



Digitale Medien versus Tafel und Kreide – Online- und Hybridlehre in der Theoretischen Physik

C. D. Deters, A. M. Menzel*

Theorie der Weichen Materie / Biophysik, Institut für Physik, Fakultät für Naturwissenschaften, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg

Abstract

Die Wissensvermittlung in der Theoretischen Physik ist nicht an Demonstrationsexperimente und Versuchsaufbauten vor Ort gebunden. Dies bietet eine erhöhte Flexibilität beim Wechsel zwischen Präsenz- und Online-Lehre. Dennoch sind auch hier einige zentrale Punkte zu beachten. Zum einen sind oft eine schrittweise Entwicklung der Inhalte inklusive Erläuterungen der Dozierenden und Rückfragemöglichkeiten essentiell. Zum anderen müssen viele Rechentechniken und symbolische Schreibweisen erst erlernt und geübt werden. Eigenes Schreiben ist hierfür in der Regel unerlässlich. Beim traditionellen Tafelanschrieb und Mitschreiben in Präsenz werden diese Aspekte automatisch berücksichtigt. Beim Wechsel in die Online-Lehre bildeten wir dieses Format ab, indem wir auf synchrone Veranstaltungen setzten, in denen „live“ vor- und mitgeschrieben wurde. Unser Vorgehen evaluierten wir in einer Online-Umfrage. Teilaspekte unserer Herangehensweise werden bei der Rückkehr in die Präsenzlehre weiterhin von den Studierenden bevorzugt, insbesondere eine digitale Ausführung des Live-Anschriebs. Dies unterstützt hybride Lehrformen, die gleichzeitig in Präsenz und online stattfinden, was sicherlich einen wesentlichen Aspekt der zukünftigen Entwicklung universitärer Lehre darstellt.

Knowledge transfer in theoretical physics is not tied to on-site demonstration experiments and experimental setups. This offers increased flexibility when switching between face-to-face and online teaching. Nevertheless, there are some key points to consider here as well. On the one hand, a step-by-step development of the content, including explanations by the lecturer and opportunities to ask questions, is often essential. On the other hand, many calculation techniques and symbolic notations must first be learned and practiced. Writing on one's own is usually indispensable for this purpose. With traditional blackboard writing and taking notes in presence, these aspects are automatically taken into account. When we switched to online teaching, we replicated this format by relying on synchronous events in which "live" writing and taking notes were implemented. We evaluated our approach in an online survey. Several aspects of our format were still preferred by the students when returning to face-to-face teaching, especially a digital version of live writing. This supports hybrid forms of teaching that take place simultaneously in presence on site and online, which is certainly an essential aspect of the future development of university teaching.

*Corresponding author: a.menzel@ovgu.de

1. Einleitung

Im regulären Physikstudium stellt die Theoretische Physik eine wesentliche Säule der Ausbildung dar. Anders als in der Experimentalphysik, die Naturgesetze aus experimentellen Beobachtungen und Messungen ableitet, wird aus wenigen mathematisch formulierten Axiomen mit Hilfe mathematischer Methoden eine mathematische Beschreibung der Wirklichkeit abgeleitet. Dadurch entsteht gleichzeitig eine quantitative Vorhersagekraft. Die Güte einer Theorie wird durch Vergleich der Resultate mit experimentellen Messergebnissen beurteilt.

Daraus werden bereits wesentliche Anforderungen und Fertigkeiten deutlich, die in der Lehre im Rahmen der Theoretischen Physik vermittelt und gelehrt beziehungsweise gelernt werden müssen. Zum Beispiel sind dies logisches und Schritt für Schritt aufeinander aufbauendes Herleiten mathematischer Zusammenhänge und Schlussfolgerungen ausgehend von grundlegenden, mathematisch formulierten Annahmen. Gleichzeitig müssen entsprechende Rechentechniken und dazugehörige Schreibweisen erlernt und eingeübt werden. Ein hohes Maß an Präzision beim Durchführen entsprechender Berechnungen ist notwendig.

Wir beziehen uns mit unserer Darstellung auf unsere Lehrtätigkeit an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg im viersemestrigen Zeitraum vom Wintersemester 2020/2021 bis zum Sommersemester 2022. Unsere Lehrveranstaltungen in diesem Zeitraum wurden abwechselnd in Präsenz unter entsprechenden Hygieneregeln, per vollständig digitaler Online-Lehre sowie in einem hybriden Format, in dem gleichzeitig in Präsenz und online gelehrt wurde, durchgeführt. Diese Entwicklungen erlauben es uns hier, über ein breites Spektrum von Erfahrungen mit unterschiedlichen Formaten zu berichten. Am Ende des Wintersemesters 2021/2022 führten wir eine Evaluation durch, um von den Studierenden quantitative Rückmeldungen zu unseren eingesetzten Formaten und ihren generellen Eindrücken zu bekommen.

Im Folgenden beziehen wir uns auf acht in den genannten vier Semestern von unserer Abteilung durchgeführte Lehrveranstaltungen im Bereich der Theoretischen Physik. Jeweils vier dieser Lehrveranstaltungen sind dem Bachelorstudiengang Physik [1] und dem Masterstudiengang Physik [2] an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg zuzuordnen. Im Detail waren dies die Veranstaltungen Theoretische Mechanik (in Magdeburg Teilmodul 1 des sich über zwei Semester erstreckenden Moduls Mechanik und Elektrodynamik, Bachelor Physik [1]), also die Lehre der Bewegung (und Statik) materieller Körper im Raum unter dem Einfluss bekannter Kräfte – zweimal; Theoretische Elektrodynamik (in Magdeburg Teilmodul 2 des sich über zwei Semester erstreckenden Moduls Mechanik und Elektrodynamik, Bachelor Physik [1]), also die Lehre der Bewegung elektrischer Ladungen im Raum sowie die Wechselwirkung mit und zeitliche Änderung von elektrischen und magnetischen Feldern, inklusive Aspekte spezieller Relativitätstheorie – zweimal; Hydrodynamik und Elastizität (in Magdeburg Teilmodul des Doppelmoduls Physikalisches Wahlpflichtfach mit entsprechenden Vertiefungsrichtungen, Master Physik [2]), also die Lehre des Strömens von Fluiden und der Deformation elastischer Festkörper – zweimal; Theorie der Polymere (in Magdeburg Teilmodul des Doppelmoduls Physikalisches Wahlpflichtfach mit entsprechenden Vertiefungsrichtungen, Master Physik [2]), insbesondere die statistische Beschreibung von Eigenschaften einzelner linearer Polymermoleküle und polymerer Schmelzen – einmal; Statistische Mechanik im Nichtgleichgewicht (in Magdeburg Teilmodul des Doppelmoduls Physikalisches Wahlpflichtfach mit entsprechenden Vertiefungsrichtungen, Master Physik [2]), vor allem zur klassischen Theorie der linearen Antwort, zu statistischen Methoden im Rahmen von Langevin- und Fokker-Planck-Gleichungen sowie zu klassischer Dichtefunktionaltheorie – einmal. Der zeitliche Umfang dieser Veranstaltungen beträgt 6 Semesterwochenstunden (Bachelorveranstaltungen) beziehungsweise 3 Semesterwochenstunden (Masterveranstaltungen). Zwei Drittel davon

entfallen jeweils auf Vorlesungen, ein Drittel auf Besprechungen von Übungsaufgaben. Durch Leistungsnachweise (zum Beispiel erfolgreiches Bearbeiten von Übungsaufgaben, schriftliche oder mündliche Tests) wird jeweils die Zulassung zur Modulprüfung erworben. Die Modulprüfungen zu allen diesen Veranstaltungen finden mündlich statt.

