

Umarbeitung einer naturwissenschaftlich-technischen (MINT) Präsenz-Lehrveranstaltung in ein lernförderliches Online-Format im Rahmen der COVID-19-Pandemie

ABSTRACT/ZUSAMMENFASSUNG

Durch die COVID-19-Pandemie musste oftmals die universitäre Präsenz-Lehre durch Online-Formate substituiert werden. Das Wissen und die Fähigkeiten der einzelnen Lehrenden in Bezug auf Online-Lehre standen hierbei oftmals im Konflikt mit der Notwendigkeit, kurzfristig Lehre anzubieten, sowie einer geringen Vorbereitungs- und Anpassungszeit für bzw. an das veränderte Lehrformat. Darüber hinaus verändern sich die technischen Möglichkeiten und Anwendungen auf dem Gebiet der Online-Lehre derzeit rasch, was eine strukturierte Einarbeitung zusätzlich erschwert. In diesem Beitrag sollen deshalb die Vorüberlegungen und die Durchführung einer konkreten naturwissenschaftlich-technischen (MINT) Online-Lehrveranstaltung, die im Rahmen der COVID-19 Pandemie kurzfristig in ein Online-Format transferiert werden musste, skizziert werden. Die Veranstaltung wurde durch die Verwendung zeitgemäßer, online-spezifischer Lehr-Lern-Aktivitäten so gestaltet, dass diese durch eine entsprechende studentische Aktivierung und studentisches Feedback möglichst lernförderlich durchgeführt werden konnte. Folglich ist der Artikel im Stil einer konkreten Handlungsempfehlung für Lehrende in ähnlichen Situationen gehalten.

Schlagerworte: Universitäre Lehre – Digitales Lernen – MINT orientierte Online-Lehrveranstaltung – Studentische Aktivierung – COVID-19

Due to the COVID-19-pandemic, in-person teaching at university frequently had to be substituted by online teaching. Knowledge and skills of the individual lecturers with respect to online teaching were often in conflict with the necessity of offering certain classes as well as a rather short preparation- or adjustment time to the modified teaching format. In addition, technical advances and applications are currently rapidly changing in the field of online teaching, which complicates a well-structured preparation phase even further. Therefore, this article tries to outline the design and implementation of a concrete scientific-technically (STEM)-oriented online-course, which had to be converted into an online-format at short notice in the context of the COVID-19-pandemic. The lecture was designed such that it included contemporary, online specific teaching learning activities to encourage student learning through student activation and feedback. Thus, the manuscript is kept in a “best practice” format for teachers in similar situations.

Keywords: university teaching – STEM-oriented online course – online learning – student activation – COVID-19

Einleitung

Im Rahmen der COVID-19-Pandemie war es notwendig, Lehrformate im Wintersemester 2020/2021 zumeist ausschließlich virtuell anzubieten (OFFERGELD ET. AL. 2020). Bis März 2020 wurden digitale Lehrformate zwar von einigen Lehrenden genutzt, doch der Großteil der universitären Lehre wurde unverändert in reinen Präsenzformaten angeboten. Eine Mischform aus Präsenz- und Online-Unterricht (blended learning), in welchem Präsenzunterricht mit meist vorher generierten elektronischen Lerninhalten kombiniert wird, wurde ebenfalls an den meisten Universitäten nicht großflächig eingesetzt. Bei einer Befragung an 43 deutschen Universitäten räumten 2016 noch 58% der Befragten der digitalen Lehre einen „unwichtigen“ bis „mäßig wichtigen“ Stellenwert ein (Wannemacher 2016). Mit dem Ausbruch der COVID-19-Pandemie hat sich diese Wahrnehmung jedoch innerhalb kürzester Zeit verändert. Abbildung 1 illustriert in diesem Zusammenhang den zeitlichen Verlauf der Häufigkeiten der Suchanfragen der Stichworte „Coronavirus“ und „online teaching“. Die Abbildung verdeutlicht eindrücklich den plötzlichen Bedeutungszuwachs und somit auch den Stellenwert von digitaler Lehre ab März 2020. Dies zwang Lehrende an Hochschulstandorten weltweit zu einem oftmals nur unzureichend vorbereiteten Bruch mit ihren bisherigen Lehrgewohnheiten und einem Umstieg auf ein ungewohntes Lehrformat.

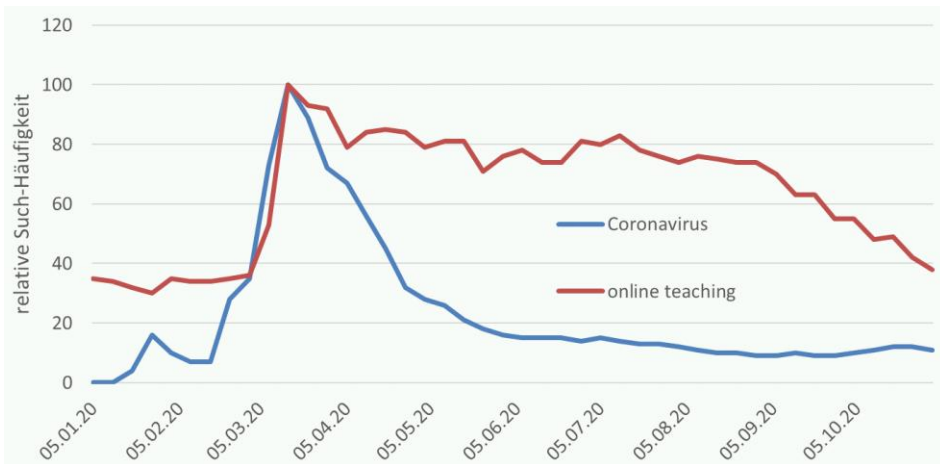


Abbildung 1

Relative Häufigkeit der weltweiten Google-Suchen der Stichworte „Coronavirus“ und „online teaching“. Daten wurden am 05.11.2020 mittels Google trends abgerufen.

Generell ist in diesem Kontext jedoch anzumerken, dass Lehrformate schon immer von medialen Praktiken und medialen Kulturformen geprägt wurden (BOHNENKAMP et. al.

2020): von der Nutzung von Tafeln, Overhead-Projektoren sowie der Nutzung von Computern in Form von vorbereiteten Präsentationen oder Lehrvideos bis hin zu vollständig digitalen Lehrveranstaltungen. Die Transition des Lehrformates im Rahmen der Corona-Pandemie unterscheidet sich jedoch durch zwei Charakteristika von den vorangegangenen Entwicklungen: sie geschah zum einen für die meisten Lehrenden (relativ) unvorbereitet und nahezu instantan und sie betraf zum anderen nahezu alle Lehrenden gleichermaßen. Dies traf auch auf den im Folgenden exemplarisch betrachteten internationalen Master-Studiengang „Biomedical Engineering“ zu, der an der Medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg angeboten wird. Hierin wurden alle regulären Vorlesungen, Seminare und online-fähige Praktika im Wintersemester 2020/21 online angeboten. Bereits für einen Vorlesungsbetrieb, in dem die Lehrenden eine Expert:innenrolle einnehmen, also hauptsächlich unidirektional unterrichten, ist es notwendig, dass sich Lernende und Lehrende technisch auf das neue Lehrformat einlassen und sich hinreichend vorbereiten. Soll darüber hinaus ein lernförderlicher Unterricht mit zeitgemäßen Lehr-Lern-Aktivitäten angeboten werden, ist es für die Planung der technischen Umsetzung unabdingbar die Relevanz der einzelnen Lernziele in die konkrete Planung der Online-Veranstaltung und der verwendeten Technologien miteinzubeziehen. Eine Auswahl an Aspekten mit der sich die Lehrenden vor einer Online-Veranstaltung beschäftigen müssen beinhalten: Welche Online-Plattform verwendet man und welche Möglichkeiten gibt es hierin? Welche Kommunikationsmittel stehen zur lernförderlichen Übertragung von Inhalten zur Verfügung? Erfolgt die Lehre in Echtzeit (synchrone Kommunikation) oder wird ein vorher aufgenommenes Medium den Studierenden zur Verfügung gestellt (asynchrone Kommunikation)? Gibt es eine Kommunikationsmöglichkeit/-plattform zwischen den Veranstaltungen? Werden während einer Veranstaltung noch weitere Anwendungen zur Illustration bzw. für Lehr-Lern-Aktivitäten verwendet? Eine vorherige Erprobung jedes einzelnen Werkzeugs, idealerweise in einer realistischen Umgebung ist unerlässlich, um einen geplanten Zeitrahmen einhalten zu können.

Ein charakteristisches Merkmal von sowohl synchroner als auch asynchroner Kommunikation in ausschließlichem Frontalunterricht (Lehrende in Expert:innenrolle) ist, dass keinerlei Lehrenden-Lernenden-Interaktion vorgesehen bzw. möglich ist, was sowohl für die Studierenden als auch für die Lehrenden oftmals ein unbefriedigendes Lehr-Lern-Erlebnis ohne studentische Rückmeldung darstellt und bei welchem außer rein fachlichen Kompetenzen kaum Kompetenzbildung möglich ist. Folglich sollte dieses Lehrformat in einer exklusiven Verwendung minimiert bzw. vermieden werden. Um eine lernförderliche (Online)-Veranstaltung jenseits solch einer „traditionellen“ Lehr-Lernumgebung zu ermöglichen, sollte studentische Interaktion beziehungsweise studentische Verarbeitung jenseits einer reinen Repetition gefördert werden. Als Konsequenz hieraus sehen sich Lehrende jedoch mit der Problematik konfrontiert, dass die „klassische“ Präsenzlehre und die hierfür entwickelten Lehr-Lernaktivitäten teilweise nicht, oder nur in abgewandelter Form in einer Online-Umgebung angewendet werden können.

