

Rainer Lenz & Simon Cremer

Über die Auswirkungen der digitalen Lehre auf den Studienerfolg – dargestellt am Beispiel einer Statistik-Einführungsveranstaltung

Forschung und Innovation in der Hochschulbildung

herausgegeben von

Prof. Dr. Sylvia Heuchemer (Technische Hochschule Köln)

Prof. Dr. Reinhard Hochmuth (Leibniz-Universität Hannover)

Prof. Dr. Niclas Schaper (Universität Paderborn)

Dr. Birgit Szczyrba (Technische Hochschule Köln)

Nr. 14 | 2022 | Research Paper

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbiografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <https://portal.dnb.de/opac> abrufbar.

„Forschung und Innovation in der Hochschulbildung“ ist eine wissenschaftliche Schriftenreihe des Hochschulservers „Cologne Open Science“ der TH Köln. Sie wird herausgegeben von Prof. Dr. Sylvia Heuchemer (Technische Hochschule Köln), Prof. Dr. Reinhard Hochmuth (Leibniz-Universität Hannover), Prof. Dr. Niclas Schaper (Universität Paderborn) und Dr. Birgit Szczyrba (Technische Hochschule Köln).

Die Verantwortung der Beiträge liegt bei den Autor*innen.

Nr. 14 | 2022 | Research Paper

Titelgestaltung: Prof. Andreas Wrede / TH Köln

Layout: Ariane Johanna Larrat / TH Köln

Lektorat und Satz: Ariane Johanna Larrat / TH Köln

URN: urn:nbn:de:hbz:832-cos4-9817

DOI: 10.57684/COS-981

Dieses Werk wurde als elektronisches Dokument über Cologne Open Science, dem Hochschulserver der Technischen Hochschule Köln, publiziert. Abruf unter: <https://cos.bibl.th-koeln.de>



Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird ein auf die Lehre in einer Einführungsveranstaltung Statistik für Wirtschaftsingenieure zugeschnittenes digitales Lehrformat der klassischen Präsenzvorlesung aus früheren Jahren gegenübergestellt. Im Mittelpunkt steht der Vergleich der Prüfungsergebnisse verbunden mit der klassischen Vorlesung in den vier Studienjahren vor der COVID-19-Pandemie mit den Ergebnissen zur Online-Lehrveranstaltung des Studienjahres 2020/2021 – mit dem für die Autoren überraschenden Resultat, dass die Prüflinge unter den neuen Rahmenbedingungen signifikant besser abschnitten als in der Vergangenheit. Die Diskussion der empirischen Ergebnisse schließt Verbesserungspotentiale für künftige Präsenz-, Online- und Hybrid-Lehrveranstaltungen mit ein.

Gliederung

1	Ausgangslage	5
2	Skizze der Lernziele und Lehrinhalte	5
3	Klassische und digitale Lehrstrategien	6
3.1	Rahmenbedingungen der Lehrveranstaltung	6
3.2	Kurzbeschreibung der klassischen Präsenzlehrveranstaltung	6
3.3	Kurzbeschreibung der digitalen Lehrveranstaltung	6
4	Untersuchung des Lernerfolges	7
4.1	Empirische Auswertung der Prüfungsdaten	7
4.2	Auswertung auf Ebene der Taxonomie- und Wissensstufen	10
5	Evaluation und Weiterentwicklung der Lehrveranstaltung	12
5.1	Studentische Evaluation der beiden Lehrformate	12
5.2	Ergebnisse zu Lehrevaluationen in anderen Studien	13
5.3	Überlegungen zur Weiterentwicklung der Lehrveranstaltung	14
6	Fazit und Ausblick	15
7	Literatur	16

1 Ausgangslage

Im Frühjahr 2020 ging ein starkes Beben durch die internationale Hochschullandschaft. Die Ausbreitung der COVID-19-Pandemie hat das Bildungssystem seither vor große Herausforderungen gestellt. In der gebotenen Eile galt es an den Hochschulen, die Präsenz-Lehrveranstaltungen mit möglichst geringem Qualitätsverlust zu digitalisieren, um den Lehrbetrieb bereits im Sommersemester 2020 gewährleisten zu können. Im vorliegenden Beitrag wird über die Erfahrungen der beiden Autoren betreffend eine Einführungsveranstaltung im Fach Statistik berichtet, die einmal jährlich für angehende Wirtschaftsingenieure in einem Bachelor-Studiengang an der Technischen Hochschule Köln (TH Köln) angeboten wird. Vor Ausbruch der Pandemie fanden Vorlesung und Übung ausschließlich in Präsenz statt. Die an der TH Köln zur Verfügung stehende und – wie die Autoren heute wissen – leistungsfähige Lernplattform ILIAS wurde bis dahin hauptsächlich zur Bereitstellung von Materialien wie dem Vorlesungsskript, Präsentationsfolien und Übungsblättern sowie zum Aufbau eines E-Mail-Verteilers genutzt.

Die didaktischen Anforderungen an die Hochschullehre haben in den vergangenen Jahrzehnten im Zuge der sukzessiven Erleichterung der Studienzugangsbedingungen kontinuierlich zugenommen. Viele Studierende haben trotz formaler Hochschulreife Probleme sowohl bei der individuellen Studienorganisation (trotz starrer Vorgaben im Studienaufbau seit Umsetzung der Bologna-Reform) als auch beim autodidaktischen Erlernen von Fachwissen. Für diese Entwicklung ist der Bachelorstudiengang, in dessen Curriculum das hier besprochene Pflichtmodul Statistik im dritten Studiensemester angesiedelt ist, ein gutes Beispiel. Ein beachtlicher Teil der Drittsemester bringt die notwendige mathematische Schulbildung nicht mit. Diese wird nicht nur zur Bewältigung der Lehrveranstaltung Statistik, sondern auch für weitere Module des Studiums wie z. B. Technische Mechanik, Physik, Kosten- und Investitionsrechnung benötigt. Ohne diese Kenntnisse werden höher gesteckte Lernziele unerreichbar. Darüber hinaus ist den betroffenen Studierenden dieser Umstand in vielen Fällen mangels realistischer Einordnung mathematischer Fähigkeiten nicht bewusst. Ihre Erwartung lautet daher nicht selten, in der Modulprüfung mit einer guten Note abzuschneiden, da man zuvor in der Schulzeit stets gute oder sehr gute Mathematikleistungen vorweisen konnte.

2 Skizze der Lernziele und Lehrinhalte

Die Lehrveranstaltung ist ausgerichtet auf die im Wirtschaftsingenieurwesen benötigten Grundkenntnisse in Wahrscheinlichkeitsrechnung und deskriptiver Statistik: Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, im weiteren Studienverlauf und der späteren Berufsausübung selbstständig spezielle Fragestellungen aus der Praxis, z. B. aus den Bereichen Fertigungstechnik oder Qualitätsmanagement, mittels statistischer Datenanalyse zu bearbeiten. Die Modulbeschreibungen des Studiengangs orientieren sich im Kern an der Taxonomie der Lernziele im kognitiven Bereich nach Bloom (1976). Dabei stehen Lernziele wie Denken, Wissen und Problemlösen im Vordergrund. Diese werden in sechs Stufen derart aufsteigend kategorisiert, dass jede Stufe die vorherigen Stufen – zumindest in der Theorie – einschließt. Dem hier besprochenen Modul Statistik ist die vierte Kompetenzstufe ‚Analyse‘ zugeordnet und damit implizit auch die drei darunterliegenden Stufen ‚Wissen‘, ‚Verstehen‘ und ‚Anwenden‘. Gegenstand zur Erreichung dieser Stufen sind die üblichen Grundlagen der deskriptiven Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung, die an dieser Stelle grob skizziert werden.

Der Inhalt ist auf eine vierstündige Veranstaltung abgestimmt, wobei Vorlesung und begleitende Übungen jeweils zwei Semesterwochenstunden einnehmen. In die Übungen ist neben der Bearbeitung der wöchentlichen Aufgabenblätter eine Einführung in die R-Programmierung integriert. Zu Semesterbeginn werden die verschiedenen Phasen einer statistischen Erhebung anhand des Lebenszyklus von Forschungsdaten erläutert und typische grafische Darstellungsformen aggregierter Daten an kleinen Beispielen vorgestellt. Danach folgen die Begriffe der diskreten und stetigen Zufallsvariable samt möglicher Skalentypen, absolute und relative Häufigkeitsverteilungen, Lokations- und Skalenparameter, diverse Zusammenhangsmaße sowie eine kurze Einführung in die Regressions- und Varianzanalyse.