2. Lehre vor der Pandemie

Die Lehre in der Theoretischen Physik fand vor den Entwicklungen um das Covid-19-Geschehen zu großen Teilen in klassischer Präsenzform statt. Dabei wurde, wie bereits eingangs erwähnt, in den meisten Fällen auf traditionellen Tafelanschrieb gesetzt. Diese Lehrform bedient zahlreiche der bereits angedeuteten Erfordernisse in diesem Fach.

Zunächst wird der Lehrinhalt durch das Anschreiben Schritt für Schritt entwickelt. Kausalketten und aufeinander aufbauende Rechenschritte lassen sich auf diese Weise besonders gut vermitteln. Durch die Schreibtätigkeit der Dozierenden wird automatisch ein allzu schnelles Tempo ausgeschlossen. Bei genügend großer Tafel bleiben außerdem die vorherigen Rechenschritte länger fixiert und liegen im weiteren Verlauf vor, so dass auf diese hingewiesen kann, wenn zum Beispiel Zwischenschritte in vorherigen Berechnungen an späterer Stelle weiterverwendet werden. Mündliche Erläuterungen zu den Rechnungen durch die Dozierenden werden häufig als essenziell wahrgenommen, ebenso die Möglichkeit für die Studierenden, direkt „live“ Rückfragen stellen zu können.

Ein wesentlicher Bestandteil der Ausbildung in der Theoretischen Physik besteht darin, das selbständige Ausführen komplexer Berechnungen zu erlernen. Hierzu ist es notwendig, nicht nur Berechnungen logisch nachvollziehen zu können, sondern selbst die Rechenverfahren inklusive der verwendeten symbolischen Schreibweise zu erlernen. Diese Techniken müssen in der Regel durch eigenes Schreiben eingeübt werden. Die Mitschrift in der Präsenzveranstaltung bietet hierfür einen ersten Schritt. Tatsächlich nimmt in der Regel die deutliche Mehrheit der Studierenden in unseren Veranstaltungen die Möglichkeit zum Mitschreiben wahr. Bereits vor der Entwicklung

des Covid-19-Geschehens stellten wir den Studierenden nach dem jeweiligen Veranstaltungstermin das Vorlesungsskript online zur Verfügung. Dadurch kann die Mitschrift bei Unklarheiten oder möglichen Schreibfehlern abgeglichen werden. Außerdem bekommen so Studierende, die nicht an Veranstaltungen in Präsenz teilnehmen konnten, Zugang zu den Inhalten.

Die zeitlich auf die Vorlesungsinhalte abgestimmten Übungsaufgaben waren online verfügbar und wurden früher auch als Papierausdrucke verteilt. Je nach Veranstaltung wurden Übungsaufgaben in Papierform eingereicht und bewertet. In den Übungsveranstaltungen wurden die Aufgaben durch Studierende oder Dozierende an der Tafel vorgerechnet und besprochen.

Je nach Veranstaltung waren unterschiedliche Beiträge zu Leistungsnachweisen zu erbringen, um die Zulassung zur Modulprüfung zu erlangen. Zum Beispiel waren dies ein gewisser Anteil an erfolgreich bearbeiteten Übungsaufgaben, gegebenenfalls Vorrechnen in den Übungsveranstaltungen und schriftliche Leistungsnachweise in Präsenz. Insbesondere wurden hierbei Rechenfertigkeiten nachgewiesen. Die Modulprüfungen aller erwähnten Veranstaltungen sind in Magdeburg in mündlicher Form durchzuführen. Hierbei werden vor allem inhaltliche Kenntnisse und inhaltliches Verständnis geprüft sowie zentrale Formeln und sehr kurze Rechnungen. Diese Einzelprüfungen in Präsenz fanden in der Regel zusammen mit einer:m Beisitzer:in an einem Tisch statt, wobei auf ein Blatt Papier geschrieben wurde.

3. Wechsel in die Online-Lehre

Unsere Lehrveranstaltung im Bachelor Physik startete im Wintersemester 2020/2021 unter entsprechenden Hygienemaßnahmen in Präsenz. Als Medium zur Wissensvermittlung diente der klassische Tafelanschrieb. Aufgrund der pandemischen Entwicklung wurde jedoch nach wenigen Wochen eine Umstellung auf digitale Medien und Online-Lehre notwendig. Entsprechend wurden unsere Veranstaltungen das verbleibende Wintersemester 2020/2021 und das gesamte Sommersemester 2021 vollständig online abgehalten.

Aus den oben dargestellten Gründen setzten wir uns als Ziel, das Erlebnis des Tafelanschriebs in Präsenz mit der Möglichkeit zum Mitschreiben bei der Umstellung auf digitale Formate möglichst abzubilden. Auch die Möglichkeit, in Echtzeit Rückfragen zu stellen, sollte gegeben sein. Wir wählten daher das Format synchroner Online-Live-Veranstaltungen. An der Otto-von-Guericke-Universität stand und steht hierfür die Videokonferenzsoftware Zoom zur Verfügung [3]. Andere häufig verwendete Formate sind zum Beispiel die Besprechung vorbereiteter Folien, Vorlesungsskripte und Lösungen zu Übungsaufgaben in Videokonferenzen; das Bereitstellen vorproduzierter Videos zum eigenständigen asynchronen Studium, gegebenenfalls ergänzt durch zusätzliche synchrone Fragestunden; oder die Ausgabe fertiger Skripte und Lösungen zum eigenständigen Studium mit anschließenden Online-Besprechungen. Alle diese Formate bieten ihre eigenen Vorteile. Jedoch befanden wir aufgrund der geschilderten fachspezifischen Besonderheiten der Lehre in der Theoretischen Physik die Umsetzung als synchrone Online-Live-Veranstaltungen mit „Live-Anschrieb“ am geeignetsten.