Die im Folgenden betrachtete Lehrveranstaltung richtet sich an internationale Studierende im ersten Studiensemester eines naturwissenschaftlich-technischen

(MINT-)Masterstudienganges. Besonders für internationale Studierende, die ihr Studium neu beginnen, kann ein rein digitaler Frontalunterricht dem Wissenserwerb als sozialen Prozess (LÜBECK 2009) (mitsamt der Entwicklung entsprechender Kompetenzen) kaum gerecht werden. An relevanten, zu fördernden Kompetenzen sind in diesem Hörerkreis besonders hervorzuheben: Methodenkompetenz, soziale Kompetenz und Selbstkompetenz (DENNERT-MÖLLER & GARMANN 2016), aber auch eine interkulturelle Kompetenzentwicklung. Des Weiteren sollten Studierende bereits während einer Lerneinheit aktiviert werden, um ihre Lernerfahrung zu erhöhen und das Gelernte unmittelbar reflektieren und anwenden zu können. Hierzu ist es notwendig, das sprachliche und fachliche Vorwissen festzustellen und die Veranstaltung entsprechend anzupassen und auszurichten.

Die Fragestellung, die dieser Arbeit zugrunde liegt ist nun, wie ein Teilmodul des betrachteten MINT-Studienganges in ein reines Online-Format mit speziellem Fokus auf einer studentischen Aktivierung überführt werden kann, die möglichst allen oben genannten Rahmenbedingungen entspricht. Das Ergebnis sollte folglich eine virtuelle Lehrveranstaltung sein, bei der den sozialen Anforderungen an die Lehre entsprochen werden kann, um dadurch die aktive Auseinandersetzung mit neuen Informationen, also „Lernen“, zu ermöglichen. Darüber hinaus soll ein Rahmen geschaffen werden, in welchem die Studierenden miteinander in Kontakt treten können, da in den meisten Fällen davon auszugehen ist, dass die Studierenden zu Studienbeginn über wenige bis keine sozialen Kontakte zu ihren Kommiliton:innen verfügen, was ebenfalls für einen Erfahrungsaustausch notwendig ist. Dies stellt besonders in einer Online-Umgebung eine Herausforderung dar. Die zu erwerbenden Kompetenzen und Lernziele, wie sie im Modulhandbuch des Studienganges definiert sind (weiter unten im Detail dargestellt), zielen vornehmlich auf die konstruktivistische Erzeugung studentischer Kompetenzen ab und behalten selbstverständlich in einer reinen Online-Lehre ihre Gültigkeit. Gemäß dem 5-Stufen-Modell von Gilly-Salmon (SALMON 2013) müssen die regulären Lernphasen „Informationsaustausch“, „Wissenskonstruktion“ und „Entwicklung“ aber in der digitalen Lehre die beiden Phasen „Zugang und Motivation“ und „Online-Sozialisation“ vorangeschaltet bekommen (WEBELS 2020). Dies ist notwendig, um die Herausforderungen einer reinen Online-Lehre so weit wie möglich zu adressieren. Hierbei sind besonders die soziale Isolation der Studierenden, schlechte(re) nonverbale bilaterale Feedback-Möglichkeiten, oder das Fehlen von experimentellen bzw. praktischen Studieninhalten zur Kompetenzentwicklung als schwerwiegende Nachteile zu nennen (TOVAR 2020). Letzten Endes soll in der Veranstaltung das Lernen der Studierenden bestmöglich unterstützt und gefördert werden, indem den im „Scholarship of Teaching and Learning“ (SoTL) (HUTCHINGS & SHULMAN 1999) geforderten fünf Prinzipien (FELTEN 2013) entsprochen wird:

- 1.) Der Fokus liegt auf dem studentischen Lernen, 2.) die Inhalte sind/werden in den wissenschaftlichen aber auch in den lokalen Kontext eingebettet, 3.) die Darstellung erfolgt methodisch korrekt, 4.) die Inhalte werden in partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit den Studierenden entwickelt und 5.) die Ergebnisse werden (hinreichend) öffentlich gemacht.

Planung und Durchführung des Lehrexperimentes

Rahmenbedingungen

Die im Folgenden betrachtete Veranstaltung ist eine Pflichtveranstaltung (Sub-Modul 3.3. „Radiation therapy treatment planning and quality assurance“) im Modul 3 „Strahlentherapie“ (16 ECTS), welches im ersten Semester des internationalen Masterstudiengang „Biomedical Engineering“ an der Medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg in englischer Sprache angeboten wird. Zielgruppe sind Ingenieur:innen (B.Sc.) und Physiker:innen (B.Sc.), die ihren Ausbildungsschwerpunkt auf biomedizinische Technik setzen möchten. Dieses Modul besteht aus 18 Unterrichtseinheiten in fünf Lehrveranstaltungen mit vier mal vier und einmal zwei Unterrichtseinheiten. Da es sich um das erste Semester und einen internationalen Studierendenkreis mit verschiedenen Vorerfahrungen handelt, besteht die Schwierigkeit in der Erfassung des unterschiedlichen Wissenstandes und somit der Festlegung der Eingangsqualifikationen. Darüber hinaus besteht bei vierstündigen Blockveranstaltungen die Herausforderung, dass die Studierenden keine Zeit zwischen den einzelnen Unterrichtseinheiten haben, um das Erlernte (im Selbststudium) zu wiederholen. Es muss folglich bereits während der Veranstaltung eine Lernzielsicherung vorgenommen werden.

Lernziele der Veranstaltung

Folgende kompetenzorientierten Lernziele sind gemäß der Bloomschen Taxonomiestufen (Bloom 1976) im Sub-Modul zu erreichen:

Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden ...

- den regulären Arbeitsablauf des Bestrahlungsplanungsvorganges für eine Strahlentherapiebehandlung wiedergeben (1) und beschreiben (2).
- die Qualität von Behandlungsplänen mit etablierten Standardmethoden beurteilen (5), indem sie Planvergleiche durchführen (4).
- die relevanten Aspekte bei der Erstellung eines Qualitätssicherungs-Programmes in einer Strahlentherapieeinrichtung zusammenfassen (2) und kategorisieren (4).
- die gesetzlich vorgeschriebenen Kenngrößen eines medizinisch genutzten Linearbeschleunigers aufzählen (1) und einfache Messverfahren durchführen (3) und erklären (5).
- verschiedene Ansätze zur Qualitätssicherung von Behandlungsplänen erklären (2) und hinsichtlich ihrer Aussagekraft vergleichen (4).

Bei den genannten Kompetenzen handelt es sich im Wesentlichen um Fachkompetenzen. Die Ziffern in Klammern beschreiben die jeweilige Bloomsche Taxonomiestufe der Tätigkeit. Die genannten (Methoden-)Kompetenzen sind Teil des Modulhandbuchs. Zu Beginn der Veranstaltungsreihe werden diese Kompetenzen den Studierenden zusammen mit dem Ablaufplan der Veranstaltung vorgestellt. Die abschließende Prüfungsleistung ist gemäß dem Prinzip des „Constructive Alignment“ (BIGGS 1996) entsprechend ausgerichtet. In Bezug auf Lern-/ bzw. Methodenkompetenzen ist es in diesem Modul notwendig, dass die Studierenden lernen die erworbenen Fachkompetenzen eigenständig auf konkrete Problemstellungen (Patient:innenfälle oder Messverfahren) anzuwenden, um hiermit einerseits einen optimalen Behandlungsansatz zu entwickeln und andererseits die Qualität der Therapie zu gewährleisten und mögliche Fehler zu lokalisieren. Aufgrund der Tatsache, dass die Behandlung von Patient:innen oder der Qualitätssicherung der Behandlungsgeräte und -Verfahren ein multidisziplinärer Prozess mit vielen Arbeitsschritten ist, sollen die Studierenden lernen in Gruppen Fachwissen zu erarbeiten und dieses reliabel und vollständig an andere Studierende weitergeben (soziale Kompetenz). Darüber hinaus sollen die Studierenden die vorgestellten Inhalte kritisch hinterfragen und bei Bedarf fachlich korrekt erweitern können. In Bezug auf die Reflexionskompetenz der Studierenden sollen ihnen in diesem Sub-Modul zwei Fragestellungen bewusstwerden: Können die Studierenden ihre Fähigkeiten einschätzen und entscheiden, ob sie bereit sind Verantwortung für das Wohlergehen von Patient:innen zu übernehmen? Können die Studierenden ihre Handlungen im Hinblick auf die Bedeutung ihres Handelns im Rahmen der Mitarbeit in der Patient:innenversorgung, den daraus resultierenden rechtlichen Konsequenzen, sowie ihres Wissens in Bezug auf den gegenwärtigen Stand von Wissenschaft und Technik überblicken und entsprechend einordnen?

Veranstaltungsdesign

Das Veranstaltungsdesign gliedert sich im Folgenden in zwei Teilgebiete: Grundsätzliche Vorüberlegungen wie die Veranstaltung in Bezug auf den Online-Unterricht durchgeführt werden soll und eine konkrete Planung der Unterrichtseinheiten.

Vorüberlegungen

Folgende konzeptuelle Vorüberlegungen wurden nach Recherche (LEE 2020) vor Beginn der konkreten Veranstaltungsplanung angestellt:

Präsenz der/des Lehrenden im Online-Unterricht

Soziale Interaktion und Verbindlichkeit zwischen den Beteiligten eines Lehr-Lern-Verhältnisses stellen gemäß des SoTL eine wichtige Komponente des Lernerfolges dar. Begründet werden der zentrale Stellenwert und die Effizienz sozialer Interaktion zwischen Lernenden und Lehrenden, aber auch unter den Lernenden für das individuelle Lernen in theoretischen

Konzepten wie der „Perspektive der sozialen Kohäsion“, oder der „motivationalen Perspektive“ (vgl. KRÄMER & RUMMEL 2017). Häufig kommt es im Präsenzunterricht während entsprechender Lehr-Lern-Aktivitäten, aber auch während den Pausen, sowie vor und nach der Unterrichtseinheit zu Fachgesprächen zwischen Lehrenden und Studierenden. Da dies in einer Online-Umgebung zwar theoretisch möglich ist, erfahrungsgemäß aber weniger intensiv genutzt wird, wurde hierfür neben der Erreichbarkeit per E-Mail eine explizite Online-Sprechstunde einmal wöchentlich während des Semesters geschaffen. Diese fand immer zur gleichen Uhrzeit statt und der Lehrende war durchgängig anwesend. Studierende konnten jederzeit das Meeting betreten und Fragen stellen sowie Feedback geben. Bei Wunsch nach einem persönlichen Gespräch wurde dies in einen Unterraum des Meetings fortgesetzt.