Die Grundlagen der Kombinatorik und Wahrscheinlichkeitsrechnung zählen zu den Pflichtthemen an weiterführenden Schulen. Dennoch ist es notwendig, sie aufgrund der heterogenen Verteilung mathematischer Vorkenntnisse unter Studierenden am Anfang ihres Studiums zu wiederholen und erst danach weiter zu vertiefen. Allerdings fällt die Wiederholung aufgrund der zeitlichen Restriktion in den Lehrveranstaltungen kompakt aus. Die Studierenden erhalten zum Ausgleich diverse Begleitmaterialien zum selbstständigen Nachholen und Festigen. Wiederholt und vertieft werden einfache Zählkoeffizienten der Kombinatorik, diverse Wahrscheinlichkeitsbegriffe mit besonderem Fokus auf den Axiomen von Kolmogoroff, der Begriff der stochastischen Unabhängigkeit verbunden mit den üblichen Theoremen zur bedingten Wahrscheinlichkeit, Kenngrößen von Zufallsvariablen sowie die prominentesten diskreten und stetigen Wahrscheinlichkeitsverteilungen mitsamt charakteristischer Verteilungsparameter. Abschließend werden einige in praxi hilfreiche Reproduktions- und Grenzwertsätze behandelt.

3 Klassische und digitale Lehrstrategien

Zunächst werden in Abschnitt 3.1 die Gemeinsamkeiten der beiden Lehrformate zusammengefasst. Anschließend wird erläutert, wie die beiden Formate der klassischen Präsenzlehre (Abschnitt 3.2) und der digitalen Lehre (Abschnitt 3.3) im Grundlagenfach Statistik durch die Autoren ausgestaltet wurden.

3.1 Rahmenbedingungen der Lehrveranstaltung

Die Veranstaltung wird jährlich im Wintersemester angeboten und ist für Studierende des dritten Studienseesters konzipiert. Neben einer groben Skizze der Lehrinhalte werden gleich zu Semesterbeginn die angestrebten Lernziele und Prüfungsmodalitäten benannt. Es wird den Studierenden empfohlen, sich während des Semesters intensiv mit dem Lehrinhalt auseinanderzusetzen und sich ihrer Eigenverantwortung für das Erreichen der Lernziele bewusst zu werden. Die Lehrveranstaltungen und Begleitmaterialien sind dabei vor allem als Unterstützung beim Verfolgen der angestrebten Lernziele zu verstehen. Auf dem hochschulinternen ILIAS-Portal findet sich ein Ordner zum Pflichtmodul Statistik, der Informationen zur Organisation der Lehrveranstaltung und Begleitmaterialien, wie z. B. ausgewählte Fachliteratur und aktuelle Übungsblätter, bereithält. Diese Materialien umfassen auch ausführliche mathematische Herleitungen zu einigen Theoremen sowie zusätzliche Übungsaufgaben und Musterlösungen zu früheren Klausurblättern. Außerdem wird ein offenes Diskussionsforum zur Veranstaltung angeboten, das von den Studierenden inhaltlich nach frei wählbaren Themen wie bspw. einzelnen Vorlesungskapiteln strukturiert werden kann. Das Forum wird jedoch erfahrungsgemäß eher zur Klärung organisatorischer als inhaltlicher Fragen genutzt.

Im letzten Semesterdrittel werden – sobald verfügbar – die Evaluationsergebnisse vorgestellt und diskutiert. Die abschließende Prüfung wird in der lehrveranstaltungsfreien Zeit in Form einer Klausur in Präsenz abgenommen, wobei sich die fachlich-inhaltlichen Anforderungen während der COVID-19-Pandemie gegenüber früheren Studienjahren nicht geändert haben.

3.2 Kurzbeschreibung der klassischen Präsenzlehrveranstaltung

Die wöchentlichen Lehrveranstaltungen setzen sich zu gleichen Teilen aus Vorlesung und Übungen zusammen. Die vorlesungsbegleitenden Materialien werden den Studierenden über die oben beschriebene ILIAS-Plattform zur Verfügung gestellt. Daneben können die Studierenden individuelle Sprechstunden beim Fachprofessor und seinem wissenschaftlichen Mitarbeiter wahrnehmen.

Die wöchentliche zweistündige Vorlesung findet im Hörsaal für rund 150 Studierende statt. Dabei werden in der Regel eine PowerPoint-Präsentation und die Kreidetafel simultan eingesetzt. Letztere dient zum einen zum Vorführen mathematischer Beweise und ausführlichen Entwickeln der via PowerPoint meist sehr kompakt dargestellten Inhalte. Zum anderen ermöglicht es die Kreidetafel, spontan auf studentische Fragen einzugehen und passende Beispiele zu skizzieren.

Die ebenfalls zweistündigen Übungen werden in vier Gruppen zu verschiedenen Terminen angeboten. Damit ist es für einzelne Studierende möglich, an den Übungen mehrfach teilzunehmen. Jede Woche wird ein neues Übungsblatt, das in der Vorwoche verteilt wurde, besprochen. Regelmäßig werden alte Klausuraufgaben zum jeweils aktuellen Vorlesungskapitel eingestreut. Ergänzend wird im nachfolgenden Sommersemester ein freiwilliges Repetitorium angeboten. Darin ist in Gruppen von maximal fünfzehn Studierenden eine individuelle Betreuung möglich, die besonders eine Unterstützung der in der o. g. Vorlesung leistungsschwächeren Studierenden bspw. bei der Formulierung und manuellen Auflösung mathematischer Gleichungen erlaubt.

3.3 Kurzbeschreibung der digitalen Lehrveranstaltung

Die wöchentlichen Themen werden in Lehrvideos mit einer Dauer von jeweils 15 bis maximal 40 Min. behandelt. Hierbei sind die Inhalte zur besseren Motivation der Studierenden in kleinere Einheiten zerlegt und jeweils ab dem Wochenende für die Folgewoche abrufbar. Auch zu den Übungsblättern werden die zugehörigen Musterlösungen aufgezeichnet, jedoch aus didaktischen Gründen einige Tage zeitlich versetzt online bereitgestellt. Die Inhalte der Lehrvideos sind gerade bei komplexeren Inhalten nicht erschöpfend, sondern vielmehr als Einstieg in die aktuellen Vorlesungskapitel gedacht. Darin werden die statistischen Begriffe und Methoden auf ihre Kernidee reduziert, um den Studierenden den Zugang zu erleichtern und sie in die Lage zu versetzen, im Anschluss tiefere Literatur zu bewältigen und in den wöchentlich angebotenen Online-Lehrveranstaltungen besser zu folgen. Werden bspw. im Lehrvideo die verschiedenen Definitionen eines Mittelwertes (arithmetisches, geometrisches und harmonisches Mittel, Median usw.) vorgestellt, können in der Online-Lehrveranstaltung deren grundlegende Unterschiede und sinnvolle Einsatzmöglichkeiten anhand von Beispielen diskutiert werden. Ein Video zur

linearen Einfachregression kann beispielsweise durch das allgemeine lineare Modell samt Herleitung des Normalgleichungssystems vertieft werden.

Bei den Online-Lehrveranstaltungen werden hauptsächlich Präsentationsfolien genutzt und manuell durch ein Stift-Tablet als Tafelersatz ergänzt. Es findet zwar auch hier Interaktion mit den Studierenden statt, aber mit deutlicher Einschränkung im Vergleich zu den klassischen Präsenzlehreveranstaltungen. Selbst ein virtuoser Umgang mit modernen Medien kann nach Auffassung der Autoren den persönlichen Blickkontakt zwischen Lehrpersonal und Auditorium und einen mit guter Akustik und Kreidetafel ausgestatteten Hörsaal nicht gänzlich ersetzen. Während der Übungen haben die Studierenden die Möglichkeit, konkrete Verständnisprobleme bei der Bearbeitung der wöchentlichen Übungsblätter zu adressieren. Da es zu diesen Übungsblättern vollständige Musterlösungen und Lehrvideos gibt, ist deren ‚sklavisches‘ Abarbeiten im Gegensatz zur klassischen Präsenzlehreveranstaltung nicht nötig. Stattdessen wird die zur Verfügung stehende Zeit dazu genutzt, zusätzliche Aufgaben zu den aktuellen Inhalten zu besprechen.

