die hochschul*lehre*
Interdisziplinäre Zeitschrift für Studium und Lehre

die hochschul*lehre* – Jahrgang 8 – 2022 (29)
Herausgebende des Journals: Svenja Bedenlier, Ivo van den Berk, Jonas Leschke, Peter Salden, Antonia Scholkmann, Angelika Thielsch
Beitrag in der Rubrik Praxis
DOI: 10.3278/HSL2229W
ISSN: 2199–8825 wbv.de/die-hochschullehre

CC BY SA

E-Didaktik im internationalen Lehren der additiven Fertigung

Rezo Aliyev, Moritz Lamottke & Henning Zeidler

Zusammenfassung

Die Digitalisierung der Lehre schafft eine weitere Plattform für internationale Hochschulkooperationen, die Studierenden aus verschiedenen Ländern neue Wege zur Bildung, unabhängig von Auslandsmobilitäten, eröffnet. Dieser Beitrag zeigt die Potenziale dieses Konzeptes am Beispiel der Fachrichtung der additiven Fertigung. Im Rahmen eines länderübergreifenden Projekts mit Teilnehmenden aus drei Technischen Universitäten wurde gemeinsam ein digitales Format entwickelt, welches die Möglichkeiten und die Perspektive von Blended Learning in der internationalen digitalen Zusammenarbeit aufzeigt.

Schlüsselwörter: Digitalisierung der Lehre; internationale Hochschulkooperationen; weltweite Mobilität; Blended Learning; COIL

E-didactics in international teaching of additive manufacturing

Abstract

The digitalization of teaching provides another platform for international university cooperation, opening up new ways of education for students from different countries, independent from international mobility. This paper shows potentials of this concept using the field of additive manufacturing as an example. As part of a transnational project with participants from three technical universities, a digital format was jointly developed that shows possibilities and the perspective of blended learning in international digital collaboration.

Keywords: Digitalization of teaching; international university cooperation; global mobility; blended learning; COIL

1 Einleitung

Die Internationalisierung im Hochschulbereich wird an mehreren Aspekten der Zusammenarbeit von Hochschulen deutlich. Dabei spielen neben den wirtschaftlichen, politischen und soziokulturellen Aspekten insbesondere akademische Aspekte bei der Annäherung an die internationalen Standards sowie bei der Steigerung der Qualität eine bedeutende Rolle (Altbach, 2007). Diese bilden den Inhalt der Internationalisierungsaktivitäten der Hochschulen, die teilweise durch verstärkte Mobilität von Studierenden und Lehrpersonal begleitet werden. Die dabei entstehenden Partnerschaften zwischen den Hochschulen werden in der Regel durch die Einführung von Studiengängen mit Doppelabschluss und durch den Doktoranden- und Wissenschaftleraustausch mit längerem Aufenthalt

begleitet und verstärkt. Die Strategie der Hochschulinternationalisierung kann durch die Digitalisierung der Lehre entscheidend unterstützt und erfolgreich umgesetzt werden. Die Digitalisierung eröffnet neue Wege, Zusammenarbeit zwischen den Partnerhochschulen mittels digitaler Formate in der Lehre und Forschung zu intensivieren und die Potenziale der Kompetenzvermittlung besser zu nutzen. Die dafür verwendete Strategie des E-Learning wird mit entsprechenden Informations- und Kommunikationstechnologien unterstützt.

Die bereits vor einiger Zeit in vielen Hochschulen eingeführten E-Learning-Konzepte müssen durch die aktuelle Situation im Bildungsbereich, bedingt durch die COVID-19-Pandemie, verstärkt vorangetrieben werden. Die Präsenzlehre musste in den vergangenen zwei Jahren nahezu vollständig in digitale Lehr-Lernformate umgewandelt werden. Dabei entspricht die vollumfängliche Digitalisierung von Informations- und Kommunikationsprozessen den zentralen Aufgaben der Technischen Universitäten und Hochschulen. Die technischen Module mit praktischen Anteilen stellen besondere Anforderungen an die digitale Durchführung der Lehrveranstaltungen (Sorko & Irsa, 2019). Daher ist die zentrale Gestaltungsaufgabe der Lehrenden, die Potenziale des E-Learning zielführend und praxisbasierend zu nutzen und weiterzuentwickeln. Besonders im Bereich der internationalen Hochschulpartnerschaft gilt es, die digitale Interaktion der Studierenden aus verschiedenen Partnerhochschulen durch neu entwickelte didaktische Konzepte zu fördern. Ziel ist dabei, dass alle Studierenden unabhängig von der Auslandsmobilität an internationalen Studienprogrammen teilnehmen und interkulturelle Erfahrungen sammeln können. Entsprechende Programme sollten im Rahmen der Internationalisierung der Curricula der Hochschulen umgesetzt werden.