Während der Lehrveranstaltung arbeitete der Lehrende zu allen Zeiten mit Kamera Livebild (und lud die Studierenden ein, ebenfalls ihre Kamera zu nutzen). In der Online-Lehre ist es, anders als bei beispielsweise Nachrichtensprecher:innen oftmals essenziell, Emotionen klar über Mimik und Gestik auszudrücken um das gesprochene Wort (sowohl verbale als auch paraverbale Kommunikation) zu unterstreichen. Dies ist dementsprechend eher mit den Darsteller:innen in einem Theaterstück vergleichbar. Sprachmodulation und Gestik sind hierbei wichtig, da der restliche Körper oftmals in Online-Formaten nicht sichtbar ist. Meist ist die/der Sprecher:in nur in einem Bildausschnitt zu sehen, weshalb der Fokus auf dem Gesicht liegen sollte. Dieses Vorgehen ermöglicht darüber hinaus einen barriereärmeren Zugang für Studierende mit entsprechenden Beeinträchtigungen. Zusätzlich liegt das Hauptaugenmerk der Studierenden auf den präsentierten Vortragsinhalten. Ein Vorteil bei Live-Online-Veranstaltungen ist in diesem Kontext, dass oftmals das eigene Kamerabild ebenfalls zur Verfügung steht und man sich somit selbst überprüfen kann. Nicht zuletzt ist ein entsprechendes Umfeld/Hintergrund ebenfalls relevant. Da Präsenz-Lehrveranstaltungen üblicherweise nicht in einem privaten Umfeld stattfinden, sollte dies sowohl von Lehrenden als auch Studierenden in der Online-Lehre entsprechend gestaltet werden. Da besonders Studierende unter Umständen nicht über ein professionelles Umfeld (Hörsaal, Seminarraum, Büro) verfügen, sollte der Lehrende auf die Möglichkeit eines virtuellen Hintergrundes hinweisen, der mittlerweile von den meisten Lern- bzw. Videokonferenzplattformen angeboten wird. Nicht zuletzt wird so die Hemmschwelle zur regelmäßigen Kamera-nutzung verringert.

Vorüberlegungen über notwendige vorbereitende Tätigkeiten für Online-Lehrveranstaltungen

Die in diesem Artikel beschriebene Online-Lehrveranstaltung ist im Kontext einer ad-hoc Umarbeitung im Rahmen der COVID19-Pandemie entstanden. Das heißt, dass eine reguläre, bereits existierende Präsenzlehrveranstaltung innerhalb weniger Monate auf ein Online-Format transferiert werden musste. Insofern muss selbstverständlich zwischen dieser und einer a-priori online geplanten Veranstaltung unterschieden werden. Zwar können für

diesen Fall selbstverständlich ebenfalls verschiedene der im Folgenden präsentierten Teilaspekte für Leser:innen interessant sein, alle vorgestellten Konzepte stellen jedoch Übertragungen von Präsenz-Lehr-Lern-Aktivitäten und weniger native und exklusive Online Lehr-Lern-Aktivitäten (LLAen) dar.

Eine vollständige Neuentwicklung der Lehrveranstaltungsinhalte war aus zeitlichen Gründen im dargestellten Kontext unmöglich. Im konkreten Fall handelte es sich um einen hauptsächlich für Frontalunterricht entworfenen Foliensatz, der zugunsten der LLAen ausgedünnt und an angemessenen Stellen in digitale LLAen umformuliert werden musste. Diese Ressourcen standen den Studierenden zum Selbststudium zur Verfügung. Da der konkrete Inhalt der Vorlesung sehr spezialisiert war, existierte hierfür kein einzelnes Lehrbuch. Es existierten jedoch neben verschiedenen Kapiteln in entsprechenden Lehrbüchern auch qualitativ hochwertige Videos (beispielsweise auf YouTube). Ebenso waren die relevanten internationalen Richtlinien und Normen frei im Internet erhältlich.

Vorbereitung der Präsentationsinhalte und der Lehr-Lern-Aktivitäten: Vor dem erstmaligen Einsatz medialer Techniken sollte die Funktionalität der Präsentation, sowie ein Probelauf der jeweiligen Lehr-Lern-Aktivitäten und deren Verflechtung stattfinden, um einen reibungslosen Veranstaltungsablauf zu gewährleisten.

Vorüberlegungen für die konkrete Veranstaltungsplanung von Online-Lehrveranstaltungen
Entscheidung die Veranstaltung synchron oder asynchron durchzuführen: Eine zuvor angenommene Lerneinheit und somit eine asynchrone Kommunikation bringt klare Vorteile mit sich. Denn die Studierenden können so jederzeit auf den Inhalt zugreifen und mit ihrem eigenen Tempo bearbeiten. Nachteilig ist jedoch, dass weniger Lehr-Lern-Aktivitäten bei großflächigem Einsatz asynchroner Kommunikation entstehen können. Dementsprechend wurde für die Veranstaltung meist eine live-Präsentation mit anschließender Bereitstellung der Vorlesungsinhalte gewählt. Lehrvideos wurden nur zur Wiederholung und an Stellen eingesetzt, wo sie konkrete Handlungen/Tätigkeiten verdeutlichen sollten.

Konkrete Arbeitsanweisungen: Wenn Lehrende und Studierende sich nicht in einem Raum befinden müssen die Formulierungen und Arbeitsanweisungen möglichst unmissverständlich formuliert werden. Dies ist in einem internationalen Studiengang mit Studierenden mit unterschiedlichen Sprachkenntnissen noch relevanter und trifft selbstverständlich auch auf die Erwartung an das Ergebnis zu. In einem asynchronen Online-Kontext müssen ggf. die Erwartungshaltungen bzgl. der Ergebnisse angepasst werden. Da nur schwer überprüft werden kann, wie schnell die Studierenden einen konkreten Arbeitsauftrag erledigt haben ist ein striktes Zeitmanagement essenziell.

Automatisiertes Feedback: Ein Vorteil der Online-Lehre ist das relativ einfach zu erhaltende Feedback bezüglich des Verständnisses der Lerninhalte. Hierbei muss zwischen anonymem und personalisiertem Feedback unterschieden werden. Es sollte zu Beginn der Veranstaltung klar kommuniziert werden, dass Feedback nach allen relevanten Themenblöcken erwartet und auch abgefragt wird.

Studentische Aktivierung/ Lehr-Lern-Aktivitäten (LLAen): Studierende sollen aktiv in die Lehre eingebunden werden. Hierzu stellen LLAen eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Verfügung: In der MINT-Lehre wird der Erwerb von Fachkompetenzen häufig über das gemeinsame Bearbeiten von Aufgaben oder das gemeinsame Durchführen von konkreten Versuchen realisiert. In einem Online-Kontext muss man sich auf die Verwendung entsprechender Software und der Bearbeitung von Arbeitsaufgaben beschränken. Lehr-Lern-Aktivitäten, die zur Realisierung zweiten Stufe des Modells von Gilly-Salmon („Online Sozialisation“) vorgesehen sind, stellen einen guten Einstieg in die jeweilige Lernumgebung dar.

Durchführung der Online-Lehrveranstaltung

Es nahmen 12 Studierende an der Veranstaltung teil. Die Anwesenheit der Studierenden war bei allen Lehreinheiten hoch (immer >10); größere technische Probleme (Verbindungsprobleme oder häufige Abbrüche) gab es keine. Hierzu ist anzumerken, dass von Lehrendenseite ein dedizierter Raum mit einem hierfür vorgesehenen Computer und fest installierter Kamera und Mikrofon verwendet wurde. Die gesamte Veranstaltung wurde mit dem Videokonferenzprogramm Webex (Cisco Systems) durchgeführt. Dies hat sich als vorteilhaft herausgestellt, da man Studierenden Aufgaben übertragen konnte (Kontrolle der „session“ übertragen, Inhalte auf anderen Rechnern freigeben).

Chat-Funktion: Es erfolgte immer ein initialer Begrüßungseintrag direkt nach dem Starten der Sitzung 15 Minuten vor Veranstaltungsbeginn. Kurz vor dem eigentlichen Beginn der Veranstaltung (ca. 2 Minuten) erfolgte noch ein kurzer Chat-Eintrag (STENGER 2020) wie zum Beispiel: „In 2 Minuten geht es los.“ Während der Veranstaltung und besonders während der Inhaltsblöcke wurde regelmäßig der Chatverlauf beobachtet. Die verwendete Online-Plattform stellt neben dem Chatfenster noch ein „Hand heben“ Symbol zur Verfügung, das die Studierenden nutzen konnten, wenn eine Frage aufkam. Der Chat wurde jedoch häufiger für Fragen genutzt. Ein Vorteil des Online-Präsenzunterrichtes ist hierbei, dass Fragen konkret formuliert werden können, wenn sie entstehen und an einer zeitnahen, passenden Stelle beantwortet werden können. Darüber hinaus gibt es hiermit typischerweise weniger Sprach- bzw. Verständnisprobleme.

Die Dokumentation vor und nach den Veranstaltungen (Vorträge und Aufgaben) erfolgte über die Lernplattform Moodle der Universität Heidelberg. Es wurden alle Vorträge vor einer Veranstaltung zur Verfügung gestellt. Nach einer Veranstaltung wurden die Vorträge entsprechend der konkreten Lerneinheit angepasst: Nachfragen bzw. Konkretisierungen wurden in den Foliensatz aufgenommen (auch im Hinblick auf zukünftige Wiederholungen der Veranstaltung), Studierendenbeiträge wurden eingefügt. Dieser Foliensatz stellte dementsprechend auch den prüfungsrelevanten Inhalt der Vorlesung dar.

Planung der Unterrichtseinheiten (gemäß Sandwichprinzip)

Erste Unterrichtseinheit (4 × 45' = 180') „Radiation therapy treatment planning“

Es werden im Folgenden die Sozialformen Frontalunterricht (FU) mit den Sonderform Plenum (PL), Gruppenarbeit (GA), Partnerarbeit (PA) und Einzelarbeit (EA) angewendet.