4 Untersuchung des Lernerfolges

Es wird nachfolgend der Frage nachgegangen, ob und in welche Richtung der durch die COVID-19-Pandemie erzwungene Wechsel der Lehrstrategie einen Einfluss auf das Erreichen der anvisierten Lernziele hat. Hierzu werden in Abschnitt 4.1 basierend auf den Prüfungsergebnissen, also den in den Klausuren durch die Studierenden erzielten Punkten, einige Kenngrößen der deskriptiven Statistik zu beiden Lehrformaten gegenübergestellt und deren Unterschiede via Hypothesentest auf Signifikanz geprüft. Die zu erreichenden Lernziele werden im vorliegenden Fall in Form einer Abschlussklausur während der lehreveranstaltungsfreien Zeit geprüft. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Lernziele in beiden Prüfungsformaten zu Semesterende adäquat geprüft werden. Diese nach Ansicht der Autoren dringende Anforderung wird unter dem Begriff der *konstruktiven Abstimmung* (engl. *constructive alignment*) gehandelt. Für einen seriösen Vergleich der Ergebnisse ist zudem grundlegend, dass die Prüfungsanforderungen in beiden Lehrformaten identisch sind. Dies wird anhand der Taxonomisierung der Lernziele im kognitiven Bereich nach Bloom (1976) in Abschnitt 4.2 mithilfe eines χ^2 -Anpassungstests überprüft. Anschließend werden die beobachtbaren Verschiebungen bei der Erreichung der Lernziele in beiden Lehrformaten diskutiert und verglichen.

4.1 Empirische Auswertung der Prüfungsdaten

Die zur Analyse der Prüfungsergebnisse verwendeten Einzeldaten wurden gewissenhaft gemäß der geltenden Datenschutzgrundverordnung anonymisiert. Hier waren das Entfernen personenbezogener Merkmale wie Name, Fachsemester etc. und der Ersatz der Matrikelnummer durch eine fortlaufende Nummer (sogenannte Pseudonymisierung) ausreichend zum Zwecke des Schutzes vertraulicher Individualinformationen. Bei den Prüfungsergebnissen werden in der Folge nicht die vergebenen Noten, sondern die von den Studierenden in der Prüfung erzielten Punkte betrachtet. Es liegen insgesamt $n = 798$ Beobachtungen aus fünf aufeinander folgenden Studienjahren vor, wobei die jährlichen Kohorten zwischen 140 und 180 Studierenden schwanken.

Im Folgenden messen wir den Lernerfolg anhand einer Zielvariable Y , welche wie zuvor beschrieben die in der Klausur erzielten Punkte definiert. Der Wertebereich dieser Variable ist durch eine kontinuierliche Skala von 0 bis 100 (Angaben in Prozent) bestimmt. Die Unterschiede in den Prüfungsergebnissen bezogen auf das klassische Präsenzsemester auf der einen, und das digitale Semester auf der anderen Seite, sind anhand der Kerndichteschätzung in Abbildung 1 erkennbar. Die Prüfung wurde bei 50 % der erzielbaren Punkte mit der Note 4.0 bestanden, bei wenigstens 95 % der erzielbaren Punkte wurde die Bestnote 1.0 vergeben und dazwischen eine lineare Skala zwecks Zuordnung der Noten verwendet.

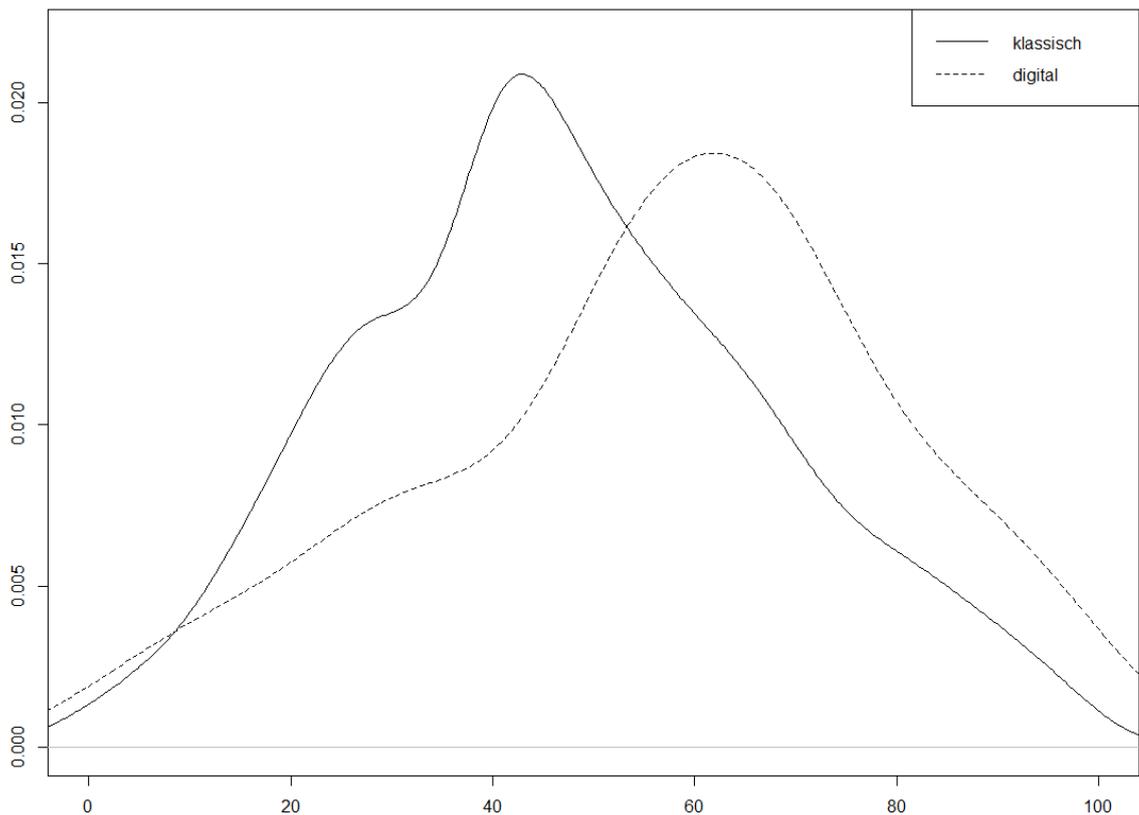


Abbildung 1: Punkteverteilung zu klassischem und digitalem Lehrformat.

Bei der Bestimmung der beiden Kerndichtefunktionen wurden Gauß-Kerne mit adaptiver Bandbreite verwendet. Die linksschiefe Verteilung der Prüfungsergebnisse im digitalen Lehrformat deutet auf eine Verbesserung des Studienerfolgs gegenüber dem klassischen Lehrformat hin. So ergibt sich für die empirische Schiefe der Punkteverteilung im klassischen Format mit $g_m^{(kl)} = 0.21$ ein positiver Wert (Rechtsschiefe). Die zugehörige Verteilung ist in Abbildung 1 (durchgezogene Linie) entsprechend leicht nach links geneigt. Dies bedeutet, dass sich die Prüfungsergebnisse mehrheitlich im unteren und mittleren Bereich der Skala bewegen und gute bis sehr gute Ergebnisse seltener erzielt werden. Im digitalen Format zeigt sich dagegen mit $g_m^{(dig)} = -0.39$ ein von den Autoren unerwarteter negativer Wert (Linksschiefe), der auch anhand der nach rechts geneigten gestrichelten Linie in Abbildung 1 erkennbar ist. Die gegenüber Ausreißern stabileren Quartilkoeffizienten der Schiefe zeigen hier eine schwächere Tendenz und lassen sich auch anhand der beiden Kastengrafiken in Abbildung 2 abschätzen, da sie auf Basis der dort gekennzeichneten Quartile berechnet werden. Dabei wird jeweils die Differenz der oberen und unteren Teilfläche ins Verhältnis zur Gesamtfläche des Kastens gesetzt:

$$g_{0,25} = \frac{(x_{0,75} - x_{0,5}) - (x_{0,5} - x_{0,25})}{x_{0,75} - x_{0,25}}$$

Im klassischen Lehrformat liegt der Quartilkoeffizient der Schiefe bei $g_{0,25}^{(kl)} = 0$ und deutet eher auf eine symmetrische denn auf eine rechtsschiefe Verteilung hin. Im digitalen Lehrformat liegt der Koeffizient mit $g_{0,25}^{(dig)} = -0.17$ weiterhin im negativen Bereich und unterstreicht die Tendenz zu besseren Prüfungsergebnissen bei diesem Lehrformat.