Das DAAD-geförderte IVAC-Projekt „PPAM – Production Planning in Additive Manufacturing“ nimmt sich dieser Herausforderung an. In einer Kooperation zwischen der Professur „Additive Fertigung“ der TU Bergakademie Freiberg/Deutschland [TUBAF], dem Department „Non-Ferrous Metals and Gold“ der National University of Science and Technology „MISIS“, Moskau/Russland [MISIS], und dem Department „Mechanical Engineering“ der Salahaddin University, Erbil/Irak [SU], werden in den Jahren 2020 und 2021 jeweils Studierende der Ingenieurwissenschaften auf Masterniveau adressiert. Es wird ein neues Konzept für die Internationalisierung von Lehre und Curricula mittels digitaler Werkzeuge im Kontext der Ingenieurwissenschaften in der Fachrichtung der additiven Fertigung entwickelt. Dieser Beitrag stellt die entwickelten Maßnahmen zur Erstellung eines internationalen Masterlevel-Moduls „Production Planning in Additive Manufacturing“ vor. Die Wege zur Umsetzung der Idee und die erzielten Ergebnisse werden dargestellt. Einen Schwerpunkt bildet hier die Nutzung digitaler Werkzeuge zur Vorbereitung und Bereitstellung der Lehrinhalte. Die virtuell zusammenarbeitenden Studierenden der Partnerhochschulen sollen die in der digitalen Vorlesung erworbenen Kenntnisse bei der Planung und physischen Fertigung von Praxisbauteilen in einem Praktikum anwenden. Der praktische Anteil dieser Zusammenarbeit baut auf dem gegenseitigen Stellen von Fertigungsaufgaben, die vollständig gelöst werden sollen, auf. So können wichtige Erfahrungen für die in der Praxis kontinuierlich und grenzübergreifend stattfindende Entwicklung und Herstellung technischer Produkte gesammelt werden (May et al., 2017; Will-Zochol, 2012; Sawodny, Wolff & Zhang, 2022).

Jede Hochschule bildet ein eigenes Team, diese kooperieren eng miteinander. Die Kommunikation findet online über die von der TUBAF bereitgestellte Ressource regelmäßig statt. Die Häufigkeit der Kommunikation entspricht dem Ablauf des praktischen Teiles des Kurses. Die erreichten Zwischenergebnisse einzelner Teams werden in einem Onlinetreffen mit Teilnehmenden und Betreuer:innen des jeweiligen Teams diskutiert und die nächsten Schritte präzisiert.

Da das Lehren und Lernen auch coronabedingt nur virtuell stattfinden konnte, ergeben sich Möglichkeiten und Notwendigkeiten, Aspekte des Collaborative Online International Learning (COIL) zu berücksichtigen. Die internationale Teamzusammenarbeit schaffte die Basis für das COIL-Konzept. Die Einbettung dieses Konzeptes in die lokale Lehre der jeweiligen Partnerhochschulen muss die digitalen, kollaborativen und interkulturellen Kompetenzen im Rahmen dieses Projektes bündeln. Im Rahmen des Projektes werden die Formate und Methoden der eingesetzten Kommunikations- und Kooperationswerkzeuge entsprechend dem Wissensstand der Teilnehmenden