TOP	Zeit	Lernphase	Sozialform	Tätigkeit/Thema
1.1	15'	Einstieg	PL	LLA: Vorstellungsrunde
1.2	5'	Einstieg	FU	Präsentation: Lernziele/Veranstaltungstermine/Klausurformat
1.3	15'	Repetieren	GA	LLA: Think-group-share “Basic radiation physics”
1.4	15'	Information	FU	Präsentation: „treatment planning Workflow“
1.5	5'	Verarbeiten	PL	LLA: Multiple-choice-Umfrage zum FU
1.6	10'	Information	FU	Präsentation: „treatment planning Workflow ctd.“
1.7	12'	Verarbeiten	PA	LLA: Puzzle/Strukturierung „Behandlungsablauf“
		Pause		
1.8	20'	Information	FU	Präsentation: „beam modifiers“
1.9	10'	Speichern	PL	LLA: Umfrage „welcher beam modifier wurde verwendet?“
1.10	20'	Information	FU	Präsentation: „dose prescription and normalization“
1.11	45'	Anwenden	GA	LLA: Online-Bestrahlungsplanungspraktikum
1.12	8'	Ausstieg	EA	LLA: „one-minute-paper“

Tabelle 1

Verlaufsplan für den ersten Unterrichtsblock (180')

Anmerkungen:

Zu 1.1): Hinweis an die Studierenden, dass es sich um eine interaktive Veranstaltung handelt: Jede:r Studierende bekommt ein Kürzel (die jeweiligen Anfangsbuchstaben) zugewiesen. Diese Kürzel werden später benutzt, um bei Gruppenarbeiten die Gruppen mit variie-

renden Gruppenmitgliedern zuzuweisen ohne Zeit hierfür zu verlieren. Jede Lehr-Lern-Aktivität in Gruppen beginnt mit einer Übersichtsfolie, in der die Gruppen bekannt gegeben werden.

Die Studierenden haben bei Beginn dieses Sub-Moduls bereits seit 6 Wochen Veranstaltungen zusammen besucht. Es wurde davon ausgegangen, dass ein grundsätzliches Kennenlernen stattgefunden hatte. Es erfolgte dementsprechend eine etwas ausführlichere Vorstellung des Lehrenden und eine Kurzvorstellung der Studierenden in einer Plenum-LLA: Hierzu wird eine Weltkarte auf einer PowerPoint-Folie präsentiert. Der Lehrende und anschließend die Studierenden stellen sich kurz vor und markieren auf der Weltkarte ihre Herkunft. Die Studierenden nutzen die in Webex verfügbare Funktion „Kontrolle übertragen“ um die Steuerung an die nächsten Teilnehmer:innen weiterzureichen (und somit das System kennenzulernen), sowie das Markierungs-Werkzeug. Abschließend erklärten alle Studierenden in ein bis zwei Sätzen, warum Bestrahlungsplanung in der Strahlentherapie notwendig sein könnte. (3' Dozent, 1' jede:r Studierende).

Zu 1.2): Der Lehrende stellte die Lernziele, die Veranstaltungstermine, sowie das Klausurformat (offene und halboffene Fragen vor).

Zu 1.3) Gruppen-LLA: „Think – Group – Share“ zur Wiederholung und Auffrischung des Themas „Strahlenphysik“ aus den vorherigen Moduleinheiten. Die Studierenden wurden in 4 Gruppen mit je 3 Teilnehmende aufgeteilt. Jede Gruppe erhielt eine relevante Fragestellung, die sich auf die Inhalte einer vorherigen Moduleinheit bezog. Die Studierenden versuchten zuerst die Frage selbstständig zu bearbeiten. Währenddessen bereitete der Lehrende die 4 Teilgruppensitzungen vor. Nach 5 Minuten wechselten die Studierenden in die jeweiligen Teilgruppensitzungen und präsentieren/diskutieren ihre Antworten. Wiederum 5 Minuten später wurden die Studierenden in den Hauptraum der Sitzung zurückgeholt und jeweils eine/ein Studierende:r präsentierte die Frage samt der Antwort der Gruppe. Der Lehrende erfasste somit die notwendigen Grundlagen und konnte die Vorlesung im Anschluss entsprechend anpassen. Die Studierenden lernten hiermit die Arbeit in Unterräumen der Sitzung kennen.

Zu 1.4) Frontalunterricht: „treatment planning workflow“(12 PowerPoint-Folien)

Zu 1.5) Plenum-LLA: Die in der Onlineplattform verfügbare Umfrage („Poll“) Möglichkeit wurde zum Verständnis-Feedback verwendet. Hierbei erschien ein Fenster mit einer Multiple-Choice-Frage (mit einer richtigen Antwort) auf dem Bildschirm der Studierenden. Es konnte nur eine Antwort gewählt werden, welche dem Lehrenden für die Studierenden nicht sichtbar übertragen wurde. Die jeweils richtige Antwort wurde in den Chat übertragen. Die Studierenden wurden aktiviert und der Lehrende erhielt Feedback. Für den Fall, dass die Mehrzahl der Studierenden falsch antwortete, wurde die richtige Antwort vom Lehrenden nochmals motiviert.

Zu 1.6) Frontalunterricht: „treatment planning workflow ctd.“ (8 PowerPoint-Folien)

Zu 1.7) Partner-LLA: 6 Partner-Teilgruppensitzungen: Die Studierenden erhielten eine Präsentation, in der sich einzelne Puzzleteile befinden, die sie entsprechend dem Arbeitsablauf in der Strahlentherapie-Behandlungsplanung aneinanderreihen sollten. Abbildung 2 verdeutlicht das Prinzip.

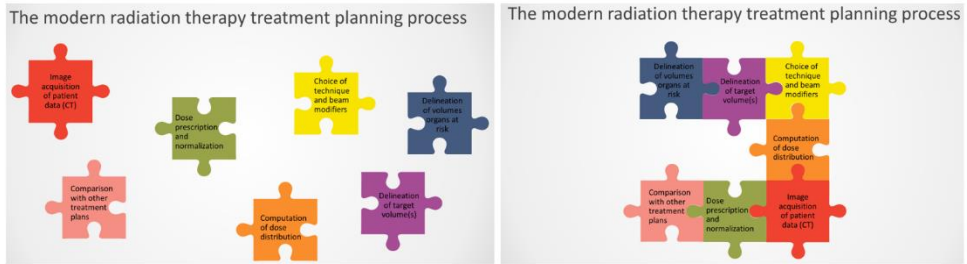


Abbildung 2

Beispiel einer Strukturierungs-Lehr-Lern-Aktivität (vorher und nachher)

Zu 1.8) *Frontalunterricht*: „beam modifiers“ (22 PowerPoint-Folien, viele Bilder)

Zu 1.9) *Plenum-LLA*: Umfrage: „welcher ‚beam modifier‘ wurde verwendet?“ Den Studierenden wurde im Plenum insgesamt 5 Bilder (je 2⁺) von realistischen Dosisverteilungen in Computertomographie-Schichten gezeigt. Anschließend wurde eine Umfrage gestartet, in dem sie die richtige multiple-choice-Antwort anklicken konnten (1⁺). Falls mindestens ein:e Studierende:r die richtige Antwort gewählt hatte begründe ein:e Studierende:r die Antwort, ansonsten erklärte der Lehrende die richtige Antwort.

Zu 1.10) *Frontalunterricht*: „dose prescription and normalization“ (10 PowerPoint-Folien; relativ anspruchsvoll)

Zu 1.11) *Gruppen-LLA*: Bestrahlungspraktikum- Die Studierenden begaben sich in die einzelnen Teilgruppenräume arbeiteten sich gemeinsam in die (zuvor vom Lehrenden freigegebene) Software zur Bestrahlungsplanung ein. Hierzu mussten Webex-sessions auf 4 unabhängigen Rechnern, die jeweils die benötigte Software enthielten, bereitgestellt werden. Jeder Rechner mit der benötigten Software befand sich in einem Teilgruppenraum und teilte die relevante Applikation. Dies sollte vor der Veranstaltung bereits vorbereitet werden, benötigt jedoch auch während der Veranstaltung ca. 5 Minuten Zeit. Die Studierenden fanden zwischenzeitlich in der Lernplattform Moodle eine detaillierte Anleitung der zu bearbeitenden Aufgaben, die sie durchlesen sollten. Ziel war es, das generierte Wissen in zwei Szenarien anzuwenden: erstens an einem generischen Phantom zur Erlernung der Arbeitsschritte (diese LLA) und zweitens die Anwendung des Erlernten in einem klinischen Fallbeispiel (s. 2.4). Der Lehrende stand im Hauptraum für Fragen zur Verfügung. Eine Lernzielsicherung erfolgte hierbei über die im Aufgabenskript detailliert beschriebenen Teilergebnisse.

Zu 1.12) *Ausstieg*: Einzel-LLA: Anfertigen eines „One Minute Paper“ um die relevantesten Lernfortschritte zu sichern (ohne Präsentation). Weiterhin wurde hiermit sichergestellt, dass noch offene Fragen und unklare Punkte nicht vergessen wurden. Unklare Punkte konnten in der nächsten Lehrinheit unter 2.5 besprochen und geklärt werden. Abschließend ein Ausblick auf die nächste Lerneinheit, welche die Fortsetzung und Vervollständigung des Themenblocks „Bestrahlungsplanung“ darstellt und Verabschiedung von den Studierenden.

Zweite Unterrichtseinheit ($4 \times 45' = 180'$) „Radiation therapy treatment planning ctd.“

TOP	Zeit	Lernphase	Sozialform	Tätigkeit/Thema
2.1	5'	Einstieg	FU	Lernziele Präsentieren
2.2	15'	Repetieren	PL	LLA: Wordcloud „What did you learn last week“
2.3	11'	Information	FU	Präsentation: „Organ at risk tolerance doses“
2.4	9'	Information	PL	LLA: Q&A: „Organ at risk tolerance doses“
2.5	40'	Verarbeiten	GA	LLA: Case-study/Online Praktikum
2.6	20'	Verarbeiten	PL	LLA: Inverted Classroom
2.7	20'	Information	FU	Präsentation: „Safety margins in radiation therapy“
2.8	15'	Verarbeiten	PA	LLA: Aufgabe: Sicherheitssäume berechnen
2.9	20'	Information	FU	Präsentation: „Radiation transport“
2.10	15'	Verarbeiten	EA	LLA: Fragebogen zum Thema Strahlungstransport
2.11	10'	Ausstieg	PL	Feedback über „2x2 Matrix“, Ausblick

Tabelle 2

Verlaufsplan für den zweiten Unterrichtsblock (180')

Anmerkungen:

Die ersten beiden Blöcke, sowie die letzten drei Blöcke des Sub-Moduls stellten jeweils eine thematische Einheit dar. Der Themenblock der zweiten Veranstaltung schloss sich inhaltlich nahtlos an den ersten Themenblock an.