Um ein solches, digitales Format zu realisieren, beschafften wir aktive Displays mit Stifteingabe, in unserem Fall Wacom Cintiq 16 [4]. In den Online-Vorlesungen erstellten wir mit einfachen Grafikprogrammen lange leere Seiten, die mittels Zoom in der Videokonferenz für alle Teilnehmenden einsehbar waren („Bildschirm teilen“). Darauf wurde das Skript live angeschrieben. Wie an der Tafel im Hörsaal waren so zum Beispiel in längeren Herleitungen die vorherigen Rechenschritte verfügbar und es konnte darauf durch Zurückscrollen Bezug genommen werden. Farbliche Markierungen als sehr einfaches aber effektives Hilfsmittel sind ebenso möglich. Es wurde darauf geachtet, den Studierenden ausreichend Zeit zum Mitschreiben der Inhalte zu geben, bevor die angeschriebenen Zeilen durch das Weiterscrollen verschwinden. Als Vorteil gegenüber der Verwendung der Tafel im Hörsaal können die Dokumente am Ende gespeichert werden und sind in späteren Veranstaltungen, zum Beispiel bei Rückfragen, Unklarheiten oder bei Bezug auf frühere Herleitungen, weiterhin verfügbar. Zwischenfragen durch die Studierenden waren jederzeit möglich und wurden ermutigt. In der

Praxis ergab sich häufig ein reger Dialog, der kaum von entsprechenden Erfahrungen im Hörsaal in Präsenz zu unterscheiden war, auch wenn fast niemand der Studierenden eine Kamera verwendete. Das Vorlesungsskript wurde den Studierenden nach den Veranstaltungen online zur Verfügung gestellt. Hierzu wurde die zentrale E-Learning-Plattform (Moodle) der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg verwendet [5,6]. In der Regel und außerhalb der Prüfungszeiten nahmen die meisten Studierenden an den Online-Vorlesungen teil.

Die Veranstaltungen zur Besprechung der Übungsaufgaben wurden im selben Format durchgeführt und unterschieden sich nur dahingehend, dass zum Anschreiben direkt das digitale Whiteboard der Konferenzsoftware Zoom verwendet wurde. Hier ist kein fortlaufendes Scrollen sondern ein Umblättern von Seiten implementiert. Aufgrund der klar voneinander abgegrenzten Aufgaben ist dies möglich. Da nur wenige Studierende über entsprechende technische Möglichkeiten verfügten, wurde im Gegensatz zur Präsenzlehre auf das Vorrechnen durch Studierende verzichtet und dieses vollständig durch die Übungsleiter:innen übernommen. Die in den Übungsveranstaltungen besonders zentrale Möglichkeit für Rückfragen unmittelbar zu einzelnen Rechenschritten war weiterhin gegeben und wurde intensiv genutzt. Generell fand die Besprechung der Übungsaufgaben im Online-Plenum und nicht in Zoom-Breakout-Räumen statt.

In den Veranstaltungen zum Bachelor Physik setzten sich die Leistungsnachweise aus erfolgreich bearbeiteten Übungsaufgaben und schriftlichen Zwischentests zusammen. Die Übungsaufgaben wurden digital über die E-Learning-Plattform zur Verfügung gestellt. Nach ungefähr einwöchiger Bearbeitungszeit wurden sie dort durch die Studierenden in digitalisierter Form, zum Beispiel als Scan oder Foto, wieder hochgeladen. Die E-Learning-Plattform erlaubte weiterhin ein digitales Kommentieren und Bewerten der hochgeladenen Lösungen, wobei die Bemerkungen und Bewertungen durch die Studierenden einsehbar waren. Die schriftlichen Zwischentests wurden ebenfalls per E-Learning-Plattform durchgeführt. Zu einem bestimmten Zeitpunkt wurden die Aufgaben freigegeben, die Studierenden

hatten dann einen festgelegten Zeitraum (je nach Test 60 oder 80 Minuten), um die Aufgaben zu Hause zu bearbeiten. Zusätzlich zur Bearbeitungszeit waren 20 Minuten zur Digitalisierung und zum Hochladen der Lösungen vorgesehen. Dabei waren die Studierenden zu eigenständiger Arbeit angehalten und Hilfsmittel waren nicht erlaubt. Wir betonen hier den hohen Grad an Ehrlichkeit und Aufrichtigkeit der Studierenden bei diesem Vorgehen. Bis auf wenige unklare Einzelfälle konnten wir keine offensichtlichen Abweichungen von den Vorgaben oder Täuschungsversuche feststellen. Dennoch werden wir die Zwischentests nach Möglichkeit in Zukunft wieder in Präsenz durchführen. In den Veranstaltungen zum Master Physik bestanden die Leistungsnachweise aus mündlichen Tests, die ähnlich zu den im Folgenden geschilderten Modulprüfungen durchgeführt wurde.

Die Modulprüfungen zu allen gelisteten Veranstaltungen finden in Magdeburg mündlich statt [7]. In digitalen Formaten wurden diese mündlichen Prüfungen ebenfalls mit Hilfe der Videokonferenzsoftware Zoom realisiert. Bei Fragen, die mündlich beantwortet werden konnten, stellte dies kein Problem dar. Bei Fragen, in denen kurze schriftliche Berechnungen oder Formeln als Antworten gefordert waren, konnte ähnlich wie in entsprechenden Präsenzprüfungen mit einem dunklen Stift auf ein Blatt Papier geschrieben werden. Anschließend wurden sie in die Kamera gehalten. Dieses Vorgehen verlief vollkommen problemfrei. Manche Studierende waren auch selbst bereits mit Geräten zur digitalen Eingabe per Stift ausgestattet und durften diese natürlich verwenden.

4. Übergang zurück über die Präsenzlehre in anschließende Hybridlehre

Das Wintersemester 2021/2022 startete an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg wieder mit Präsenzlehre. Dies wurde längere Zeit beibehalten. Erst in der Vorweihnachtszeit und insbesondere mit dem Jahreswechsel wurden unsere Veranstaltungen auf hybride Formate umgestellt. Dies bedeutete ein fortgeführtes Präsenzangebot der Veranstaltungen.

Jedoch konnten die Studierenden ebenso digital teilnehmen und dies frei entscheiden.

Der Übergang von der Präsenz- in die Hybridlehre in der Vorlesung gestaltete sich für uns relativ unproblematisch. Aufbauend auf die Ausstattung für die Online-Lehre führten wir im Vorlesungsraum den Live-Anschrieb mit digitalen Mitteln durch. Die Eingabe erfolgte per aktivem Display mit Eingabestift über einen Laptop und Projektion per Beamer. Anders ausgedrückt wurde nun im Vorlesungsraum das zuvor online erprobte Format des synchronen digitalen Live-Anschriebs umgesetzt.

Gleichzeitig wurde die Schreibfläche auf dem Laptop per Zoom-Videokonferenz als synchrone Online-Veranstaltung geteilt. Laptopmikrofon und Kamera lieferten nach Auskunft der Studierenden ausreichend gute Ton- und Bildqualität. Die Studierenden konnten somit frei entscheiden, ob sie die Vorlesung in Präsenz im Veranstaltungsraum oder als synchrone Online-Veranstaltung digital verfolgten, mit identischem Inhalt, der per Live-Anschrieb vermittelt wurde. Beide Varianten wurden von den Studierenden genutzt, zum Teil im Wechsel. Besonders positiv ist zu vermerken, dass auch in dieser Hybridvariante weiterhin Rückfragen durch die Studierenden erfolgten und Diskussionen entstanden, auch über die Grenzen der Online- und Präsenzteilnahme hinweg.