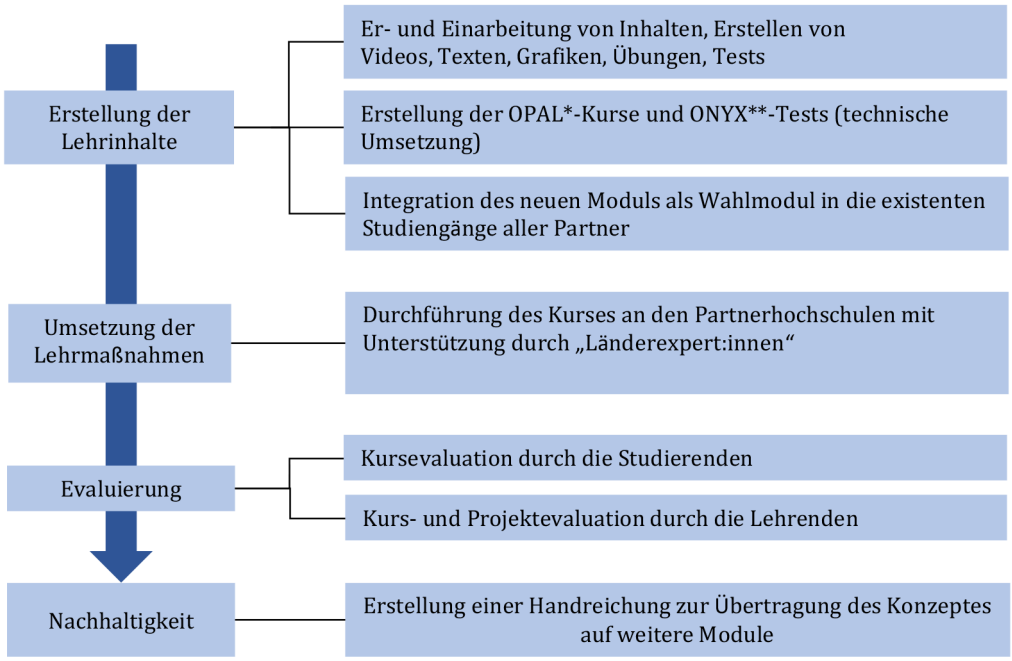
und unter Berücksichtigung der Projektziele vorbereitet und eingesetzt. Somit entstehen nachhaltige Strukturen für den Einsatz von internationalen Lehrprojekten.

2 Gesamtkonzept der Digitalisierung der Lehre „AM“

Mit dem Modul „Production Planning in Additive Manufacturing“ wird ein internationaler digitaler Blended-Learning-Kurs geschaffen. Additive Fertigung (engl.: Additive Manufacturing, AM) ist eine übergreifende Bezeichnung für Fertigungsverfahren, die Material Schicht für Schicht auftragen und so dreidimensionale Bauteile ohne produktspezifische Werkzeuge fertigen. Additive Fertigung ist als eine internationale Schlüsseltechnologie der Produktion fest mit dem Themenbereich der Digitalisierung der Produktion und somit der Industrie 4.0 verbunden.

Die wissensbasierte Planung der Fertigung bildet nach wie vor die Basis für jedes erfolgreiche und effiziente Arbeiten in einem produzierenden Unternehmen. Bei der damit einhergehenden strategischen Arbeitsvorbereitung steht die Optimierung des gesamten Fertigungsablaufs im Vordergrund. Die Fertigungsplanung umfasst alle Maßnahmen zur Herstellung von Teilprodukten, Produkten und Baugruppen. Sie schafft und kontrolliert die Voraussetzungen, unter denen der gesamte Produktionsprozess erfolgt. Dazu gehören neben den Fertigungsprozessen inklusive vor- und nachgelagerter Verfahren auch die technologie- bzw. prozesskettenoptimale Aufbereitung der Konstruktion, Material- und Maschinenplanung, zeitliche, personelle und Kostenplanungen. Für die neuen Technologien und Prozessketten der additiven Fertigung ist diese Planung industriell noch nicht ausgereift und stellt einen Kernbedarf für die Etablierung der AM im industriellen Umfeld dar. Der Bedarf an entsprechend ausgebildetem Fachpersonal besteht weltweit gleichermaßen und bietet daher eine hervorragende Möglichkeit zur internationalen Zusammenarbeit.