Zu 2.1) Frontalunterricht: Begrüßung und Präsentation der Lernziele dieser Lerneinheit.

Zu 2.2) Plenum-LLA: zur Wiederholung und Aktivierung: Erstellen einer „What did you learn last week“ word-cloud in PollEverywhere. Im Folgenden wird für mehrere LLAs die Online-App PollEverywhere verwendet. Diese ist für einfache Anwendungen, wie im Folgenden demonstriert kostenlos nutzbar. Der Lehrende öffnete die Website und teilte diese via Webex („Inhalte freigeben“). Die Studierenden erhielten einen Link, der an den Lehrenden gebunden, also immer gleich war und konnten Inhalte entweder in ihrem Browser oder per Smartphone-App eintragen, welche im Hauptfenster des Lehrenden in einer Wordcloud

erschieden. Es wurden jedoch immer nur einzelne Worte akzeptiert. Deshalb sollten mehrere Worte jeweils ohne Leerzeichen verbunden angegeben werden. Der Link bleibt aktiv, solange die/der Lehrende eingeloggt bleibt. Es kann auch eine Sequenz von Abfragen vorbereitet und bei Bedarf aktiviert werden.

What did you learn last week



Abbildung 1

Beispiel für eine "word cloud", die mit PollEverywhere erstellt wurde

Zu 2.3) *Frontalunterricht*: „Organ at risk tolerance doses“ (7 PowerPoint-Folien): Erklärung der Mechanismen zwischen Strahlung und Gewebesensibilität.

Zu 2.4) *LLA-PL*: Für drei ausgewählte anatomische Regionen (Pelvis, Abdomen, Thorax) wurde die Strahlensensitivität der einzelnen Organe abgefragt. Hierzu wurden 3 Computertomographie-Schichten verschiedener Körperregionen im Aufgabenskript zu 1.11 dargestellt. Es wurde jeweils folgende Frage gestellt: „Welche Organe sind im dargestellten Bild besonders strahlensensibel?“ Die Studierenden äußerten ihre Vermutungen. Wenn andere Studierende der gleichen Meinung waren, konnten sie den Eintrag „liken“. Für jede anatomische Region wurden abschließend die tatsächlichen Werte auf jeweils einer PowerPoint-Folie dargestellt.

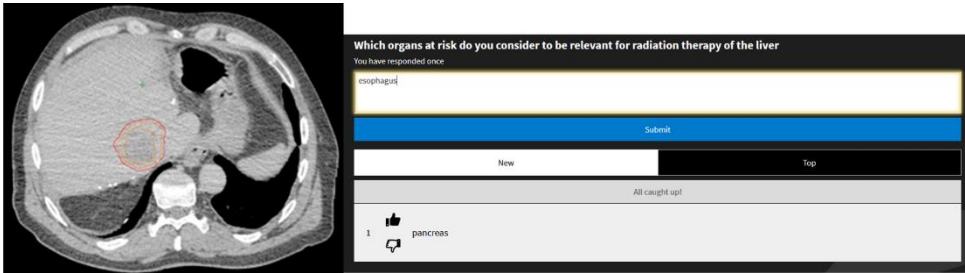


Abbildung 4

Beispiel einer zu präsentierenden Computertomographie-Schicht, sowie der dazugehörigen Lehr-Lern-Aktivität mittels "Question and answer" in PollEveryhere

Zu 2.5) *Gruppen-LLA*: Case-Study/Onlinepraktikum. Fortsetzung der Gruppenarbeit aus 1.11: Jede Gruppe erhielt ein konkretes einfaches Patientenszenario und erstellte einen Behandlungsplan. Die technischen Fähigkeiten hierzu hatten sie in 1.11 erworben.

Zu 2.6) *Gruppen-LLA*: Inverted classroom (GANNOD, BURGE & HELMICK 2008). Die einzelnen Gruppen präsentierten den jeweils anderen Gruppen ihre Ergebnisse in 5-minütigen Kurzvorträgen und begründeten ihre Herangehensweisen/Ansätze. Folien mussten hierfür nicht erstellt werden – es wurde eine Remote-Verbindung zum jeweiligen Computer im Hauptraum der Webex-Sitzung erstellt. Abschließend schätzten sie die Qualität der erstellten Behandlungspläne ein und bekamen Feedback vom Lehrenden.

Zu 2.7) *Frontalunterricht*: „Safety margins in radiation therapy“ (19 PowerPoint-Folien)

Zu 2.8) *Partner-LLA*: Aufgabe „Sicherheitssäume berechnen.“ Die Studierenden erhielten ein klinisches Szenario (pdf-Dokument in Moodle) und sollten aus den gegebenen Größen die resultierenden Sicherheitssäume berechnen und diskutieren.

Estimating margins for prostate (no IGRT)

	Systematic errors	Random errors
• Delineation	2.5mm	
• Organ motion	3mm	3mm
• Setup error	1mm	2mm
• Intrafraction motion		1mm
• Total error	4.0mm	3.7mm
• Error margin	$2.5 \Sigma = 10.0mm$	$0.7 \Sigma = 2.9mm$
• Total margin	13mm	

Abbildung 5

Rechenbeispiel für die in 2.8 gestellte Aufgabe

Zu 2.9) *Frontalunterricht*: „Radiation transport“ (18 Power-Folien; relativ anspruchsvoll).

Zu 2.10) *Einzel-LLA*: Jede:r Studierende beantwortete selbstständig einen Fragebogen mit fünf Multiple-Choice-Fragen zum Thema „Strahlungstransport in Materie“ wie in Abb. 6 dargestellt. Die Antworten wurden aggregiert im Plenum vorgestellt.

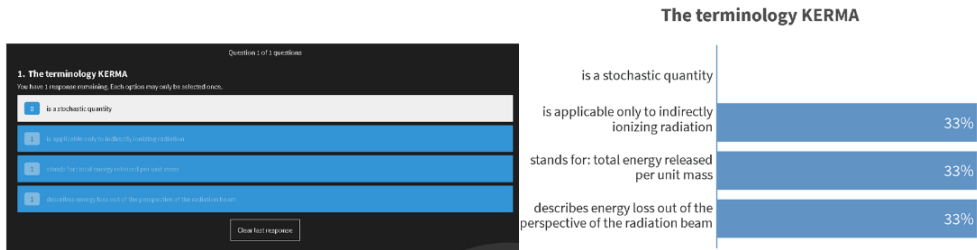


Abbildung 6

Beispiel einer multiple-choice Umfrage, sowie der Präsentation der Ergebnisse mittels "Survey" in PollEverywhere

Zu 2.11) Abschluss der 8-stündigen Lerneinheit „Bestrahlungsplanung“. Die Erfassung des Feedbacks erfolgte mittels: „2x2 Matrix“ in PollEverywhere wie in Abb. 5 dargestellt. Die Studierenden bewerteten die Veranstaltung nach den Kriterien „hat Spaß gemacht“ und „habe etwas gelernt“. Ausblick auf die nächste Lerneinheit, in welcher der 12-stündige Themenblock Qualitätssicherung begonnen wird. Verabschiedung von den Studierenden.

The treatment planning lecture: Rate boring to fun to the top. Rate "learned nothing" to "learned a lot" to the left.

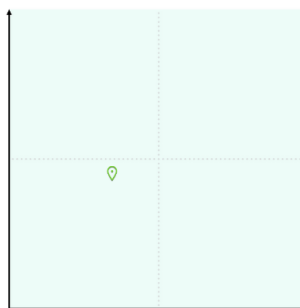


Abbildung 7

Erfassung des Feedbacks mittels einer "2x2 matrix" in PollEverywhere

Dritte Unterrichtseinheit (4 × 45' = 180') „Managing a quality assurance (QA) programme in radiation therapy“

TOP	Zeit	Lernphase	Sozialform	Tätigkeit/Thema
3.1	15'	Einstieg	PL	LLA: bulletin board
3.2	25'	Verarbeiten	GA	LLA: Textaufgabe
3.3	15'	Information	FU	Präsentation: „Quality management“
3.4	10'	Verarbeiten	PL	LLA: Infographik
3.5	15'	Information	FU	Präsentation: „QA at a linear accelerator“
3.6	15'	Verarbeiten	PA	LLA: “Structuring technique”
Pause				
3.7	20'	Information	FU	Präsentation: „QA measurements “
3.8	10'	Speichern	EA	LLA: Sortieren
3.9	20'	Information	FU	Präsentation: „Risk management in radiation therapy“
3.10	25'	Anwenden	GA	LLA: Workflow skizzieren und Risikokoeffizienten abschätzen
3.11	5'	Speichern	PL	LLA: Ergebnissicherung: Werbeslogan
3.12	5'	Ausstieg		

Tabelle 3
Verlaufsplan für den dritten Unterrichtsblock (180')

Anmerkungen:

Zu 3.1) *Plenum-LLA*: Um die Studierenden zu aktivieren und die Veranstaltung einzuleiten wird mit einer Willkommensübung inklusive Hinleitung auf das Thema begonnen: „What comes into your mind when you hear the word quality assurance“ (vgl. Abb. 8)

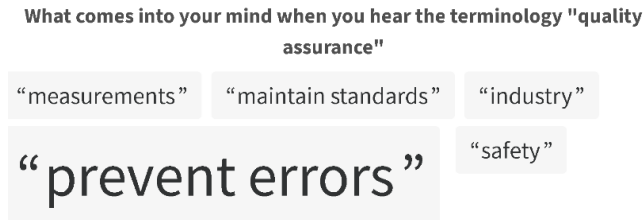


Abbildung 8

Willkommensübung mittels PollEverywhere "bulletin board"

Da hierbei wenig Feedback kam, mussten die Studierenden durch gezielte Fragen auf mögliche Antworten mündlich hingeführt werden: „Was könnte das Ziel von Qualitätssicherung sein?“, „Was macht man in der Qualitätssicherung?“, „Welche Methoden stehen hierfür zur Verfügung?“, etc. Anschließend wurden die Lernziele und der Ablauf präsentiert.