Für die Abgabe der Lösungen zu den Übungsaufgaben und deren Korrektur nutzten wir weiterhin das digitale Verfahren per E-Learning-Plattform [5]. Die Besprechung der Übungsaufgaben erfolgte weiterhin in Präsenz, wobei hierfür ein genügend großer Hörsaal gefunden werden konnte. Dies ermöglichte das Vorrechnen der Lösungen durch die teilnehmenden Studierenden und direkte Diskussionen und Rückfragen dazu. Die Lösungen wurden ebenfalls per E-Learning-Plattform bereitgestellt. Die schriftlichen Zwischentests führten wir gleichzeitig in Präsenz und entsprechend des oben beschriebenen Verfahrens digital über die E-Learning-Plattform durch, wobei sich die Studierenden frei zwischen den beiden Varianten entscheiden konnten. Beide Varianten wurden zu etwa gleichen Teilen genutzt. Unsere Bemerkungen

oben zur Ehrlichkeit und Aufrichtigkeit der Studierenden trafen weiterhin zu. Die Korrektur und Bewertung erfolgte wiederum per E-Learning-Plattform, wofür wir die analog in Präsenz abgegebenen Lösungen digitalisierten.

5. Rückkehr in die Präsenzlehre

Im Sommersemester 2022 fanden die meisten Lehrveranstaltungen an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg unter entsprechenden Hygienemaßnahmen wieder in Präsenz statt, so auch die von uns angebotenen. Die für uns zentrale Erkenntnis gewannen wir, als wir die Studierenden befragten, welchem Format des Anschreibens sie in den Präsenzveranstaltungen den Vorzug geben würden. Zur Auswahl standen einerseits die digitale Eingabe über ein Display per Eingabestift, Laptop und Projektion per Beamer sowie andererseits der klassische Tafelanschrieb.

Für uns überraschend sprach sich die Mehrheit der befragten Studierenden für den digitalen Live-Anschrieb per Beamer-Projektion auch in der Präsenzveranstaltung aus gegenüber der klassischen, analogen Tafelvariante. Als Grund wurde zum Beispiel die bessere Lesbarkeit und bessere Sichtbarkeit der höher angebrachten Projektionsfläche aus den hinteren Reihen genannt. Hauptsächlich schien den Studierenden aber wichtig, dass die Dozierenden bei der Beamer-Variante beim Schreiben durchgängig den Studierenden zugewandt bleiben und ihnen nicht zwischenzeitlich beim Anschreiben an die Tafel den Rücken zuwenden (siehe auch die Evaluationsergebnisse unten).

Auf Dozierendenseite ist zu vermerken, dass die digitale Variante körperlich deutlich weniger fordernd ist. Allerdings sind merklich längere Auf- und Abbauzeiten vor und nach der Vorlesung erforderlich (jeweils ca. 10 – 15 Minuten) im Vergleich zum Tafelanschrieb. Insgesamt führten diese Erkenntnisse dazu, dass wir seitdem im Vorlesungsbetrieb auf die digitale Variante per Beamer-Projektion umstellten.

Auf diese Weise erhielten während der Online-Lehre entwickelte Routinen nun voraussichtlich auch längerfristig Einzug in die Präsenzlehre vor Ort. Ein wesentlicher Vorteil dieses Vorgehens ist die weiterhin unkomplizierte

Möglichkeit und Flexibilität, die Veranstaltungen hybrid durchzuführen. Dadurch wird Studierenden eine Teilnahmemöglichkeit eröffnet, die aus unterschiedlichen Gründen zu Veranstaltungsterminen in Präsenz verhindert sind. Dieses Angebot wird häufig genutzt, wobei wir eine mehrheitliche Präferenz der Studierenden zur Teilnahme in Präsenz wahrnehmen.

6. Evaluation durch die Studierenden

Um zu einer detaillierteren Einschätzung der Situation der Studierenden und der von uns verwendeten Lehrformate zu gelangen, führten wir am Ende der Vorlesungszeit des Wintersemesters 2021/2022 eine Online-Umfrage per E-Learning-Plattform durch. Der anonymisierte Rücklauf umfasste 17 Teilnehmende. Zumindest Tendenzen lassen sich aus diesem Rücklauf ablesen. Nicht jede Frage musste beantwortet werden, was die schwankenden Zahlen in den unten dargestellten Ergebnissen erklärt. In der Evaluation wurden unterschiedliche Lehrformate verglichen, aber auch Fragen zum Beispiel zum Lernerfolg in der Online-Lehre, zum Umgang mit reduzierten sozialen Kontakten und zum Lernumfeld gestellt.

Zunächst wurden unterschiedliche Lehrformate verglichen, wobei wir zwischen fünf Formaten unterschieden:

- Format 1: Präsenzveranstaltung mit klassischem Live-Anschrieb an der Tafel. Bemerkungen zu diesem traditionellen Format wurden oben angeführt.
- Format 2: Synchroner Online-Veranstaltung per digitalem Live-Anschrieb. Dieses Format entspricht der von uns verwendeten digitalen Variante. Bemerkungen zu diesem Format wurden ebenfalls oben angeführt. Wir sprechen von einer synchronen Veranstaltung, da sich Studierende und Dozierende zeitgleich in einer Videokonferenz treffen und somit in Echtzeit kommunizieren.
- Format 3: Synchroner Online-Veranstaltung mittels vorbereiteter Medien, zum Beispiel Besprechen von Power-Point-Folien oder Durchscrollen eines Vorlesungsskripts bei gleichzeitiger mündlicher Erläuterung

durch die Dozierenden. Auch wenn einzelne digitale Notizen eingefügt werden, steht der Live-Anschrieb hier nicht im Vordergrund.

- Format 4: Asynchrone Online-Veranstaltung. Hierbei bereiten die Lehrverantwortlichen digitale Materialien vor und stellen sie den Studierenden online zur Verfügung. Den Studierenden ist freigestellt, wann genau sie die Materialien abrufen und durcharbeiten wollen. Beispiele hierfür sind aufgezeichnete Videos von Vorlesungen mit Tafelanschrieb, aufgezeichnete

Besprechungen von Power-Point-Folien oder Vorlesungsskripten, also Formate, welche zu einem gewissen Grad synchrone Veranstaltungen nachbilden, aber asynchron und auch wiederholt abgerufen werden können.

- Format 5: Selbständiges Durcharbeiten des Vorlesungsstoffes. Mit diesem Format beziehen wir uns auf das eigenständige (asynchrone) Durcharbeiten traditioneller Lernmaterialien wie Vorlesungsskripte, Lösungen von Übungsaufgaben oder Buchkapitel.

Rein subjektiv, d.h. unabhängig von tatsächlichem Feedback wie Noten, Punktzahlen, etc., wie schätzen Sie Ihren Lernerfolg bei synchronen Onlineveranstaltungen mit Live-Anschrieb ein im Vergleich...

Unter Berücksichtigung von tatsächlichem Feedback wie Noten, Punktzahlen, etc., wie fällt Ihr Lernerfolg Ihrer Meinung nach bei synchronen Onlineveranstaltungen mit Live-Anschrieb aus im Vergleich...

