implementierung in bestehende LMS-Strukturen wichtig für eine hohe Akzeptanz und Attraktivität aufseiten der Studierenden (Callaghan et al., 2021).

Im Sinne des hier untersuchten Einsatzes der 3D-Simulationen in einer Hörsaal-gebundenen Inverted-Classroom-Lehrveranstaltung im Studieneingangsbereich sind die Ergebnisse ermutigend. Die Simulationen scheinen die individuelle Auseinandersetzung mit den angebotenen Lerninhalten zu fördern, was zu einer verbesserten Vorbereitung auf die gemeinsamen Präsenzphasen und hier zu einem intensiveren Diskurs und damit nachhaltigeren Lernerfolg führen kann. Praxisbezüge können durch die virtuell eingebundenen Laborexperimente hergestellt werden und alternative Zugänge zu den diskutierten Modellen und Konzepten erleichtern. Simulationen mit vielfältigen Laborelementen sind daher, über den Einsatz in Flipped-Lab-Modellen hinaus (Burdinski, 2020; Agustian & Seery, 2017), auch für die individuellen Vorbereitungsphasen in klassischen Inverted-Classroom-Lehrformaten interessant.

6 Fazit

3D-Simulationen bieten eine neue Möglichkeit, die Selbststudienphase in Lehrveranstaltungen nach dem Inverted-Classroom-Modell interaktiv und immersiv zu gestalten. Aktive Studierende nutzen die Simulationen nach den hier vorgestellten Ergebnissen ernsthaft und ausdauernd. Dabei berichten sie von sehr positiven Lernerfahrungen und können sich den Einsatz solcher Simulationen auch in weiteren Modulen vorstellen. Problematisch gestaltete sich die Nutzung der kommerziellen 3D-Simulationen aufgrund der fehlenden Integrationsmöglichkeit in das verwendete Learning Management System. Durch den Systembruch und fehlende Anonymisierungsmöglichkeiten wurden die Simulationen nicht im gewünschten Umfang genutzt und die genutzten Simulationen wurden nicht umfänglich bewertet. Mit Blick auf eine zukünftige Nutzung in der hier untersuchten Lehrveranstaltung liegt darin das vermutlich größte Verbesserungspotenzial. Entwicklungsmöglichkeiten liegen zudem in einer besseren fachlichen Passung der Simulationen zu den Lehrinhalten der Veranstaltung sowie flexibleren Zugangs- und Nutzungsmöglichkeiten.

Literatur

- Agustian, H. Y. & Seery, M. K. (2017). Reasserting the role of pre-laboratory activities in chemistry education: A proposed framework for their design. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 518–532. <https://doi.org/10.1039/C7RP00140A>
- Ali, N. & Ullah, S. (2020). Review to Analyze and Compare Virtual Chemistry Laboratories for Their Use in Education. *Journal of Chemical Education*, 97(10), 3563–3574. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00185>