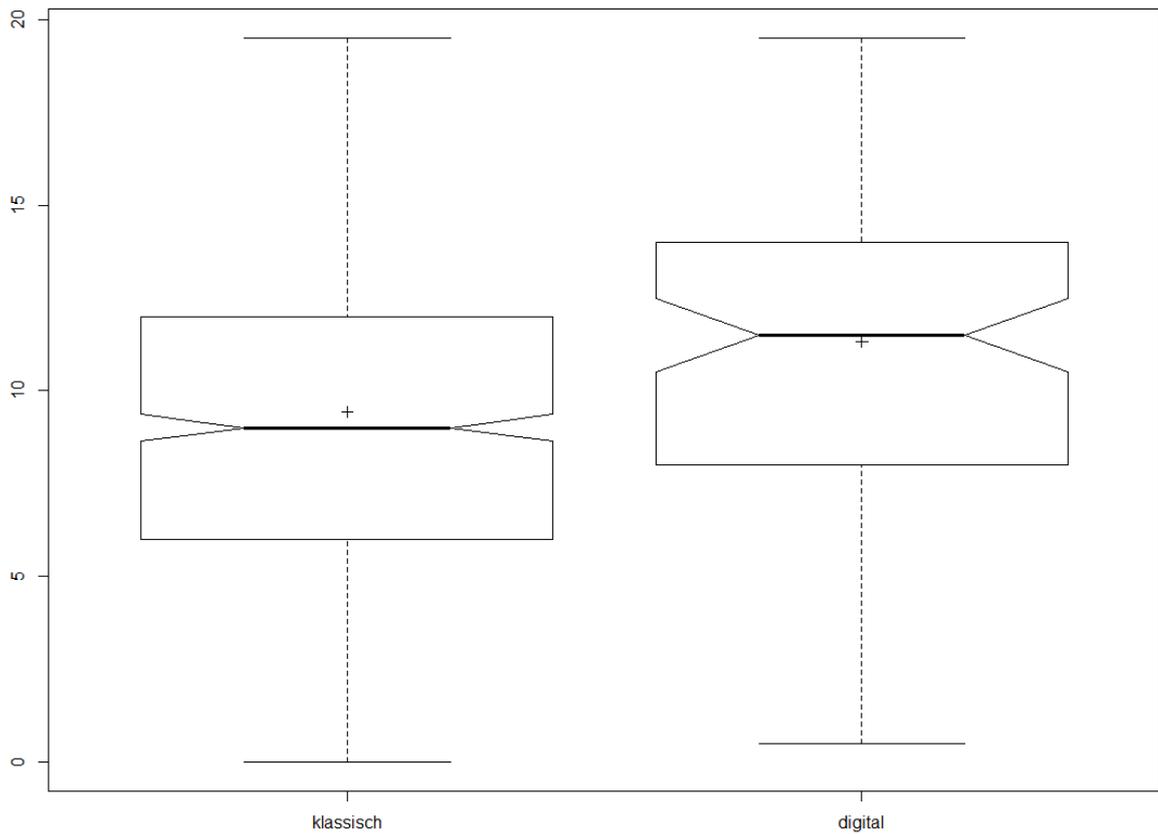


Abbildung 2: Kastengrafiken zu den Prüfungsergebnissen beider Lehrformate.

Die oberen und unteren Begrenzungen der Kastengrafiken, die gelegentlich als ‚Fühler‘ bezeichnet werden, beschreiben die maximalen und minimalen Beobachtungen der zugrundeliegenden Zahlenreihen. Die Einkerbungen in den Kästen beschreiben die Intervallgrenzen der 95-Prozent-Konfidenzintervalle um die Mediane der Beobachtungsreihen. Das bedeutet, dass sich die theoretischen Mediane mit großer Wahrscheinlichkeit im Bereich zwischen den beiden Einkerbungen befinden. Da die entsprechenden Intervalle der beiden Grafiken disjunkt sind, lässt sich folgern, dass sich die Mediane der beiden Stichproben mit $x_{0,5} = 45$ (Studienjahre 2016/2017 bis einschließlich 2019/2020) und $x_{0,5} = 57$ (Studienjahr 2020/2021) signifikant voneinander unterscheiden. Die arithmetischen Mittelwerte sind in den beiden Grafiken durch ein Kreuzchen gekennzeichnet. Auch diese weichen mit $\bar{x}_1 = 47$ und $\bar{x}_2 = 56.5$ deutlich voneinander ab. Um die Unabhängigkeit der beiden Gruppen zu gewährleisten, wurden bei den Berechnungen zum Studienjahr 2020/2021 nur Klausurteilnehmer berücksichtigt, die vor dem Wintersemester 2020/2021 noch keinen Prüfungsversuch unternommen hatten.

Die sichtbare Verbesserung des Lernerfolgs Y mit Wechsel des Lehrformats X kann nun mittels eines einseitigen Zwei-Stichproben t -Tests abgesichert werden. Da die Standardabweichungen der beiden Gruppen mit $s_1 = 20.65$ und $s_2 = 22.95$ merkbar auseinander liegen (s_2 weicht um mehr als zehn Prozent von s_1 ab), wird eine Welch-Korrektur durchgeführt.¹ Die Nullhypothese lautet, dass sich mit Einführung des digitalen Lehrformates keine Verbesserung im Studienerfolg eingestellt hat und der gemessene Anstieg des Lageparameters allein auf Zufallsschwankungen zurückzuführen ist. Im Ergebnis des t -Tests wird $p < .0002$ und $|d| = 1.19$ berichtet. Nach Cohen (1992) darf hier von einem starken Effekt gesprochen werden. Demnach haben sich die Prüfungsergebnisse systematisch verbessert bzw. es kann die Nullhypothese auf sehr hohem Niveau zugunsten der Alternative verworfen werden.

Im nachfolgenden Abschnitt 4.2 wird die Veränderung der Prüfungsergebnisse auf Ebene der Taxonomie- und Wissensstufen einzelner Aufgaben genauer untersucht.

¹ Der t -Test setzt bekanntermaßen gleiche Varianzen in beiden Gruppen voraus. Der p -Wert zum entsprechenden F -Test beträgt 0.16 , weshalb die Annahme der Varianzhomogenität angezweifelt werden darf.

4.2 Auswertung auf Ebene der Taxonomie- und Wissensstufen

Im Klausuraufbau wurden verschiedene Aufgabenformate verwendet und es kamen sowohl Mehrfach- als auch Freitextaufgaben vor. Die Schwierigkeitsgrade der einzelnen Aufgaben variierten dabei zwischen einfachen Definitionsabfragen (zum Beispiel Bestimmung eines Merkmalstyps durch Ankreuzen), konkreten Anwendungen und Verständnisfragen (z. B. die Berechnung einer Regressionsfunktion und Interpretation der Koeffizienten) und Analysen (z. B. die Auswahl eines geeigneten Zusammenhangsmaßes und Diskussion über potenzielle kausale Zusammenhänge von Merkmalen).

Die Auswertung der Prüfungsergebnisse orientiert sich an den von Bloom (1976) vorgeschlagenen sechs Taxonomiestufen im kognitiven Bereich, wobei die von Metzger et al. (1993) vorgeschlagene Vergrößerung der Taxonomie auf drei Stufen berücksichtigt wurde. Die ursprünglich sechs Stufen sind so aufgebaut, dass eine höhere Stufe die darunterliegenden Stufen bei leichter Überlappung einschließt. Nach der angesprochenen Vergrößerung bzw. Zusammenlegung von Stufen liegen im Folgenden drei Taxonomiestufen zugrunde: *T1* (Wiedererkennung und Wiedergabe), *T2* (Verständnis und Anwendung) und *T3* (Analyse). Daneben verteilen sich die Prüfungsaufgaben auf drei Wissenskategorien bzw. Wissensstufen, nämlich *W1* (Faktenwissen), *W2* (Konzeptwissen) und *W3* (Prozedurales Wissen) in Anlehnung an die Modifikation des Bloomschen Konzeptes nach Anderson & Krathwohl (2001). Als zusätzliche Wissensstufe führen Anderson und Krathwohl (2001) das abstrakt einzustufende metakognitive Wissen ein, das aber eher durch Selbsteinschätzung der Studierenden ermittelt werden kann und bei den hier betrachteten Statistikprüfungen nach Auffassung der Autoren nicht abgefragt wurde. Bei der Zuordnung von Aufgaben zu Taxonomie- und Wissensstufen ist grundsätzlich festzustellen, dass es sich streng genommen nicht um Stufen handelt. Zwar steigt mit zunehmender Taxonomie tendenziell auch die Komplexität der Fragestellungen, und auch die Wissensstufen tendieren von konkret zu abstrakt. Es kann aber bei beiden Kriterien Überlappungen von Kategorien geben. Nichtsdestotrotz eignet sich diese Struktur dazu, den Schwierigkeitsgrad von Prüfungsaufgaben systematisch zu untersuchen.