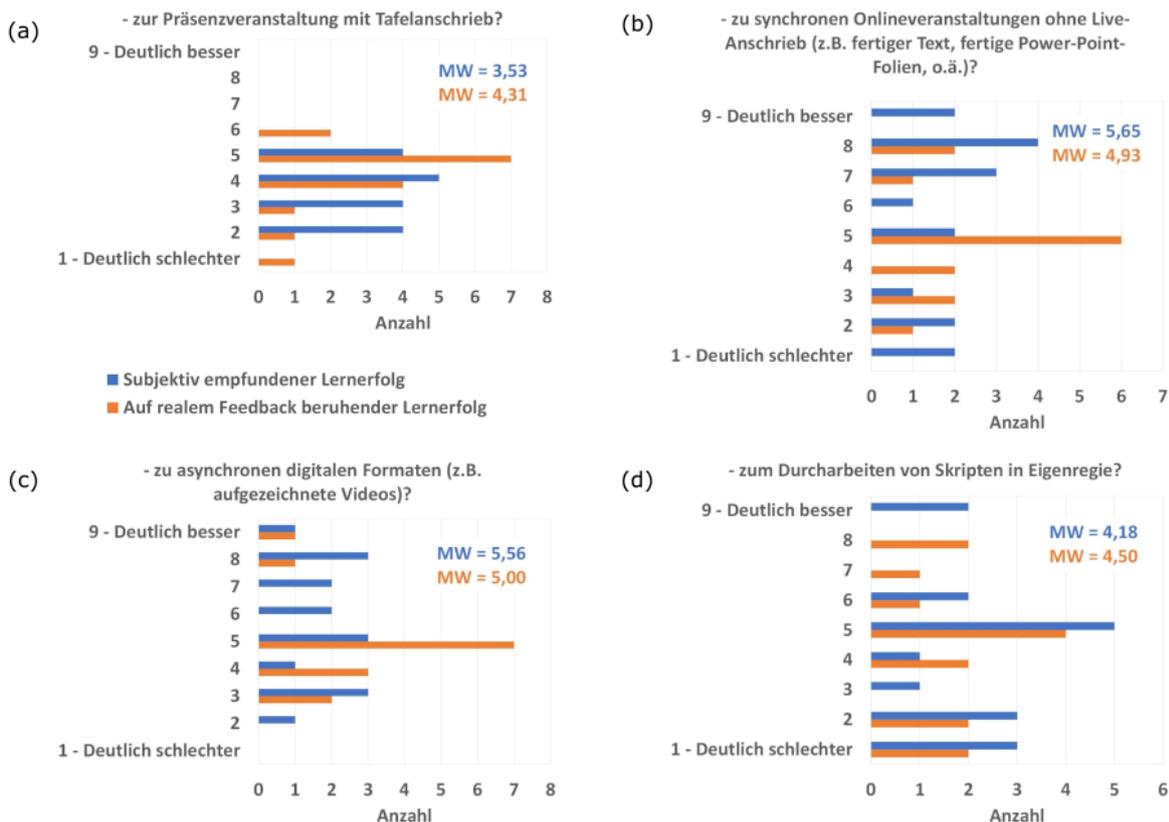


Abb. 1: Einschätzung der Studierenden bezüglich ihres wahrgenommenen Lernerfolgs im von uns angebotenen synchronen Online-Format mit Live-Anschrieb relativ zu anderen Lehrformaten, nämlich (a) der klassischen Präsenzveranstaltung mit Tafelanschrieb, (b) synchronen Online-Veranstaltungen ohne Live-Anschrieb aber anhand von vorbereiteten Folien, Skripten und ähnlichen vorgefertigten Unterlagen, (c) asynchronen digitalen Formaten wie aufgezeichneten Videos und (d) dem eigenständigen Durcharbeiten zur Verfügung gestellter Materialien wie Skripte oder Buchkapitel. Die Rückmeldung erfolgte einerseits entsprechend des subjektiven Eindrucks (blau) und andererseits beruhend auf tatsächlichem Feedback wie Prüfungsergebnissen (orange).

Das zentrale Kriterium bei der Bewertung der aufgeführten Formate war für uns der Lernerfolg der Studierenden. Daher baten wir die

Studierenden um ihre Einschätzung der verschiedenen Formate (Formate 1, 3, 4 und 5 in der Liste oben) relativ zum von uns gewählten

synchronen Online-Format mit Live-Anschieb (Format 2). Wir befragten die Studierenden einerseits nach ihrem subjektiv empfundenen Lernerfolg, also unabhängig von tatsächlichem Feedback durch erzielte Punkte in Leistungsnachweisen oder Ergebnissen in Modulprüfungen, siehe Abb. 1. Andererseits baten wir um eine Einschätzung des Lernerfolgs auf der Grundlage von tatsächlich erfolgtem Feedback, siehe ebenfalls Abb. 1.

Klar erkennbar ist hier, dass die Befragten subjektiv ihren Lernerfolg im Mittel in unserem synchronen Online-Format mit Live-Anschieb (Format 2 in der Liste oben) schlechter einschätzten als in der traditionellen Präsenzveranstaltung (Format 1 in der Liste oben), siehe Abb. 1(a). Diese Aussage neutralisiert sich nahezu, wenn die Studierenden tatsächliches Feedback wie erzielte Punktzahlen und Prüfungsergebnisse einbeziehen. Tatsächlich konnten wir auf der Dozierendenseite im Mittel keinen Abfall des Lernerfolgs unter den Studierenden bei den Leistungsnachweisen und Prüfungen feststellen im Vergleich zu unseren längerjährigen Lehr- und Prüfungserfahrungen vor der Pandemie.

Die anderen synchronen und asynchronen Online-Formate (Formate 3 und 4 in der Liste oben) wurden in dieser Hinsicht durch die Studierenden im Mittel als weniger erfolgreich im Vergleich zum von uns gewählten Format bewertet, siehe Abb. 1(b) und (c). Auffällig ist, dass das eigenständige Durcharbeiten der bereitgestellten Skripte (Format 5 in der Liste oben) im Mittel als vergleichsweise erfolgreicher empfunden wurde, siehe Abb. 1(d). Jedoch neutralisiert sich diese Einschätzung, wenn auch das tatsächliche Feedback, welches die Studierenden zu ihren Leistungen erhielten, einbezogen wird. Insgesamt vermitteln die Umfrageergebnisse den Eindruck, dass die gewählte Kombination der synchronen Online-Veranstaltung mit Live-Anschieb und zusätzlicher Online-Bereitstellung von Vorlesungsskript und Lösungen zu Übungsaufgaben eine sinnvolle Variante im Online-Betrieb darstellt.

Da wir davon ausgehen, dass die (empfundene) Konzentrationsfähigkeit der Studierenden mit dem subjektiven Lernerfolg zusammenhängt, befragten wir die Studierenden bezüglich ihrer Konzentrationsfähigkeit in den

verschiedenen Formaten, siehe Abb. 2. Die Abfrage wurde hier absolut für die fünf oben genannten Formate durchgeführt, nicht relativ zu unserem Online-Format.