- Bishop, J. L. & Verleger, M. A. (2013). The Flipped Classroom: A Survey of the Research. In *2013 ASEE Annual Conference & Exposition*, Atlanta, Georgia.
- Bonde, M. T., Makransky, G., Wandall, J., Larsen, M. V., Morsing, M., Jarmer, H. & Sommer, M. O. A. (2014). Improving biotech education through gamified laboratory simulations. *Nature Biotechnology*, 32, 694–697. <https://doi.org/10.1038/nbt.2955>
- Brown, C. E., Alrmuny, D., Williams, M. K., Whaley, B. & Hyslop, R. M. (2021). Visualizing molecular structures and shapes: a comparison of virtual reality, computer simulation, and traditional modeling. *Chemistry Teacher International*, 3(1), 69–80. <https://doi.org/10.1515/cti-2019-0009>
- Burdinski, D. (2018). YouTube-Kanal “Anorganische Chemie” (<https://t1p.de/3h36>). Retrieved from https://www.youtube.com/channel/UCm4_31RUrgsFAfjnnOidjIw
- Burdinski, D. (2020). Das Flipped Lab als ICM-Adaption für naturwissenschaftliche Laborpraktika. In S. Zeaiter & J. Handke (Hrsg.), *Inverted Classroom - Past, Present & Future: Kompetenzorientiertes Lehren und Lernen im 21. Jahrhundert* (S. 107–122). Tectum Wissenschaftsverlag. <https://doi.org/10.5771/9783828874510-107>
- Burdinski, D. (2022). Wirkungen der Umstellung einer Grundlagen-„Vorlesung“ Anorganische Chemie auf ein Inverted-Classroom-Modell. In U. Fahr, A. Kenner, H. Angenent, A. Eßer-Lügghausen & K. Alessandra (Hrsg.), *Diversität und Bildung im digitalen Zeitalter. Hochschullehre erforschen: Innovative Impulse für das Scholarship of Teaching and Learning* (S. 83–109). Springer VS; Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-34185-5_6
- Burdinski, D. (2023). Lehrvideos und virtuelle Lernumgebungen in der Studieneingangsphase: Anforderungen und Wirkungen im Grenzbereich Schule, Hochschule und Gesellschaft. In L. Mrohs, D. Herrmann, K. Lindner, T. Staake & J. Franz (Hrsg.), *Perspektiven der Hochschuldidaktik. Digitale Kulturen der Lehre entwickeln – Rahmenbedingungen, Konzepte und Werkzeuge* (im Druck). Springer VS.
- Burdinski, D. & Rausch, E. (2021). Teilvirtuelle Umgestaltung eines Chemie-Laborpraktikums - Maßnahmen und Wirkungen. In M. Barnat, E. Bosse, B. Szczyrba, S. Beyerlin, D. Linnartz & S. Gotzen (Hrsg.), *Forschung und Innovation in der Hochschulbildung: Vol. 10. Forschungsimpulse für hybrides Lehren und Lernen an Hochschulen* (S. 193–212). Cologne Open Science.
- Callaghan, N. I., Khaira, S., Ouyang, A., Cadavid, J. L., Chang, H. H., Co, I. L., Diep, P., Ivanov, N., Li, G., Li, N. T., Tran-Nguyen, N., Smith, C., Davenport Huyer, L. & Kilkenney, D. M. (2021). Discovery: Virtual Implementation of Inquiry-Based Remote Learning for Secondary STEM Students During the COVID-19 Pandemic. *Biomedical Engineering Education*, 1(1), 87–94. <https://doi.org/10.1007/s43683-020-00014-z>
- Casselmann, M. D., Atit, K., Henbest, G., Guregyan, C., Mortezaei, K. & Eichler, J. F. (2020). Dissecting the Flipped Classroom: Using a Randomized Controlled Trial Experiment to Determine When Student Learning Occurs. *Journal of Chemical Education*, 97(1), 27–35. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00767>
- Fautsch, J. M. (2015). The flipped classroom for teaching organic chemistry in small classes: Is it effective? *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 179–186. <https://doi.org/10.1039/C4RP00230J>