Die Konzeption von Prüfungsergebnissen erlaubt in manchen Fällen, den Teilaufgaben einer bestimmten Aufgabe verschiedene Taxonomie- und Wissensstufen zuzuordnen. Dies setzt voraus, dass die Teilaufgaben unabhängig voneinander bearbeitet werden können und es sich klar trennen lässt, welches Lernniveau die Prüflinge bei der korrekten Bearbeitung einer Teilaufgabe erreicht haben. Es kommt gelegentlich auch vor, dass auf dem Weg zur Lösung einer Aufgabe implizite Überlegungen oder Berechnungen von geringerer Taxonomie und anderem Wissensniveau zu Teilpunkten und gleichzeitig zur Erreichung einer niedrigeren Taxonomiestufe (gemessen an der Taxonomie der gesamten Aufgabe) führen, sofern die Aufgabe danach nicht zu Ende bearbeitet wurde. In den meisten Fällen werden den Aufgaben jedoch eindeutige Taxonomie- und Wissensstufen zugeordnet. Die Mehrheit der Aufgaben einer typischen Statistiklausur ist im vorliegenden Fall der Taxonomiestufe *T2* und der Wissensstufe *W2* zuzurechnen. Nachfolgend ist die Verteilung der Prüfungsaufgaben auf Taxonomie- und Wissensstufen im klassischen (Tabelle 1) und digitalen Lehrformat (Tabelle 2) dargestellt, wobei im klassischen Format über vier Studienjahre gemittelt wurde.²

	Wiedererkennung und Wiedergabe (T1)	Verständnis und Anwendung (T2)	Analyse (T3)	Summe
Faktenwissen <i>W1</i>	0.0	8.7	0.0	8.7
Konzeptwissen <i>W2</i>	7.7	34.0	7.8	49.5
Prozed. Wissen <i>W3</i>	6.5	24.3	11.0	41.8
Summe	14.2	67.0	18.8	

Tabelle 1: Verteilung der Prüfungsanforderungen im klassischen Lehrformat.

² Bei der Berechnung wurden sämtliche Prüfungen in den betreffenden Studienjahren betrachtet. Für jedes Aufgabenblatt wurde die Anzahl der in einer Kombination aus Taxonomie- und Wissensniveau erzielbaren Punkte bestimmt und mit der Zahl der Prüflinge multipliziert. Am Ende wurden die Zahlen durch die Gesamtzahl der in allen Prüfungen erzielbaren Punkte dividiert.

	Wiedererkennung und Wiedergabe (T1)	Verständnis und Anwendung (T2)	Analyse (T3)	Summe
Faktenwissen W1	0.0	11.3	0.0	11.3
Konzeptwissen W2	11.1	37.6	5.2	53.9
Prozed. Wissen W3	5.2	18.5	11.1	34.8
Summe	16.3	67.4	16.3	

Tabelle 2: Verteilung der Prüfungsanforderungen im digitalen Lehrformat.

Die Unterschiede in den beiden Tabellen sind damit zu erklären, dass die Verteilung der Anforderungen von Prüfung zu Prüfung leichten Schwankungen unterworfen ist. Um die Hypothese zu untermauern, dass sich die beiden Verteilungen tatsächlich nur geringfügig unterscheiden, wurde ein χ^2 -Anpassungstest durchgeführt. Der zugehörige p -Wert von 0.7215 legt zumindest keine Ablehnung dieser Nullhypothese nahe und deutet auf ein ähnliches Prüfungsdesign hin. Nichtsdestotrotz ist eine leichte Verschiebung des Anspruchsniveaus hinsichtlich der Wissensstufen zu beobachten. In den Prüfungen zum digitalen Lehrformat wurden tendenziell weniger Aufgaben zur Wissensstufe W3 gestellt, was durch die Zeilensummen der Tabellen belegt wird. Aus den gerundeten 0.0-Einträgen der Tabellen geht hervor, dass nicht oder vernachlässigbar selten zu den Taxonomie- und Wissensniveaus (W1,T1) und (W1,T3) geprüft wurde.

Interessanter ist der nachfolgende Blick auf die studentischen Erfolge bei der Bearbeitung von Prüfungsaufgaben mit Blick auf Taxonomie- und Wissensniveau. Der prozentuale Anteil korrekt bearbeiteter Aufgaben ist für die beiden Lehrformate in den Tabellen 3 (klassisch) und 4 (digital) dargestellt.

	Wiedererkennung und Wiedergabe (T1)	Verständnis und Anwendung (T2)	Analyse (T3)	Summe
Faktenwissen W1	0.0	46.1	0.0	46.1
Konzeptwissen W2	79.9	67.2	16.8	61.3
Prozed. Wissen W3	68.7	26.4	24.8	32.4
Summe	74.8	49.6	21.5	47.9

Tabelle 3: Erfolgreiche Bearbeitung der Prüfungen im klassischen Lehrformat.

	Wiedererkennung und Wiedergabe (T1)	Verständnis und Anwendung (T2)	Analyse (T3)	Summe
Faktenwissen W1	0.0	60.9	0.0	60.9
Konzeptwissen W2	77.9	58.2	51.0	61.6
Prozed. Wissen W3	22.9	64.9	17.9	43.6
Summe	60.3	60.5	28.5	55.2

Tabelle 4: Erfolgreiche Bearbeitung der Prüfungen im digitalen Lehrformat.

Bei den Tabellen 3 und 4 handelt es sich nicht um Häufigkeitsverteilungen. Hierzu betrachte man beispielhaft das Tabellenfeld ($W2, T2$) in Tabelle 3, welches den Wert 67.2 aufweist. Dies bedeutet, dass im klassischen Lehrformat gut zwei Drittel der Prüfungsaufgaben der Kombination aus Taxonomiestufe $T2$ und Wissensstufe $W2$ korrekt bearbeitet bzw. dass 67.2 Prozent der in diesen Aufgaben erreichbaren Punkte erzielt wurden.

Die Unterschiede der Tabellen werden bereits mit Blick auf die Randverteilungen deutlich. Hinsichtlich der Zeilensummen fällt auf, dass das Wissensniveau bei den digitalen Prüfungsergebnissen gegenüber den Ergebnissen im klassischen Lehrformat, besonders in den Wissensstufen $W1$ und $W3$, angehoben wurde. Die Spaltensummen beider Tabellen deuten darauf hin, dass auf Ebene der Taxonomie eine Verschiebung von $T1$ nach $T2/T3$ stattgefunden hat. So wurden bei den Prüfungen zum klassischen Lehrformat 74.8 Prozent der Aufgaben zu Stufe $T1$ korrekt bearbeitet, im digitalen Lehrformat schlugen hier lediglich 60.3 Prozent zu Buche. Auf der anderen Seite wurden Aufgaben von höherer Taxonomiestufe ($T2$ oder $T3$) im digitalen Format erfolgreicher bearbeitet. Die Autoren führen dies darauf zurück, dass in Präsenzübungen eine häufige Wiederholung einfacher Aufgaben stattfindet. Es wird erfahrungsgemäß sehr ausführlich auf die Fragen leistungsschwächerer Studierender eingegangen, um grundlegende Begriffe und Definitionen zu festigen und durch die Wiederholung eine Routine zu entwickeln. Bei den Online-Übungen haben die Autoren dagegen insgesamt bei allen Teilnehmern eine größere Zurückhaltung beobachtet, es gibt deutlich weniger Interaktionen zwischen Dozent und Studierenden.

5 Evaluation und Weiterentwicklung der Lehrveranstaltung

Die Rückmeldungen von Studierenden sind, gerade bei regelmäßig angebotenen Lehrveranstaltungen im Pflichtbereich, sehr hilfreich für die kontinuierliche Weiterentwicklung der Veranstaltung. In Abschnitt 5.1 werden die Evaluationsergebnisse der verschiedenen Lehrformate gegenübergestellt. Im darauffolgenden Abschnitt 5.2 werden weitere Lehrevaluationen aus vergleichbaren Studien skizziert. Anschließend wird in Abschnitt 5.3 besprochen, wie die Erkenntnisse aus den Lehrevaluationen in künftige Lehrveranstaltungen zum Pflichtmodul Statistik einfließen können.