Zu 3.2): Es handelte sich im dritten Unterrichtsblock um einen neuen Themenblock. Deshalb war eine Repetition nicht sinnvoll. In dieser Lehreinheit wurden die rechtlichen Grundlagen/Fachtermini für Qualitätssicherungsprozesse bei Medizinprodukten eingeführt. Dementsprechend sollten die Studierenden mit international relevanten Standardwerken (ISO 9001, IAEA report 31 EURATOM 2013/59, AAPM report 142) in Kontakt kommen und Kernaussagen/-konzepte hieraus extrahieren. In Gruppenarbeit luden sich die Studierenden die relevanten Dokumente von der entsprechenden Homepage herunter und lasen einen konkret angegebenen, ca. dreiseitigen Textauschnitt. Im Anschluss versuchten sie jeweils bestimmte (als Arbeitsblatt in Moodle hinterlegte) Fragestellungen zu beantworten, indem sie in Gruppen für jede Fragestellung eine Infographik (als PowerPoint-Folie) anfertigten.

Beispiel: Fragen für eine Gruppe zu AAPM report 142:

- 1) What are tolerance- and action levels in radiation therapy quality assurance?
- 2) Which possible actions exist if a quality control fails?
- 3) What is the maximum permissible error in the radiation therapy treatment chain?

Zu 3.3) *Frontalunterricht*: „Quality management“ (12 PowerPoint-Folien). Es wurde eine allgemeine Einleitung in die Fragestellung vorgestellt.

Zu 3.4): Die Studierenden präsentierten in 2-minütigen Kurzvorträgen ihre Infographiken aus Abschnitt 3.2

Zu 3.5) *Frontalunterricht*: „QA at a medical linear accelerator“ (14 PowerPoint-Folien)

Zu 3.6) *Partner-LLA*: „Structuring technique“. Die Studierenden begaben sich in Paaren in einen Unterraum. Dort öffneten sie eine PowerPoint-Folie (verfügbar in Moodle), welche mehrere Begriffe aus 3.5 enthielt. Ziel der Aufgabe war es, die Begriffe durch Verschieben räumlich in einen sinnvollen Kontext miteinander zu bringen. Eine explizite Auswertung der Ergebnisse fand nicht statt, konnte aber in den PowerPoint-Folien des letzten Abschnittes nachgelesen werden.

Zu 3.7) *Frontalunterricht*: „QA measurements“ (21 PowerPoint-Folien, enthielt Tabellen zur Übersicht, die nicht im Detail durchgesprochen wurden)

Zu 3.8) *Einzel-LLA*: „Sortieraufgabe“ „Sortieren Sie die folgenden Qualitätssicherungsaufgaben nach der geforderten Durchführungshäufigkeit der Prüfungen“. Hierfür wurde die Sortierungsaktivität von PollEverywhere wie in Abb. 7 dargestellt verwendet.

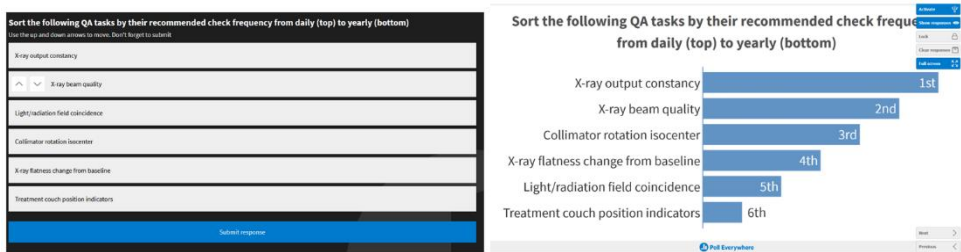


Abbildung 9

LLA: Vorgegebene Maßnahmen sollen mittels "sort" Aktivität in PollEverywhere entsprechend ihrer Prüfhäufigkeit sortiert werden

Zu 3.9) *Frontalunterricht*: „Risk management in radiation therapy“ (18 PowerPoint-Folien)

Zu 3.10) *Gruppen-LLA*: Die Studierenden sollten in Gruppen den gesamten Arbeitsablauf einer Strahlentherapiebehandlung skizzieren und die entsprechenden Risikokoeffizienten abschätzen bezüglich Eintrittswahrscheinlichkeit, Schweregrad und Entdeckungshäufigkeit. Dies sollte in Form einer Tabelle geschehen. Hierzu wurden Google spreadsheets verwendet. Falls jeweils ein:e Studierende:r pro Gruppe ein Google-Nutzerkonto besaß, hatte diese:r die Aufgabe eine solche Tabelle anzulegen und die restlichen Gruppenmitglieder einzuladen. Falls dies nicht der Fall war, wurde die Tabelle vom Lehrenden erstellt. Die hinzugefügten Nutzer:innen konnten nun mittels eines Links auf die Tabelle zugreifen und diese alle zeitgleich in Echtzeit editieren. Dieses Verfahren ermöglichte den Studierenden

auch außerhalb eines Konferenzprogrammes ein schnelles und effizientes zusammenzuarbeiten. Die generierten Ergebnisse wurden am Ende der Gruppenarbeit nicht im Plenum vorgestellt.

Zu 3.11) Plenum-LLA zur Ergebnissicherung: Werbeslogan. Jede:r Studierende sollte einen kurzen Werbeslogan in das Chat-Fenster schreiben, welcher die Lerneinheit zusammenfassend beschreibt.

Zu 3.12): Erfassung der Studierendenzufriedenheit wurde mittels PollEverywhere „emotion scale“, wie in Abb. 10 dargestellt durchgeführt. Ausblick auf die nächste Lerneinheit, welche die Fortsetzung des Themenblocks „Qualitätssicherung“ mittels konkreter Messvorschriften und -verfahren darstellte. Verabschiedung der Studierenden.

Do you like the Online-Teaching-Lessons so far



Abbildung 10

Abfrage der Studierendenzufriedenheit mittels PollEverywhere: „Emotion Scale“

Vierte Unterrichtseinheit (4 × 45' = 180') „Linear accelerator QA“

TOP	Zeit	Lernphase	Sozialform	Tätigkeit/Thema
4.1	5'	Einstieg		
4.2	10'	Repetieren	FU	Video: “How a linear accelerator works”
4.3	15'	Repetieren	EA	LLA “clickable image”
4.4	20'	Information	FU	Präsentation: „Ionization chamber principles”
4.5	10'	Verarbeiten	PA	LLA Blitzlicht „Funktionsweise Ionisationskammer erklären“
4.6	10'	Information	FU	Präsentation: „Absolute dose calibration for ionization chambers“
4.7	35'		GA	LLA: Gruppenpuzzle „Ionisationskammerdosimetrie“
		Pause		
4.8	20'	Information	FU	Präsentation: „Flattening filter free beams“
4.9	10'	Speichern	PL	LLA: live lecture
4.10	20'	Information	FU	Präsentation: „Radiation beam properties“
4.11	20'	Anwenden	PA	LLA: Übungsaufgabe
4.12	5'	Ausstieg	PL	LLA Brainstorming

Tabelle 4
Verlaufsplan für den vierten Unterrichtsblock (180')

Anmerkungen:

Zu 4.1): Präsentation der Lernziele und des Ablaufs der Lerneinheit.

Zu 4.2): Um den Themenkomplex Dosimetrie einzuleiten musste sichergestellt werden, dass die prinzipielle Funktionsweise eines medizinischen Linearbeschleunigers verstanden wurde. Hierfür wurde zur Wiederholung/Auffrischung des Wissens ein qualitativ hochwertig und voll animiertes 8-minütiges Youtube Video (ELEKTA 2010) präsentiert.

Zu 4.3) *Einzel-LLA*: Im Anschluss wurden mehrere Screenshots aus dem Video als „clickable images“ in PollEverywhere präsentiert. Hierzu wurden nun mündlich Fragen vom Lehrenden gestellt, welche ebenfalls in den Bildüberschriften abgelesen werden konnten. Die Studierenden klickten jeweils auf die entsprechenden Bauteile. Da alle Studierenden sehen konnten, wo ihre Kommiliton:innen geklickt haben, sollte jeweils erst nach einer kurzen Wartezeit geklickt werden.

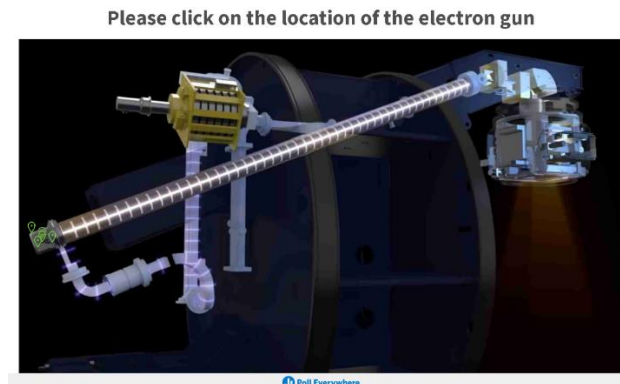


Abbildung 11

Die "clickable image" Funktion von PollEverywhere wird verwendet und das Verständnis der Funktionsweise eines Linaerbeschleunigers zu überprüfen

Zu 4.4) *Präsentation*: „Ionization chamber principles“ (16 PowerPoint-Folien)

Zu 4.5) *Partner-LLA*: Erklären sie ihre:r Kommiliton:in in 1-2 Minuten die Funktionsweise einer Ionisationskammer (ähnlich LLA Blitzlicht)

Zu 4.6) *Frontalunterricht*: „Absolute dose calibration“ (4 PowerPoint-Folien). Dieser Frontalunterricht diente nur als Einleitung auf 4.7, wo die eigentlichen Inhalte erarbeitet werden.

Zu 4.7) *Gruppen-LLA*: „Gruppenpuzzle“: Die Studierenden sollten einen Fachtext (in Moodle verfügbar) zu einer Kalibrationsvorschrift von Ionisationskammern durchlesen. Anschließend führten sie in Gruppen die LLA Gruppenpuzzle durch, um die Kalibrationsvorschriften zu verstehen. Eine detaillierte Beschreibung der Gruppenpuzzle-LLA findet sich in BÖDICKER 2016.