Dabei empfanden die befragten Studierenden im Mittel das stärkste Konzentrationsvermögen in Präsenzveranstaltungen mit Tafelanschrieb, gefolgt von dem von uns gewählten synchronen Online-Format mit Live-Anschieb. Interessanterweise erhielt die (häufig in anderen Veranstaltungen gewählte) Lehrform der synchronen Online-Veranstaltung mit fertigen Materialien (ohne Live-Anschieb) im Mittel die schlechteste Bewertung im Hinblick auf die Konzentrationsfähigkeit. Asynchrone Online-Veranstaltungen und das Durcharbeiten von Skripten in Eigenregie wurden bezüglich der Konzentrationsfähigkeit im Mittel besser bewertet als die synchrone Online-Veranstaltung mit fertigen Materialien.

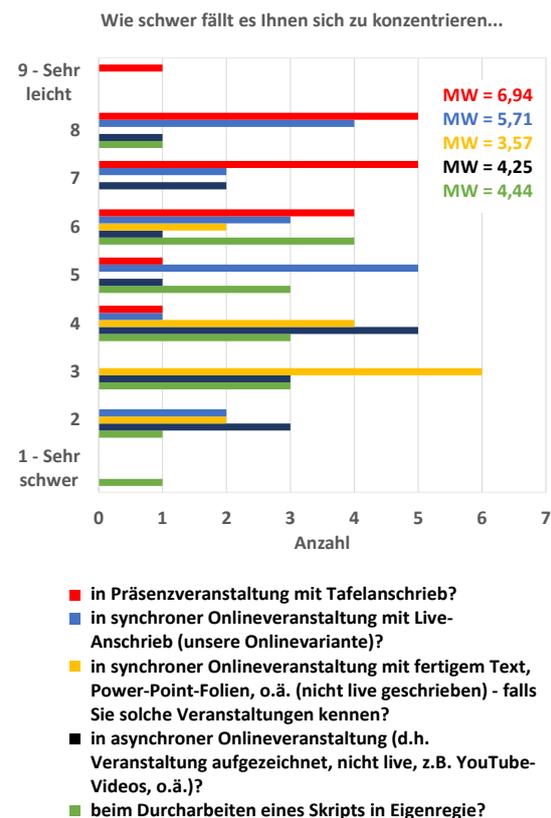


Abb. 2: Einschätzung der Studierenden bezüglich ihrer Konzentrationsfähigkeit in den unterschiedlichen Lehrformaten.

Ein weiteres Indiz dafür, dass einige Studierende Präsenzveranstaltungen mit erhöhter Konzentrationsfähigkeit verknüpfen, ist die

Präsenzteilnahmequote an den Beiträgen zu schriftlichen Leistungsnachweisen. So nahmen wiederholt ungefähr 50 % der Studierenden trotz alternativ angebotener Online-Variante in Präsenz teil. Hier wurde auf die Möglichkeit zur erhöhten Fokussierung verwiesen.

Im Zusammenhang mit der Konzentrationsfähigkeit bei Online-Veranstaltungen war uns noch wichtig herauszufinden, inwiefern es den Studierenden aufgrund ihrer persönlichen Wohnsituation überhaupt möglich war, ein entsprechendes Umfeld zum Verfolgen digitaler Lehrveranstaltungen zu finden.

Wie aus Abb. 3 ersichtlich ist, fällt es einem wesentlichen Teil der Studierenden nicht leicht, in ihrer derzeitigen Wohnsituation eine ruhige Umgebung herzustellen. Dieses Problem lässt sich vermutlich nur schwer durch Anpassen der Online-Lehrformate lösen und spricht sehr für mindestens hybride Formate, an denen zumindest ein Teil der Studierenden in Präsenz vor Ort teilnehmen kann.

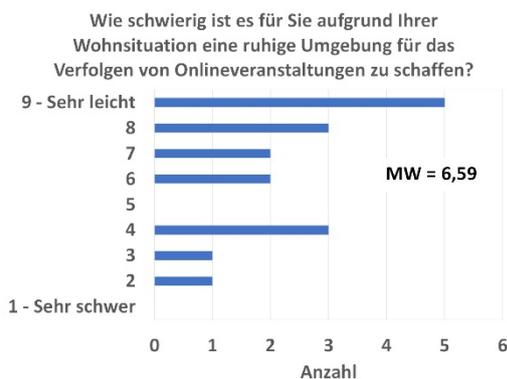


Abb. 3: Rückmeldung der Studierenden bezüglich ihrer Möglichkeit zur Herstellung einer ruhigen Lernumgebung im Hinblick auf ihre Wohnsituation.

Oben erwähnten wir bereits, dass wir die Möglichkeit der Studierenden, während der Veranstaltungen direkte Rückfragen zu stellen, als äußerst wichtige Komponente einschätzen. Daher wollten wir herauszufinden, ob es in der Online-Lehre zu erhöhten Hemmschwellen kommt, in Veranstaltungen Fragen zu stellen. Hier gab die Mehrheit der Studierenden an, in den synchronen Online-Formaten in dieser Hinsicht mehr Hemmungen als in Präsenzveranstaltungen zu verspüren, siehe Abb. 4.

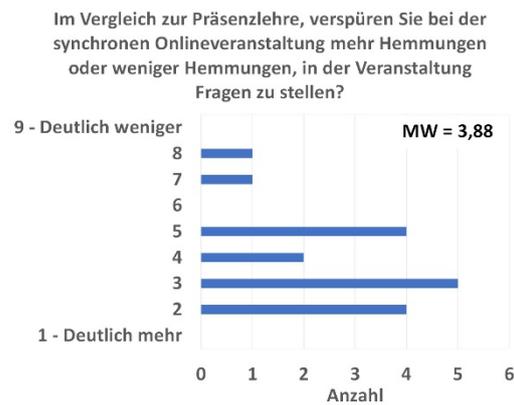


Abb. 4: Persönliche Hürden zum Stellen von Nachfragen im Digitalformat relativ zur Präsenzlehre.

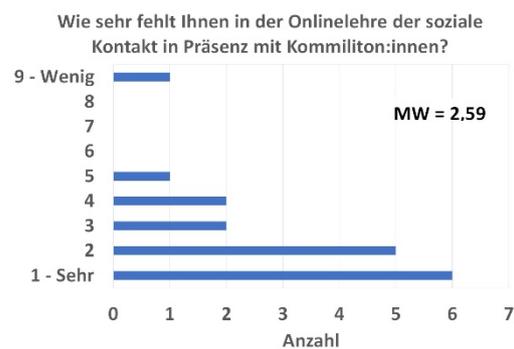


Abb. 5: Rückmeldung zur subjektiven Wahrnehmung des fehlenden sozialen Kontakts zu Kommiliton:innen im Rahmen der Online-Lehre.



Abb. 6: Einschätzung der Studierenden bezüglich der Auswirkungen des sozialen Kontakts zu Kommiliton:innen in Präsenz auf ihren Lernerfolg.

Des Weiteren überrascht wenig, dass den meisten Studierenden im Online-Betrieb der direkte soziale Kontakt zu den Mitstudierenden fehlt, siehe Abb. 5. Interessant ist die Einschätzung der Studierenden, wonach diese fehlende Komponente mitverantwortlich für den im Mittel subjektiv als reduziert empfundenen Lernerfolg im Online-Betrieb ist, siehe

Abb. 6. Auch der fehlende Präsenzkontakt mit den Dozierenden reduziert nach Einschätzung der Studierenden den Lernerfolg, siehe Abb. 7.