5.1 Studentische Evaluation der beiden Lehrformate

Im Studienjahr 2020/2021 wurde keine strukturierte Lehrevaluation durchgeführt. Dennoch konnte in der Abschlussveranstaltung ein allgemeines Meinungsbild eingeholt werden. Besonders positive Resonanz erfuhren darin die Lehrvideos, die von den Studierenden aufgrund der Möglichkeit des mehrfachen Anschauens, des Zurückspulens und der individuellen Zeiteinteilung im Zweifel sogar mehrheitlich einer klassischen Vorlesung vorgezogen würden. Daneben wurden die strukturierte Ablage der Begleitmaterialien auf der ILIAS-Plattform und das Diskussionsforum mit detaillierten Anregungen zur Verbesserung als hilfreich empfunden. Auch die wöchentlichen Online-Lehrveranstaltungen wurden positiv beurteilt, wenngleich Professor, wissenschaftlicher Mitarbeiter und studentischer Tutor eine im Vergleich zu Präsenzzeiten geringe aktive Beteiligung der Studierenden erlebten. Nichtsdestotrotz hat die Mehrheit der Studierenden den persönlichen Kontakt zu den Dozenten und auch zu den eigenen Mits Studierenden vermisst.

Im Wintersemester 2021/22 wurde erneut eine strukturierte Lehrevaluation durchgeführt. Das digitale Lehrformat im Wintersemester 2021/22 hat sich gegenüber dem Wintersemester 2020/21 in der Zwischenzeit leicht geändert. Zum einen wurden die digitalen Materialien gegenüber dem Vorjahr didaktisch weiterentwickelt. Zum anderen wurden neben den Online-Übungen nun auch Präsenzübungen (zum selben Inhalt) angeboten, wobei letztere von etwa einem Viertel der Teilnehmer regelmäßig wahrgenommen wurden. Es handelte sich im Wintersemester 2021/22 also formal um eine hybride Lehrstrategie. Die nachfolgende Gegenüberstellung der Lehrevaluationen aus dem Wintersemester 2019/20 (letztes Präsenzsemester vor Ausbruch der COVID-19-Pandemie) und dem Wintersemester 2021/22 ist dennoch oder gerade wegen des zusätzlichen Angebots an Präsenzübungen aufschlussreich.

Die allgemeinen Rahmenbedingungen wurden in beiden Lehrevaluationen mit 2.0 bewertet. Der Dozent wurde im klassischen Lehrformat mit 1.6 und im digitalen Lehrformat mit 1.7 bewertet. Der durchschnittliche wöchentliche Arbeitsaufwand zur Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltung zeigte im klassischen Format einen arithmetischen Mittelwert von $\bar{X} = 4.4$ und eine Standardabweichung von $s = 1.7$, im digitalen Format $\bar{X} = 4.1$ und $s = 1.6$. Die Frage, ob der zeitliche Aufwand angemessen sei, beantworteten im klassischen (bzw. digitalen) Lehrformat 77.8 (bzw. 90.5) % der Studierenden mit ‚Ja‘ und 22.2 (bzw. 9.5) % der Studierenden mit ‚Nein‘. Dies scheint interessant vor dem Hintergrund, dass beide Vergleichsgruppen in etwa die gleiche wöchentliche Arbeitszeit in die Lehrveranstaltung investierten. Dennoch wurde dieser Aufwand im digitalen Lehrformat von einem größeren Anteil der Studierenden als angemessen eingestuft. Dies lässt sich so interpretieren, dass sich die Studierenden im digitalen Lehrformat mit dem aufgebrauchten Zeitaufwand etwas besser für die Prüfung gewappnet sahen bzw. eher dachten, dass sich der (theoretisch) angemessene Arbeitsaufwand mit dem eigenen Aufwand decke. Allerdings ist den Autoren nicht bekannt, inwieweit sich während der COVID-19-Pandemie Verschiebungen bei den Arbeitsaufwänden zu anderen

Lehrmodulen ergeben haben. Zumindest deutet hinsichtlich der fachlichen Vorkenntnisse nichts auf einen großen Unterschied zwischen beiden Gruppen hin: Beim klassischen Lehrformat wurde die Frage „Haben Sie die fachlichen Voraussetzungen, um der Lehrveranstaltung gut folgen bzw. sich aktiv beteiligen zu können?“ von 56.6 % der Studierenden mit ‚Ja‘ und den verbleibenden 44.4 % mit ‚Teilweise‘ beantwortet. Nahezu deckungsgleich entschieden sich im digitalen Lehrformat 54.5 % der Studierenden für ‚Ja‘ und 45.5 % für ‚Teilweise‘. Die Antwortoption ‚Nein‘ wurde in beiden Befragungen nicht ausgewählt.

Im letzten Teil der Evaluation bestand die Möglichkeit, im Freitext Rückmeldungen an den Dozenten zu geben. Zum klassischen Lehrformat gab es dabei deutlich weniger Rückmeldungen als zum digitalen Format, mit großer Variation bei der Bewertung (Auswahl): „Vorlesung und Übung hervorragend“ – „Übung top“ – „Vorlesung zu schnell“ – „wenig Zeit zum Mitschreiben“ – „(Bitte um) Digitalisierung des Tafelbildes“ – „Musterklausuren schon zu Beginn des Semesters rechnen“.

Beim digitalen Lehrformat wurden besonders die Lehrvideos positiv bewertet (diese machten etwa zwei Drittel aller Beiträge aus). Daneben wurde das wahlweise Angebot der Präsenzübungen von mehreren Studierenden gelobt und bemerkt, dass sie daran aktiver teilnahmen als bei den Online-Übungen zu anderen Lehrveranstaltungen.³ Konkrete Verbesserungsvorschläge bezogen sich ebenfalls auf die Qualität der Lehrvideos zu Vorlesung und Übung: Hier wurde mehrfach um weitere Beispiele gebeten und die Vortragsgeschwindigkeit angesprochen (teilweise zu schnell, teilweise zu langsam).

5.2 Ergebnisse zu Lehrevaluationen in anderen Studien

Die hier geschilderten Erfahrungen decken sich mit der Studie von Friede et al. (2020), in der im Sommersemester 2020 knapp 3.200 Bachelorstudierende der TH Köln zu ihren Erfahrungen während des digitalen Semesters befragt wurden. Negativ wurde besonders der Mangel an persönlichem Austausch untereinander und mit dem Lehrpersonal bewertet. Die Hemmschwelle, in den Online-Lehrveranstaltungen Fragen zu stellen, war für einen Teil der Befragten zu hoch. Daneben wurden auch die Gespräche untereinander zwischen den Lehrveranstaltungen vermisst. Positiv bewertet wurden dagegen die höhere räumliche und zeitliche Flexibilität sowie auch hier die Bereitstellung von Lehrvideos und Vorlesungsaufzeichnungen. Diese könnten an beliebiger Stelle unterbrochen und wiederholt angeschaut werden, was mehr Zeit für Notizen und eigene Recherchen böte. Außerdem gaben die Studierenden an, dass sich ihre digitalen Kompetenzen und die Fähigkeit eines selbstregulierten Lernens deutlich verbessert hatten. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt eine ebenfalls im Sommersemester 2020 durchgeführte Studie an der Hochschule Magdeburg-Stendal, die zum Ziel hatte, Erfahrungen mit dem digitalen Lernen, Beraten und Prüfen zu erfassen und auszuwerten, um für die zukünftige Online- und Präsenzlehre relevante Faktoren aufzudecken. An der Befragung nahmen 182 Studierende teil. „Studierende lernen dann gut, wenn ihnen eine orts- und zeitunabhängige Nutzung des Lehrangebots ermöglicht wird; durch Vorschau- und Wiederschau-Möglichkeiten von Lehrvideos bzw. lehrveranstaltungsorientierte Vorinformations- und prüfungsbezogene Nachlese-Möglichkeiten“ (Albrecht & Hawlitschek, 2021, S. 829).