Zu 4.8) *Frontalunterricht*: „Flattening filter free beams“ (17 Folien)

Zu 4.9) *Plenum-LLA*: „live lecture“ Der Frontalunterricht zu 4.8 wurde dreimalig unterbrochen (nach 7', 14', 20'). In den Pausen wurde eine Frage gestellt, die den Kerninhalt der Präsentation widerspiegeln. Die Studierenden verwendeten die „Hand heben-Funktion in Webex um zu signalisieren, dass sie Antworten möchten. Nach dem ersten Studierenden wurde die Antwort, falls falsch beantwortet entsprechend vom Lehrenden korrigiert. Sofort im Anschluss wurde ein/e weitere:r Studierende:r aufgerufen, die/der die korrekte Antwort nochmals zusammenfasste.

Zu 4.10) *Präsentation*: „Radiation beam properties“ (16 PowerPoint-Folien)

Zu 4.11) *Partner-LLA*: Abschnitt 4.10 beinhaltet relativ viele Formeln. Dementsprechend sollte hier im Rahmen einer Partnerarbeit zwei einfache Rechenbeispiele konkret durchgeführt und mit dem Partner besprochen werden.

Zu 4.12) *Erfassung der gelernten Inhalte mittels PollEverywhere*: „Brainstorming“ wie in Abbildung 12 dargestellt. Verabschiedung von den Studierenden und Ausblick auf die letzte Lerneinheit.

What did we learn today?

Top

- | 1 | correction factors
- | 1 | Dosimetry
- | 0 | What flattening filter free beams are
- | -1 | HowTo calibrate a detector

Abbildung 12

Erfassung der gelernten Inhalte mittels "Brainstorm" in PollEverywhere

Fünfte Unterrichtseinheit ($2 \times 45' = 90'$) „patient specific QA“

TOP	Zeit	Lernphase	Sozialform	Tätigkeit/Thema
5.1	5'	Einstieg	FU	
5.2	15'	Information	FU	Video: „Durchführung einer Qualitätssicherungs-Messung“
5.3	15'	Anwenden	EA	LLA Sortieren: Qualitätssicherungs-Messung
5.4	15'	Information	FU	Präsentation: „The Gamma index – a dose comparison method“
5.5	30'	Anwenden	GA	LLA: quality assurance Praktikum
5.6	10'	Ausstieg		

Tabelle 5

Verlaufsplan für den fünften Unterrichtsblock (90')

Anmerkungen:

Zu 5.1): Präsentation der Lernziele und des Ablaufs der Lerneinheit.

Zu 5.2) *Frontalunterricht*: Video „Durchführung einer Qualitätssicherungs-Messung“ Da die Durchführung einer konkreten Messung an einem der klinischen Therapiegeräte nicht möglich war, wurde vom Lehrenden ein Video einer konkreten Messung samt aller nötigen Arbeitsschritte durchgeführt. Der Lehrende präsentierte das Video und erklärte die einzelnen Arbeitsschritte währenddessen. Bei Fragen oder Unklarheiten konnte an die entsprechende Stelle im Video zurückgesprungen werden.

Zu 5.3) *Einzel-LLA Sortieren*: Die Studierenden erhielten eine Sortieraufgabe in Polleverywhere, in welcher sie den Arbeitsablauf einer Qualitätssicherung in die richtige Reihenfolge bringen mussten. In Abbildung 13 ist ein mögliches Ergebnis dargestellt.

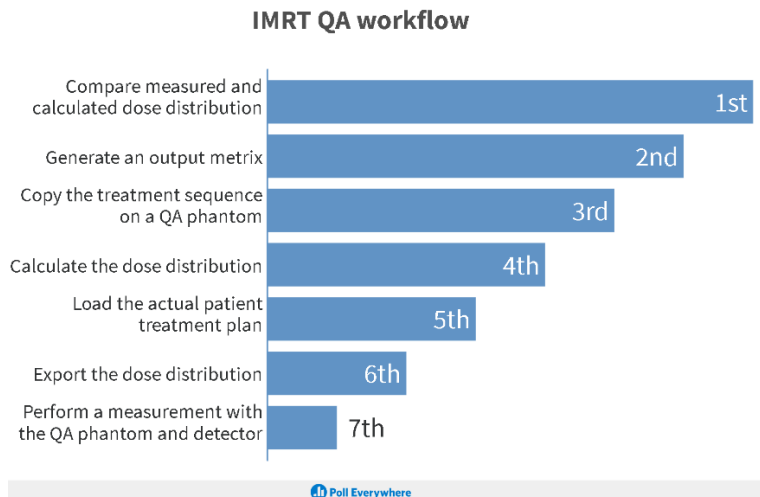


Abbildung 13
Mögliches Ergebnis der "Sortieren" LLA

Zu 5.4) *Frontalunterricht*: „The Gamma index – a dose comparison method“ (8 Power-Point-Folien)

Zu 5.5) *Gruppen-LLA*: „Quality Assurance Lab“. Die Messung, die in 5.2 virtuell vom Lehrenden durchgeführt wurde, sollte nun in Gruppenarbeit ausgewertet werden. Da hierfür nur zwei Softwarelizenzen der Auswertesoftware zur Verfügung standen, musste in zwei Gruppen gearbeitet werden. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte wird in Moodle zur Verfügung gestellt. Die Studierenden werteten den Datensatz mit unterschiedlichen Auswerteparametern aus und diskutieren die Ergebnisse in ihren Gruppen.

Umarbeitung einer naturwissenschaftlich-technischen (MINT) Präsenz-Lehrveranstaltung in ein lernförderliches Online-Format

Zu 5.6): Zum Abschluss der Veranstaltung wurden die Studierenden um direktes Feedback zur Gesamtveranstaltung mittels eines Fragebogens gebeten. Wie in Abbildung 14 dargestellt, bestand der Fragebogen aus vier Einzelfragen und wurde mit PollEverywhere: „Presentation Feedback“ erstellt.

- How would you rate the content?
- How would you rate the presenter?
- What did you like most about this session?
- How would you improve this session?

Der Lehrende bedankte sich für die Aufmerksamkeit und wies auf seine Erreichbarkeit per E-Mail sowie den Termin der anstehenden Klausur hin.

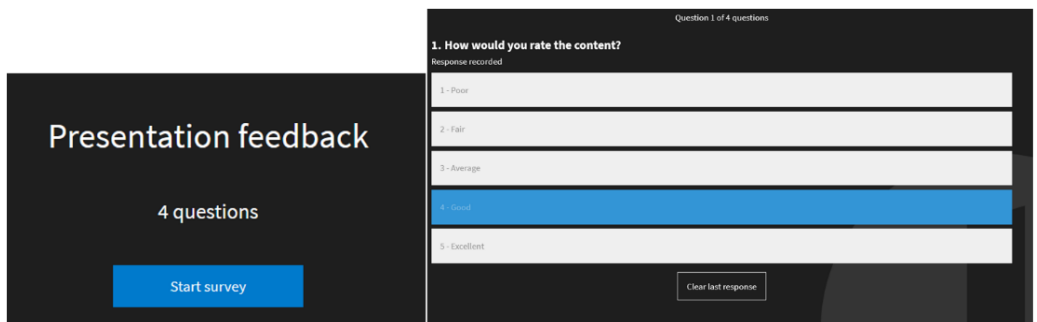


Abbildung 14

Feedback der Gesamtveranstaltung mittels "Presentation Feedback" in PollEverywhere

Evidenzen zur Sicherstellung der Zielerreichung

Während der Veranstaltung wurde die Zielerreichung durch die vorgestellten studentischen Ergebnisse und das studentische Feedback in den entsprechenden LLAen sichergestellt. Am Ende der Veranstaltung diente die Abschlussklausur zur Lernzielkontrolle, welche nach dem Prinzip des „Constructive Alignment“ (BIGGS 1996) die Lernziele, welche in den einzelnen Lernaktivitäten geübt wurden, enthielt.

Risikoanalyse/Identifikation potenziell problematischer Parameter

Ein potenziell problematischer Aspekt war die zur Verfügung stehende Zeit. Es wurden zwar in fast allen Themenblöcken jeweils die am wenigsten relevanten Teilaspekte bereits entfernt, jedoch war stellenweise unklar, wie viel Zeit eine konkrete Gruppe für spezifische Lehr-Lern-Aktivitäten benötigte. Besonders diejenigen Lehr-Lern-Aktivitäten, in denen Inhalte erarbeitet wurden, waren essenziell und mussten vollständig bearbeitet werden. Des Weiteren könnten unvorhergesehene technische Probleme zu Verzögerungen im Ablauf führen. Ein temporärer Verlust der Internetverbindung des Lehrenden führte beispielsweise zu einer ca. 15-minütigen Verzögerung. Unpünktlichkeit und temporäre Abwesenheit seitens der Studierenden könnte ebenfalls in einem Online-Format größer als in Präsenzformaten sein. Auf die Einhaltung der Regeln sollte klar zu Beginn der Veranstaltung hingewiesen werden. Die entsprechenden Lehr-Lern-Aktivitäten stellten hier eine gewisse studentische Präsenz sicher. Im Falle nennenswerter Verzögerungen sind vor allem Inhalte des vierten Vorlesungsblockes teilweise optional. Hier wäre ein gewisser zeitlicher Puffer für notwendige Korrekturmaßnahmen vorhanden gewesen.

Diskussion und Ausblick

Das studentische Feedback in Form von Teilnehmerrückmeldungen zur Veranstaltung war größtenteils positiv. Diese wurden am Ende der Veranstaltung akquiriert. Darüber hinaus wurde nach der zweiten Veranstaltung konkret vom Lehrenden nachgefragt, ob die Studierenden Änderungswünsche bzw. Vorschläge hätten, was verneint wurde. Dies ist insbesondere im Lichte der Tatsache, dass die Evaluationen der Veranstaltung der Vorgängerjahre meist gemischte Resonanz enthielten (Mittelwert 2,5) als positiv zu bewerten. Die Abschlussprüfung (Mittelwert 2,1) und die eigens durchgeführte Lehrevaluation (Mittelwert 1,5) lassen auf ein grundsätzliches Verständnis und auf eine grundsätzliche Zustimmung der Studierenden zur Durchführung rückschließen.