- Flynn, A. B. (2015). Structure and evaluation of flipped chemistry courses: Organic & spectroscopy, large and small, first to third year, English and French. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 198–211. <https://doi.org/10.1039/C4RP00224E>
- Gabellini, C., Gallner, S., Imboden, F., Kuurstra, M. & Tremp, P. (Eds.) (2021). *Lehrentwicklung by Openness - Open Educational Resources im Hochschulkontext. Dokumentation der Tagung vom 06. März 2021*. Pädagogische Hochschule Luzern; Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5004445>
- Gardner, A., Duprez, W., Stauffer, S., Ayu Kencana Ungu, D. & Clauson-Kaas, F. (2019). *Labster Virtual Lab Experiments: Basic Biochemistry* (1st edition 2019). Springer Berlin; Springer Spektrum.
- Glaeser, S., Kaliva, E. & Linnertz, D. (2018). Die digitale Lehr- und Lerncommunity der TH Köln als strategischer Baustein für die studierendenzentrierte Lehre. In B. Getto, P. Hintze & M. Kerres (Hrsg.), *Medien in der Wissenschaft: Band 74. Digitalisierung und Hochschulentwicklung: Proceedings zur 26. Tagung der Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft e.V.* (1. Ed., S. 101–107). Waxmann.
- Handke, J., Loviscach, J., Schäfer, A.-M. & Spannagel, C. (2012). Inverted Classroom in der Praxis. In B. Berendt, A. Fleischmann, N. Schaper, B. Szczyrba & J. Wildt (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre* (Griffmarke E 2.11, S. 1–18). Raabe-Verlag.
- Jones, N. (2018). The virtual lab: Can a simulated laboratory experience provide the same benefits for students as access to a real-world lab? *Nature*, 562(7725), S5–S7. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-06831-1>
- Kaliva, E. & Glaeser, S. (2021). Kompetenzorientiertes Lernen in der Post-LMS-Ära. *Eleed*, 14(1). <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0009-5-52761>
- Liu, D., Dede, C., Huang, R. & Richards, J. (Hrsg.) (2017). *Smart Computing and Intelligence Series. Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7>
- Makransky, G., Bonde, M. T., Wulff, J. S. G., Wandall, J., Hood, M., Creed, P. A; Bache, Silahtaroglu & Nørremølle, A. (2016). Simulation based virtual learning environment in medical genetics counseling: An example of bridging the gap between theory and practice in medical education. *BMC Medical Education*, 16, 98. <https://doi.org/10.1186/s12909-016-0620-6>
- Makransky, G., Terkildsen, T. S. & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Makransky, G., Thisgaard, M. W. & Gadegaard, H. (2016). Virtual Simulations as Preparation for Lab Exercises: Assessing Learning of Key Laboratory Skills in Microbiology and Improvement of Essential Non-Cognitive Skills. *PloS One*, 11(6), e0155895. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155895>
- Maloney, V. (2016). Conversion of a Lecture Based Organic Chemistry Course Sequence to Fully Flipped Classes with Pertinent Observations from Other Flipped Chemistry Courses. In J. L. Muzyka & C. S. Luker (Hrsg.), *The Flipped Classroom Volume 2: Results from Practice* (Vol. 1228, S. 93–106). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2016-1228.ch006>

- Peechapol, C. (2021). Investigating the Effect of Virtual Laboratory Simulation in Chemistry on Learning Achievement, Self-Efficacy, and Learning Experience. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 16(20), 196. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i20.23561>
- Schäfers, M. S., Schmiedebach, M. & Wegner, C. (2020). Virtuelle Labore im Biologieunterricht. *MedienPädagogik*, 140–167. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2020.08.31.x>
- Seery, M. K. (2015). Flipped learning in higher education chemistry: Emerging trends and potential directions. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 758–768. <https://doi.org/10.1039/C5RP00136F>
- Seery, M. K. & O'Connor, C. (2015). E-learning and Blended Learning in Chemistry Education. In J. García-Martínez & E. Serrano-Torregrosa (Hrsg.), *Chemistry Education: Best Practices, Opportunities and Trends: Best practices, opportunities and trends* (S. 651–669). Wiley-VCH. <https://doi.org/10.1002/9783527679300.ch26>
- Smith, J. D. (2013). Student attitudes toward flipping the general chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 607–614. <https://doi.org/10.1039/c3rp00083d>
- Starkey, L. S. (2019). Teaching with Videos and Animations: Tuning in, Getting Turned on, and Building Relationships. In J. Parr (Hrsg.), *ACS symposium series. Videos in Chemistry Education: Applications of Interactive Tools* (Vol. 1325, S. 35–51). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1325.ch003>
- Wildt, J. & Wildt, B. (2011). Lernprozessorientiertes Prüfen im Constructive Alignment: Ein Beitrag zur Förderung der Qualität von Hochschulbildung durch eine Weiterentwicklung des Prüfungssystems. In B. Berendt, A. Fleischmann, N. Schaper, B. Szczyrba & J. Wildt (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre* (Griffmarke H6.1, S. 1–46). Raabe-Verlag.
- Yousufi & Uranus (2020). An Integrative Review of Flipped Classroom Model. *American Journal of Educational Research*, 8(2), 90–97. <https://doi.org/10.12691/education-8-2-4>

Autor

Burdinski, Dirk, Prof. Dr., Technische Hochschule Köln, dirk.burdinski@th-koeln.de