In Rieger (2021) wurde eine Umfrage an fünf Hochschulen ausgewertet, namentlich an den Universitäten in Trier, Göttingen und Dortmund, der WHU – Otto Beisheim School of Management und der Hochschule Trier. Eine zentrale Frage an die insgesamt 1.198 Auskunftgebenden war die Bewertung von fünf Vorlesungsarten für die Zeit nach der COVID-19-Pandemie. Bewertet wurde auf einer Skala von 1 (schlecht) bis 5 (gut), wobei die Standardfehler jeweils 0.04 betragen. Im Ergebnis wurden die Kategorien ‚Vorlesung als Videos‘ (3.59) und ‚Klassische Vorlesung im Hörsaal‘ (3.76) ähnlich gut bewertet. Dies gilt auch für das Angebot zusätzlicher Übungs- bzw. Diskussionseinheiten auf Zoom (3.63) und im Hörsaal (3.66). Bei der Bereitstellung von Videos weist die Studie darauf hin, dass unter Berücksichtigung der Tatsache, dass „nur die wenigsten Dozenten vor Corona damit Erfahrungen hatten und wir daher davon ausgehen können, dass die Qualität der Videos oft noch verbessert werden kann, ... dieses Medium in der Tat eine ernstzunehmende Alternative zur klassischen Hörsaalvorlesung ist“. Deutlich schlechter kam bei der Befragung die ‚Live-Übertragung im Internet, z. B. Zoom‘ (2.98) weg. Dies deckt sich mit der Erfahrung der Autoren des vorliegenden Beitrags.

Auch vor der COVID-19-Pandemie durchgeführte Studien zeigen, dass digitale Angebote einen Mehrwert für das Studium bieten können. In Hermann et al. (2006) wurden 308 Studierende des Instituts für Informatik an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg zu Vorlesungsaufzeichnungen und dem dazugehörigen Lernverhalten befragt. Obwohl die berücksichtigten Vorlesungen auch in Präsenz gehalten wurden, gaben 66 % der Studierenden an, die Aufzeichnungen als Ersatz für die Präsenzveranstaltung zu nutzen. Von 69.8 % der Studierenden wurden die Vorlesungsaufzeichnungen als Hilfe zur Bearbeitung von Übungsaufgaben verwendet. Etwa 64.9 % der Studierenden nutzten die Aufzeichnungen zur Lösung von

³ In der ersten Übung in Präsenz erfuhren die Autoren von den Teilnehmenden, dass eben diese Übung die erste Präsenzveranstaltung ihres gesamten Studiums war. Der besondere Umstand, dass es sich hier um eine Studierendengeneration handelt, die bis dato so gut wie keine klassische Präsenzlehreveranstaltung erlebt hat, könnte sich in die ein oder andere Richtung auf die Lehrevaluation ausgewirkt haben.

Verständnisschwierigkeiten, 49.7 % zur Nachbearbeitung des Stoffes und 39.3 % zum gezielten Nachschlagen von Informationen. Als besonders wichtig bei der Arbeit mit Vorlesungsaufzeichnungen stellten sich eine gute Qualität der Medien und komfortable Navigationsmechanismen heraus. Eine Studie von Krammer et al. (2020) zeigt zudem, dass den Studierenden beim Umgang mit Lernplattformen eine logische Struktur der Inhalte besonders wichtig ist und ein Diskussionsforum zur schnellen Beantwortung von Fragen als sehr hilfreich eingestuft wird. Weitere interessante Aspekte bezüglich der Zufriedenheit von Studierenden im Zusammenhang mit der Online-Lehre werden durch Alqurashi (2019) aufgezeigt. Die Befragung von 167 Studierenden ergab in dieser Studie, dass – basierend auf einem multiplen Regressionsmodell – eine aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit dem Lehrinhalt signifikant und gleichzeitig der stärkste aller untersuchten Prädiktoren für die Zufriedenheit der Studierenden und deren Lernfortschritt in der eigenen Wahrnehmung war. Hingegen stellte sich überraschenderweise die Interaktion von Studierenden untereinander als insignifikant für Zufriedenheit und wahrgenommenen Lernfortschritt dar.

5.3 Überlegungen zur Weiterentwicklung der Lehrveranstaltung

Aufgrund der Verbesserung der Prüfungsergebnisse im digitalen Lehrformat, der positiven Evaluation der asynchronen Elemente (besonders der Lehrvideos) und dem gleichzeitig geäußerten Wunsch nach mehr sozialer Interaktion ist geplant, kurzfristig ein hybrides Lehrformat zu etablieren, und zwar auf Basis der studentischen Rückmeldungen zu den Lehrveranstaltungen unter Berücksichtigung der aktuellen Rahmenbedingungen bzw. Entwicklungen des (regionalen) Infektionsgeschehens.

Im Wintersemester 2021/22 wurden die vorlesungsbegleitenden Übungen wahlweise sowohl in Präsenz (aufgeteilt in Kleingruppen) als auch digital (via Onlineplattform ‚Zoom‘) angeboten. An diesem Präsenzangebot soll künftig unbedingt festgehalten werden, da sich ein Teil der Studierenden in der Lehrevaluation deutlich für das Präsenzangebot von Übungen ausgesprochen hat. Boomers & Nitschke (2017) stellen fest, dass heterogene Lernstände und ein unterschiedliches Vorwissen der Studierenden zu denjenigen Diversitätsmerkmalen im Kontext der Hochschule zählen, welchen am besten durch individuelle Betreuung begegnet werden kann. Dies wird auch durch die Studie von Albrecht & Hawlitschek (2021, S.828) bestätigt: „In Bezug auf Mediennutzung misslingen Lehren und Lernen nach Meinung der befragten Studierenden dann, wenn digitales Lehrmaterial nicht verständlich aufbereitet sei, nicht zeitflexibel genutzt werden könne, keine Selbsttestmöglichkeiten gegeben seien und Formen der Aktivierung sowie die interaktive Auseinandersetzung mit anderen Studierenden und den Lehrenden fehlten.“

Mit dem Präsenzangebot kann insbesondere der in Abschnitt 4.2 beobachteten Verschlechterung der Prüfungsergebnisse im digitalen Lehrformat, und zwar im unteren taxonomischen Bereich, entgegengewirkt werden. Darüber hinaus soll es zukünftig ein größeres Angebot an Prüfungsaufgaben geben, die speziell auf die Festigung von Grundbegriffen abzielen. Zusätzlich sind in regelmäßigen Abständen auf der ILIAS-Plattform geeignete, noch zu konzipierende Multiple-Choice-Tests auf der unteren Taxonomiestufe T1 geplant.

Mittelfristig kann – vorbehaltlich der technischen Verfügbarkeit – im Rahmen eines hybriden Lehrformates der eine Teil der Studierenden in Präsenz gelehrt werden, während der andere Teil online dazu geschaltet wird. Dieses unter dem englischen Fachbegriff ‚Blended Synchronous Learning‘ gehandelte Lehrformat (Bower et al., 2017) setzt ohne Frage eine entsprechende technische Infrastruktur in Hörsälen und Seminarräumen voraus. Dazu zählt eine angemessene Berücksichtigung der durch Abstandsregeln eingeschränkten Raumkapazitäten ebenso wie der Einsatz von Luftreinigern, Raumlüftern und CO₂-Messgeräten. Das Attribut ‚synchron‘ deutet bereits darauf hin, dass sich Lehrpersonal und Studierende zeitgleich in Präsenz am selben Ort und/oder in einer gemeinsamen digitalen Lernumgebung befinden.⁴ Bei diesem hybriden Lehrformat bietet sich geradezu die Anwendung eines Rotationsprinzips an, bei dem sich für zuvor festgelegte Studierendengruppen gemäß einem rotierenden Schema Präsenz- und Onlinelehre abwechseln. Daneben erscheint es sinnvoll, auch weiterhin auf die während der COVID-19-Pandemie entwickelten und künftig weiter zu entwickelnden ‚asynchronen‘ Bausteine, wie etwa die sehr positiv bewerteten Lehrvideos und Übungsmaterialien, zu setzen, die den Studierenden zeitliche und räumliche Flexibilität garantieren. Eine Beibehaltung und kontinuierliche Verbesserung dieser Bausteine erscheint auch nach (erhoffter) Überwindung der COVID-19-Pandemie sinnvoll, da sie den nötigen Freiraum schaffen, die für eine breite Einführung in Statistik und elementare Wahrscheinlichkeitsrechnung stark begrenzte Vorlesungszeit effektiver zu nutzen.

⁴ Es existiert keine einheitliche Definition des Begriffes der hybriden Lehre. Eine gelungene Systematisierung findet sich in Reinmann (2021).