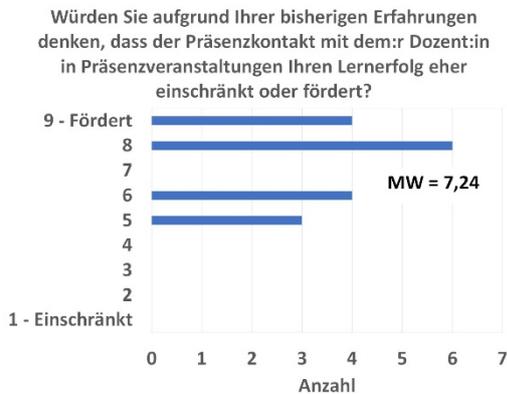


Abb. 7: Einschätzung der Studierenden im Hinblick auf die Auswirkungen des Präsenzkontakts zu den Dozierenden auf ihren Lernerfolg.

Zusammenfassend wollten wir herausfinden, wie die Studierenden insgesamt die von uns angebotenen synchronen Online-Veranstaltungen mit Live-Anschieb im Vergleich zu traditionellen Präsenzveranstaltungen mit Tafelanschrieb bewerten. Wir erwarteten einen deutlichen Unterschied zwischen Vorlesungen und Besprechungen zu den Übungen, da letztere in der Regel stärker durch Diskussionen geprägt sind.

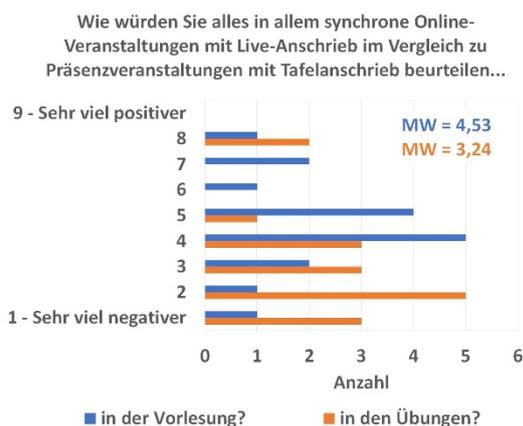


Abb. 8: Unter Berücksichtigung aller Aspekte, Vergleich durch die Studierenden der digitalen Online-Lehre per Live-Anschieb mit der gewöhnlichen Präsenzlehre per Tafelanschrieb, aufgeschlüsselt in Vorlesungs- und Übungsveranstaltungen.

Tatsächlich gibt die Mehrheit der Studierenden im Übungsbetrieb Präsenzveranstaltungen den Vorzug, siehe Abb. 8. Im Gegensatz dazu sehen die Studierenden im Vorlesungsbetrieb

unter Berücksichtigung aller Aspekte im Mittel die synchronen Online-Veranstaltungen mit Live-Anschieb als quasi gleichwertig zu den traditionellen Präsenzveranstaltungen an, siehe ebenfalls Abb. 8. Letzteres betrachten wir als Erfolg der Umsetzung unserer Online-Lehre in diesem Bereich der Theoretischen Physik. Es eröffnet gleichzeitig entsprechende Möglichkeiten bei der Gestaltung zukünftiger Lehrformate.

Abschließend stellte sich für uns die Frage, ob Elemente der Online-Lehre auch zukünftig nach Rückkehr in die Präsenzlehre oder in hybriden Lehrformaten übernommen werden sollten. Wie bereits oben erwähnt, sprach sich die Mehrheit der Studierenden dafür aus, auch in der Präsenzlehre einem digitalen Live-Anschieb per Beamer-Projektion den Vorzug zu geben gegenüber dem traditionellen Tafelanschrieb. Abbildung 9 zeigt die entsprechenden Umfrageergebnisse.

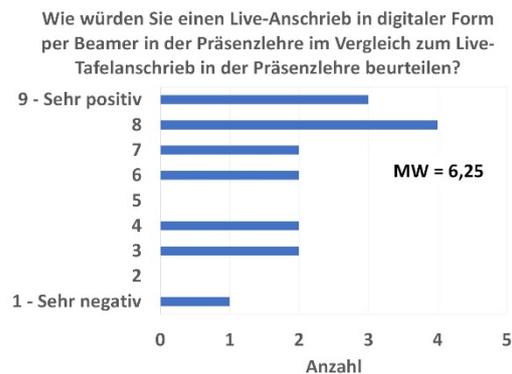


Abb. 9: Bewertung durch die Studierenden des digitalen Live-Anschiebs in der Präsenzlehre relativ zum typischen Live-Tafelanschrieb.

Als Begründungen wurden das einfache Einbinden digitaler Elemente wie Bilder oder Internetseiten sowie der dauerhaft mögliche Zugriff auf alles bereits Geschriebene bei späteren Fragen vermerkt, neben der oben bereits erwähnten besseren Les- und Sichtbarkeit sowie der unterbrechungslosen Zugewandtheit der Dozierenden zu den Studierenden.

7. Eigene Einschätzung

Im Mittelpunkt der Lehre stehen die Studierenden. Ihre Sichtweise wurde im vorherigen Abschnitt ausführlich beschrieben. Wir wollen

dennoch kurz unsere eigenen Eindrücke anführen.

Wir erwähnten bereits, dass der Auf- und Abbau der technischen Geräte sowie das Starten und Beenden der Videokonferenzen vor Ort in den Veranstaltungsräumen bei digitalem Live-Anschrieb ca. 10 bis 15 Minuten an Zeit vor und nach den Veranstaltungen beansprucht, im Gegensatz zum klassischen Tafelanschrieb. Bei eng getakteten Veranstaltungen kann dies einen Konfliktfaktor darstellen. Insbesondere leiden darunter abschließende Diskussionen von wenigen Minuten nach Ende der Veranstaltungen, die sich sonst häufig noch entwickeln. Umgekehrt steht während der Veranstaltungen im Vergleich zum Tafelanschrieb etwas mehr Zeit zur Verfügung, da das Tafelwischen entfällt.

Aus unserer Sicht gibt es noch einen weiteren, möglicherweise wesentlichen Aspekt, der zur beschriebenen, sehr positiven Entwicklung unserer Veranstaltungen beigetragen haben mag. Nachdem die Veranstaltungen zu Beginn der Wintersemester jeweils zumindest wenige Wochen in Präsenz stattfanden, konnten sich fast alle Studierenden und Dozierenden zunächst in Präsenz kennenlernen. Es erscheint uns plausibel, dass dies Kommunikationshemmungen im Online-Betrieb gesenkt und zum regen Austausch auch in den reinen Online-Phasen beigetragen hat. Insbesondere waren die Studierenden nicht verpflichtet, ihre Kamera bei den Online-Veranstaltungen zu verwenden. Ein Fehlen der initialen Präsenzveranstaltungen hätte dadurch vermutlich zu einer sehr anonymen Atmosphäre geführt. Dieser Aspekt sollte gegebenenfalls in Zukunft weiter untersucht werden. Möglicherweise ist es sinnvoll, auch bei reiner Online-Lehre zumindest eine Auftaktveranstaltung in Präsenz zu Beginn des Semesters durchzuführen.