Die Studierenden äußerten in ihrem Feedback mehrfach den verständlichen Wunsch nach mehr praktischen Lehreinheiten, was aufgrund der COVID-19-Situation nicht erfüllbar war. Dies wurde mit den digitalen LLAen zwar bestmöglich adressiert, ist jedoch schwer vollständig ersetzbar. Eine der Herausforderungen dieser Veranstaltung aus Sicht des Lehrenden bleibt die Heterogenität des Wissens- und Kompetenzniveaus der Studierenden. Dies stellt klar die größte Herausforderung im Rahmen eines kompetenzorientierten Unterrichts dar, in dem Studierende die Lerninhalte mitentwickeln. Hierbei ist jedoch der konsequente Einsatz von LLAen eher als lernförderlich wahrgenommen worden.

Was könnten nächste Schritte sein, um Qualitätsverbesserung nachhaltig zu sichern?

Trotz der vielfältigen Herausforderungen eines Online-Unterrichtes ist festzustellen, dass die meisten Studierenden Online-Unterricht dem reinen Selbststudium vorziehen (SUN, TANG & ZUO 2020), weshalb Online-Unterricht *das* Mittel der Wahl während der Fortdauer der Pandemie darstell(e). Im Rahmen dieses Beitrags wurde aufgezeigt, wie kompetenzorientierter Online-Unterricht auch in naturwissenschaftlich-technischen Disziplinen durchgeführt werden kann. Als positiver Nebeneffekt erwerben die Studierenden durch digitale Lehr-Lern-Formate weitere Kompetenzzuwächse im Bereich der Medienkompetenz, der medialen Zusammenarbeit sowie der Selbstorganisation (Home-Office) (FÖRTSCH 2020).

Für viele Lehrende stellt sich sicherlich die Frage, welchen Stellenwert die Online-Lehre auch in Zukunft einnehmen kann und soll. Für dieses konkrete Lehrexperiment ist festzustellen, dass die Möglichkeiten eines Online-Unterrichtes gut mit den zu erreichenden Lernzielen in Einklang gebracht werden konnten. Für dieselbe Veranstaltung im nächsten Studienjahr wäre ein integrierter Lernansatz („blended learning“) wünschenswert. Da die meisten der vorgestellten Lehr-Lern-Aktivitäten aus der Präsenzlehre heraus entwickelt wurden, wäre es in diesem Kontext leicht möglich, die gut funktionierenden Lehr-Lern-Aktivitäten auch in die Präsenzlehre zu integrieren und um konkrete praktische Lehrereinheiten zu ergänzen. Darüber hinaus hat sich die Verwendung eines Chatmoduls zur Formulierung und strukturierten Beantwortung von Fragen, die während der Vortragsblöcke auftauchten als nützlich bewährt und wäre auch in einem Präsenzformat denkbar.

Bibliographie

- BIGGS, John. 1996. “Enhancing teaching through constructive alignment” in: *Higher Education* 32, S. 347–364.
- BLOOM, Benjamin S. 1976. *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*. 5. Auflage, Weinheim: Beltz.
- BÖDDICKER, Natalie, HAUCH, Hanna, HINZER, Anna, HOFER, Matthias, KARSTEN, Nicolas, KHAN, Arsalan, RUBENS-LAARMANN, Anne, WILHELM, Susanne. 2016. „Methodensammlung für Dozierende der Heinrich-Heine-Universität“ (https://www.uni-duesseldorf.de/home/fileadmin/redaktion/Lehre/Hochschuldidaktik/Downloads/Methodenbuch_Stand151216.pdf; Zugriff: 09.08.2021).
- BOETTCHER, Judith V., CONRAD, Rita-Marie. 2010. “The Online Teaching Survival Guide: Simple and Practical Pedagogical Tips” (<https://tomprof.stanford.edu/posting/1091>; Zugriff: 5.11.2020).

- BOHNENKAMP, Björn, BURKHARDT, Marcus, GRASHÖFER, Katja, HLUKHOVYCH, Adrianna, KREWANI, Angela, MATZNER, Tobias, MISSOMELIUS, Petra, RACZKOWSKI, Felix, SHNAYIEN, Mary, WEICH, Andreas, WIPPICH, Uwe. 2020. „Online-Lehre 2020 – Eine medienwissenschaftliche Perspektive“. Diskussionspapier Nr. 10. Hochschulforum Digitalisierung, (https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_DP_10_Online-Lehre_2020_Eine_medienwissenschaftliche_Perspektive.pdf; Zugriff: 09.08.2021).
- CONRAD, Dianne. 2004. „University instructors‘ reflections on their first online teaching experiences“, in *JALN* 8, S. 31–43.
- DENNERT-MÖLLER, Elisabeth, GARMANN Robert. 2014. „Entwicklung überfachlicher Kompetenzen von Anfang an“, in: *Commentarii informaticae didacticae (CID)* S. 11–23.
- ELEKTA. 2010. “How a Linear Accelerator Works – HD” (<https://www.youtube.com/watch?v=jSgnWfbEx1A>; Zugriff: 09.08.2021).
- FELTEN, Peter. 2013. "Principles of Good Practice in SoTL". In: *Teaching and Learning Inquiry: The ISSOTL Journal* 1:1: S. 121–125.
- FISCHER, Maike, SPANNAGEL, Christian. 2012. „Lernen mit Vorlesungsvideos in der umgedrehten Mathematikvorlesung.“ In: DESEL, Jörg, HAAKE, Jörg M., SPANNAGEL, Christian (Hrsg.), *DeLFI 2012 – Die 10. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V.* Bonn, S. 225–236. (http://www01.ph-heidelberg.de/wp/spannagel/publications/Fischer_Spannagel_2012.pdf; Zugriff: 5.11.2020).
- FÖRTSCH, Matthias. 2020. „#CoronaCampus: Es braucht digitale Lehr- UND Lernkompetenz“. (<https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/blog/coronacampus-digitale-lernkompetenz>; Zugriff: 5.11.2020).
- GANNOD, Gerald C., BURGE, Janet E., HELMICK, Michael T. 2008. „Using the Inverted Classroom to Teach Software Engineering“, in: *ICSE '08: Proceedings of the 30th international conference on Software engineering*, S. 777–786.
- HANOVER RESEARCH. 2019. “Best Practices in Online Professional Learning” (<https://cdn2.hubspot.net/hubfs/3409306/Best-Practices-in-Online-Professional-Learning.pdf>; Zugriff: 5.11.2020).
- HANDKE, Jürgen, SPERL, Alexander. 2012. *Das Inverted Classroom Model*. Begleitband zur ersten deutschen ICM Konferenz: Münster: Oldenbourg.

- HUTCHINGS, Pat, SHULMAN, Lee S. 1999. "The Scholarship of Teaching: New Elaborations, New Developments". In: *Change: The Magazine of Higher Learning*, 31:5, 10–15.
- KRÄMER, Nicole, RUMMEL, Nikol. 2017. "Soziale Interaktion als Erfolgsfaktor des Lernens mit digitalen Medien" (<https://www.e-teaching.org/community/communityevents/ringvorlesung/soziale-interaktion-als-erfolgsfaktor-des-lernens-mit-digitalen-medien>; Zugriff: 01.08.2021).
- LEE, Kyungmee. 2020. „Coronavirus: 14 simple tips for better online teaching“ (<https://theconversation.com/coronavirus-14-simple-tips-for-better-online-teaching-133573>; Zugriff: 5.11.2020).
- LÜBECK, Dietrun. 2009. *Lehransätze in der Hochschullehre*. Dissertation Freie Universität Berlin, S. 31–33.
- OFFERGELD, Christian, KETTERER, Manuel C., NEUDERT, Marcus, HASSEPAB, Frederike, WEERDA, Nicola, RICHTER, Bernhard, TRASER, Louisa, BECKER, Christoph, DEEG, Niklas, KNOPF, Andreas, WESARG, Thomas, RAUCH, Ann-Kathrin, JAKOB, Till F., FERVER, Florian, LANG, Friederike, VIELSMEIER, Veronika, HACKENBERG, Stephan, DIENSTHUBER, Marc, PRAETORIUS, Mark, HOF AUER, Benedikt, MANSOUR, Naglaa, KUHN, Sebastian, HILDENBRAND, Tanja. 2020. „Ab morgen bitte online: Vergleich digitaler Rahmenbedingungen der curricularen Lehre an nationalen Universitäts-HNO-Kliniken in Zeiten von COVID-19“, in: *HNO* 69, S. 213–220.
- SALMON, Gilly. 2013. "The five stages model" (<https://www.gillysalmon.com/five-stage-model.html>; Zugriff: 5.11.2020).
- STENGER, Scott. 2020. "In Hybrid Classes, Some Students Are Likely to Feel Left Out" (<https://hbsp.harvard.edu/inspiring-minds/in-hybrid-classes-some-students-are-likely-to-feel-left-out>; Zugriff: 5.11.2020).
- SUN, Litao & TANG, Yongmin, ZUO, Wei. 2020. „Coronavirus pushes education online“, in: *Nat. Mater.* 19, S. 687.
- TOVAR, Christine. 2020. „Zum ersten Mal Online-Lehren dank Corona? Soft Facts und Hacks für den schnellen, aber bedachten Einstieg“ (<https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/blog/5-tipps-online-lehre>; Zugriff: 5.11.2020).
- WANNEMACHER, Klaus. 2016. „Organisation digitaler Lehre in den deutschen Hochschulen“ (https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_Nr21_Organisation_digitaler_Lehre_web.pdf; Zugriff: 5.11.2020).

WEBELS, Doris. 2020. „Lessons Learned: Mit 12 Fragen zu mehr Online-Glück in der Hochschullehre“ (<https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/blog/lessons-learned-online-hochschullehre>; Zugriff: 5.11.2020).

Jens Fleckenstein ist Physiker in der Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie des Universitätsklinikums Mannheim. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Einführung und Validierung neuer Methoden in der Hochpräzisions-Strahlentherapie. Aktuell beschäftigt er sich mit der Etablierung von adaptiver Strahlentherapie, bei der die therapeutische Strahlendosis tagesaktuell an die Patientenanatomie angepasst und optimiert wird. Gute Lehre bedeutet für ihn, anspruchsvolle Lehrinhalte gemeinsam mit den Studierenden zu entwickeln und sie somit zu einem wissenschaftlich begründeten und verantwortungsvollen Handeln zu ermutigen.

Jens Fleckenstein
jens.fleckenstein@medma.uni-heidelberg.de