6 Fazit und Ausblick

Zusammenfassend wird festgestellt, dass das klassische Paket ‚Präsenzlehre im Wintersemester plus freiwilliges Repetitorium im Sommersemester‘ hinsichtlich der Prüfungsergebnisse signifikant schlechter abgeschnitten hat als das digitale Paket ‚Online-Lehre im Wintersemester plus ganzjährige Bereitstellung der digitalen Lehrmaterialien‘, wobei die Ursachen hierfür kritisch zu hinterfragen sind.

Wann immer Datensätze zu wenigen Größen verdichtet werden, geht Information verloren. Die Interpretation von Kenngrößen, Aggregaten und ganz besonders von Signifikanztests ist stets mit einer Unsicherheit behaftet. Die hier vorgestellten statistischen Auswertungen besagen zunächst nur, dass sich die Prüfungsergebnisse im Studienjahr 2020/2021 signifikant gegenüber früheren Jahren verbessert haben. Dieses erfreuliche Ergebnis ist unbestritten, ein kausaler Zusammenhang zum Merkmal ‚Lehrformat‘ darf aber nur vermutet und nicht ohne jeden Zweifel wissenschaftlich abgeleitet werden. Mit anderen Worten: Ob die stark verbesserten Prüfungsergebnisse allein auf die pandemiebedingte Modifikation des Lehrformates zurückzuführen sind, lässt sich nicht seriös beantworten. Für die Verbesserung der Ergebnisse können sich auch andere, bisher nicht berücksichtigte Variablen im Hintergrund verantwortlich zeichnen. Ein Faktor könnte etwa die ganzjährige Online-Verfügbarkeit der Lehrmaterialien im digitalen Format sein, womit sich die Lernbedingungen bei der Aufarbeitung von Wissenslücken verbessern und somit die Chancen steigen, bei der Wiederholungsprüfung zu bestehen. Aber auch ohne den Kurs besucht zu haben, trugen sich im Folgesemester eine Reihe Studierender in den ILIAS-Ordner ein und nahmen an den Wiederholungsprüfungen teil. Dies ist möglich und durchaus sinnvoll, da sich die Materialien trotz des Mangels an Lehrveranstaltungen gut zum Selbststudium eignen. Auch kann die stetige Weiterentwicklung von Unterstützungsangeboten zu den Mathematikgrundlagen an der Hochschule zu einer Verbesserung der Prüfungsergebnisse beigetragen haben. Hervorzuheben sind hier Brückenkurse vor Studienbeginn und das *MatheHelpDesk* zur Unterstützung der Studierenden bei der Bearbeitung mathematischer Problemstellungen.

Soziale Interaktionen zwischen Lehrpersonal und Studierenden sowie Studierenden untereinander gehören seit jeher zum Studienalltag und sind wichtig für die Entwicklung von fachlichen und sozialen Kompetenzen sowie für die persönliche Entwicklung junger Menschen im Allgemeinen. Gerade die anwendungsorientierten Hochschulen sind für kurze Wege und offene Türen des Personals in Wissenschaft und Verwaltung bekannt. Die Autoren empfehlen diesen Hochschulen daher, unbedingt weiterhin auf dieses besondere Merkmal zu setzen. Auf der anderen Seite ist der studentische Wunsch nach zeitlicher und räumlicher Flexibilität, der während der Pandemie besonders zum Ausdruck gekommen ist, nicht zu leugnen. Beide Ziele können nach Ansicht der Autoren durch hybride Lehrformate, sprich eine ausgewogene Mischung aus Online- und Präsenzangeboten, gut austariert werden. Ganz besonders in den ersten Studiensemestern sind ausreichend soziale Kontakte und ein Vertrautmachen mit dem universitären hochschulischen Alltag von großer Bedeutung. Hier kann ein gut durchdachtes hybrides Lehrformat die Schwächen eines reinen Online-Kurses ausgleichen.

Die TH Köln widmet der Lehre institutionell ein hohes Maß an Aufmerksamkeit und wurde im Laufe der Jahre mehrfach für die Umsetzung innovativer Lehrkonzepte ausgezeichnet. Es hat sich ausgezahlt, dass man in verschiedenen Bereichen bereits in den Jahren vor der COVID-19-Pandemie moderne Lehr- und Lernkonzepte etabliert und geeignete Strukturen aufgebaut hat. Die deutschen Hochschulen sind insgesamt gut beraten, wenn sie hier ‚am Ball bleiben‘ und ihre digitalen Angebote sukzessiv ausbauen und verbessern, um auch zukünftig attraktiv für Studierende zu bleiben. Für die Wahl der Alma Mater wird jedenfalls das Kriterium der räumlichen Nähe mittel- und langfristig ein geringeres Gewicht als in der Vergangenheit einnehmen.

7 Literatur

- Albrecht, P.-G. & Hawlitschek, A. (2021). „Wenn man ein Aha-Erlebnis hat“ – Merkmale guter Online-Lehre aus studentischer Perspektive, *Forschung & Lehre* 10(21), 828–829.
- Alqurashi, E. (2019). Predicting Student Satisfaction and Perceived Learning within Online Learning Environments. *Distance Education*, 40, 133-148. <https://doi.org/10.1080/01587919.2018.1553562>
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (Hrsg.) (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman Publishing Group.
- Bloom, B. S. (1976). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*. Beltz Verlag.
- Boomers, S. & Nitschke, A. K. (2017). *Diversität und Lehre: Empfehlungen zur Gestaltung von Lehrveranstaltungen mit heterogenen Studierendengruppen*, Freie Universität Berlin. Abgerufen am 30.04.2022 von <http://www.fu-berlin.de/sites/diversitaet-undlehre/diversitaetsmerkmale/index.html>
- Bower, M., Lee, M. J. & Dalgarno, B. (2017). Collaborative learning across physical and virtual worlds: Factors supporting and constraining learners in a blended reality environment. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 407–430.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological bulletin*, 112(1), 155-159.
- Friede, L.-M., Heuchemer, S. & Szczyrba, B. (2021). „Alle sind gezwungen, sich anzupassen“, Erfahrungsbericht: Technische Hochschule Köln. *Deutsche Hochschulzeitung (DUZ)*, 2020(8), S. 66-71. Abgerufen am 30.04.2022 von <https://www.duz.de/media/duzDe/issues/vxrzxx/wewt3v/web/html5/index.html?&locale=DEU&pn=67>
- Hermann, C., Lauer, T. & Trahasch, S. (2006, 11.–14. September). *Eine lernerzentrierte Evaluation des Einsatzes von Vorlesungsaufzeichnungen zur Unterstützung der Präsenzlehre* [Konferenzbeitrag]. DeLFI – 4. e-Learning Fachtagung Informatik, Darmstadt.
- Krammer, G., Pflanzl, B. & Matischek-Jauk, M. (2020). Aspekte der Online-Lehre und deren Zusammenhang mit positivem Erleben und Motivation bei Lehramtsstudierenden: Mixed-Method Befunde zu Beginn von COVID-19. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 10(3), 337–375.
- Metzger, C., Waibel, R., Henning, C., Hödel, M. & Luzi, R. (1993). *Anspruchsniveau von Lernzielen und Prüfungen im kognitiven Bereich*. St. Gallen: Institut für Wirtschaftspädagogik.
- Reinmann, G. (2021). Hybride Lehre – Ein Begriff und seine Zukunft für Forschung und Praxis, *Journal für freie Bildungswissenschaftler*, 2021 (35), Abgerufen am 20.04.2022 von https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2021/02/Impact_Free_35.pdf
- Rieger, M. O. (2021). Klassisch, per Zoom oder Live-Übertragung? *Forschung & Lehre* 12(21), 1002.

Autorenprofile

Rainer Lenz, Prof. Dr., Professor im Fachbereich Statistik am Institut für Produktion (IFP), Fakultät für Fahrzeugsysteme und Produktion an der TH Köln. Privatdozent in der Statistischen Fakultät der TU Dortmund. Forschungsschwerpunkte: Methoden der Statistischen Geheimhaltung, Kombinatorische Optimierung, Mehrwertige Logik.

Kontakt: rainer.lenz@th-koeln.de

Simon Cremer, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Statistik am Institut für Produktion (IFP), Fakultät für Fahrzeugsysteme und Produktion an der TH Köln. Betreuung der Praxissemester im Studiengang Produktion und Logistik.

Kontakt: simon.cremer@th-koeln.de