Es überraschte uns nicht, dass Präsenzformate in den Übungsveranstaltungen von den Studierenden als wichtiger empfunden werden als in den Vorlesungen. Auf Seiten der Dozierenden machte sich bei ausgeschalteten Kameras auf Seiten der Studierenden die fehlende Möglichkeit, direkt visuell deren Reaktionen zu erkennen, stärker bemerkbar. Vertiefende Nachfragen und Diskussionen entstanden dadurch in den Übungsbesprechungen

seltener als im Präsenzbetrieb. Die Online-Abgabe der Lösungen zu den Übungsaufgaben funktionierte weitgehend reibungsfrei, wobei die Korrekturen über die E-Learning-Plattform etwas mehr Zeit beanspruchen als bei Abgabe auf Papier. Insgesamt konnten wir keine merkliche Verschlechterung der Leistungen der Studierenden bei der Bearbeitung der Übungsaufgaben im Vergleich zu Präsenzsemestern feststellen. Dasselbe trifft auch auf die weiteren Beiträge zu schriftlichen Leistungsnachweisen zu. Die notwendige Archivierung entsprechender Beiträge in digitalen Formaten ist vergleichsweise einfach möglich. Insgesamt planen wir, die digitalen Verfahren bei der Abgabe und Bewertung von bearbeiteten Übungsaufgaben beizubehalten. Wir werden auch weiterhin Vorlesungsskripte und Lösungen zu Übungsaufgaben nach den Veranstaltungen online per E-Learning-Plattform zur Verfügung stellen.

Die wichtigste neue Erkenntnis für uns aus den Evaluationen ist, dass die Mehrheit der Studierenden auch in den Präsenzveranstaltungen den digitalen Live-Anschrieb mit Projektion per Beamer dem Tafelanschrieb vorzieht. Dies hätten wir anders erwartet. Auch waren wir davon ausgegangen, dass unser Schriftbild an der Tafel ansprechender gestaltet wird, was mehrfach durch Studierende anders bewertet wurde. Zumindest in den Vorlesungen planen wir daher zukünftig auch in Präsenzveranstaltungen verstärkt nach diesem Format vorzugehen, sofern es die technischen und zeitlichen Möglichkeiten erlauben. In den Übungen ist dies weniger praktikabel, wenn unterschiedliche Studierende ihre Lösungen präsentieren.

Insgesamt freuen wir uns darüber, dass wir den Studierenden trotz der gegebenen Umstände um das Covid-19-Geschehen digitale Online- und Hybridveranstaltungen anbieten konnten, die auf große Resonanz stießen. Es lohnte sich, zu Beginn der Umstellung auf die Online-Lehre zu versuchen, die Situation und Notwendigkeiten aus dem Blickwinkel der Studierenden zu betrachten und darauf mit Hilfe des gewählten Formats möglichst gut einzugehen. Allgemein ist unser Eindruck, dass der Studienerfolg bei Online-Formaten noch stärker von der Motivation und Eigenverantwortlichkeit der jeweiligen Studierenden abhängt.

Dass die meisten Studierenden sich diesen Anforderungen erfolgreich stellten, war zum Beispiel klar an der erwähnten Aufrichtigkeit bei der unbeaufsichtigten Bearbeitung im Rahmen der schriftlichen Leistungsnachweise erkennbar. Es freut uns daher sehr, dass im Mittel die fachlichen Leistungen der Studierenden in unseren Veranstaltungen, soweit durch uns beurteilbar, nicht durch die gegebenen Umstände des Covid-19-Geschehens beeinträchtigt wurden.

8. Lessons Learned

Wir gingen davon aus, dass eine schrittweise Entwicklung der Inhalte inklusive Erläuterungen der Dozierenden mit Möglichkeiten zu unmittelbaren Rückfragen, verbunden mit der Motivation zum eigenen Mitschreiben der Formeln und Rechnungen, integrale Bestandteile der Lehre in der Theoretischen Physik darstellen, zumindest im Rahmen der von uns durchgeführten Veranstaltungen. Insgesamt sehen wir diese Annahmen bestätigt. Die positive Resonanz der Studierenden lässt uns darauf schließen, dass die Abbildung eines solchen Vorgehens auch in der digitalen Lehre ein sinnvolles und erfolgreiches Lehrformat in der Theoretischen Physik begründen. Daher werden wir in digitalen Formaten auch weiterhin synchronen Online-Veranstaltungen mit digitalem Live-Anschrieb per Videokonferenz den Vorzug geben.

Die für uns überraschendste Erkenntnis ist im Nachgang, dass die Mehrheit der Studierenden auch in Präsenzveranstaltungen digitales Live-Anschreiben per Display mit Eingabestift, Laptop und Projektion per Beamer gegenüber dem traditionellen Tafelanschrieb bevorzugt. Dies ist von großer Bedeutung, da es den Übergang in unterschiedliche hybride Formate erleichtert, zum Beispiel Präsenzveranstaltungen im Hörsaal kombiniert mit synchronen Online-Übertragungen per Videokonferenz. Derartige Formate dürften in Zukunft sicherlich an Bedeutung gewinnen, auch weil sie die Flexibilität auf der Studierendenseite erhöhen und gegebenenfalls individuellen Situationen besser gerecht werden können. Möglicherweise beeinflussen auch in reinen Online-Formaten initiale Treffen in Präsenz den weiteren Verlauf positiv.

In den Veranstaltungen zur Besprechung von Übungsaufgaben wurden im Online-Betrieb ebenfalls synchrone Veranstaltungen mit digitalem Live-Anschreiben per Videokonferenz bevorzugt. Hier erscheint jedoch die Durchführung in Präsenz dringender als in reinen Vorlesungen.

Insgesamt dürfen wir als Dozierende großes Vertrauen in die Motivation, Leistungsbereitschaft und Aufrichtigkeit der Studierenden bei entsprechenden Veranstaltungen setzen. Dies wurde in unserem Fall insbesondere aus den unbeaufsichtigten schriftlichen Leistungsnachweisen deutlich.

Danksagung

A. M. Menzel dankt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung über das Heisenberg-Programm, Projektnummer ME 3571/4-1.

Literatur

- [1] https://www.verwaltungshandbuch.ovgu.de/Modulhandbücher-media_id-2442.html
(Stand 05.06.2022).
- [2] https://www.verwaltungshandbuch.ovgu.de/Modulhandbücher-media_id-2646.html
(Stand 05.06.2022).
- [3] <https://explore.zoom.us/de/products/meetings/>
(Stand 05.06.2022).
- [4] <https://wacom.com/de-de/products/pen-displays/wacom-cintiq>
(Stand 05.06.2022).
- [5] <https://elearning.ovgu.de/>
(Stand 05.06.2022).
- [6] <https://moodle.de/>
(Stand 05.06.2022).
- [7] <https://www.fnw.ovgu.de/Studium/Prüfungsamt/Studiendokumente/Physik.html>
(Stand 05.06.2022).