Das internationalisierte, hochschulübergreifende Masterlevel-Kursmodul „Production Planning in Additive Manufacturing“ ist thematisch aufbauend auf der deutschsprachigen Präsenzlehrveranstaltung „Fertigungsplanung in der Additiven Fertigung“ der TU Bergakademie Freiberg (TUBAF) (Abb. 1).



* *OPAL – Online Plattform für Akademisches Lehren und Lernen*
** *ONYX* – Software zur Durchführung von elektronischen Tests, Prüfungen und Fragebogen

Abbildung 1: Ziele des Projektes

Der zu entwickelnde Blended-E-Learning-Kurs „Production Planning in Additive Manufacturing“ greift inhaltlich auf folgende Themen zurück:

- Grundlagen der Fertigungsplanung
- Spezifische Randbedingungen der additiven Fertigungsverfahren
- Planung der additiven Fertigungsprozessketten (Pre-/In-/Post-Process)
- Gestaltung von Prozessen für die mechanische Endbearbeitung und Oberflächenfinish
- Ermittlung der Fertigungszeiten und Kostenplanung
- Standardisierung in der additiven Fertigung

Die Lernziele dieses Moduls sind erreicht, wenn die Studierenden anhand der bereitgestellten Lernmaterialien und vermittelten Methoden zur Fertigungsplanung neue Fähigkeiten und Zuwachs an Wissen erworben haben, um den umfassenden Arbeitsplan zur Realisierung der Prozesse der gestellten Fertigungsaufgabe selbstständig zu erstellen. Die Studierenden sollen dazu befähigt werden, zunächst die gestellte Fertigungsaufgabe unter Berücksichtigung von planungstechnischen Merkmalen zu analysieren und die Rahmenbedingungen und Kriterien der wirtschaftlichen Fertigung zu definieren. Dies ermöglicht es den Studierenden dann, auf Basis der zur Verfügung stehenden Lehrmaterialien alternative technologische Möglichkeiten zu suchen, wofür sie ihr erworbenes methodisches Vorgehen zur Planerstellung selbstständig anwenden. Die festgelegten Kriterien setzen die Studierenden für die Auswahl einer konkreten Prozesskette ein. Abschließend erstellen die Studierenden den Fertigungsplan für die gestellte Aufgabe und dokumentieren dies nach einer normierten Vorlage. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Studierenden in diesem Kurs den konkreten Umgang mit methodischen Werkzeugen der Fertigungsplanung lernen. Bei der Umsetzung eines vorgegebenen Fertigungsplanes der praktischen Teilefertigung vertiefen die Studierenden ihr technologisches Wissen und steigern ihre Fertigkeiten beim Arbeiten mit 3D-Druck-Techniken. Dieses problemorientierte Lernen an einem konkreten praktischen Beispiel soll die Anwendung des erlernten technischen und methodischen Wissens ermöglichen sowie die Fähigkeiten der Planung einer Prozesskette zur Herstellung eines Teiles und des Erfassens der entsprechenden Zusammenhänge zwischen Konstruktion und Fertigung aufzeigen.

Um die geplanten Vorhabenziele zu realisieren, wurden die Maßnahmen erarbeitet und in diesem Forschungsprojekt umgesetzt. Basierend auf einer Analyse der existenten und geplanten ingenieurtechnischen Studiengänge der beteiligten Universitäten erfolgte die inhaltliche Anpassung des digitales Kursprogrammes, welches sich an den Möglichkeiten des Blended Learning und den Ansätzen von Blended Mobility orientiert. Aufbauend auf Inhalten der deutschen Lehrveranstaltung „Fertigungsplanung in der Additiven Fertigung“ der TUBAF und Erkenntnissen/Wissen der anderen Projektpartner wird das Konzept erweitert, aktualisiert und vollständig digital erstellt. Das geplante Präsenztreffen vor Ort wurde aufgrund der Coronapandemie in ein digitales Treffen umgewandelt und intensiv betrieben, wobei die Fortschritte und Probleme bei der Umsetzung des Lernkonzeptes diskutiert wurden. Die Kurse wurden vor Ort durch die jeweiligen Projektpartner organisiert und durchgeführt. Für die Umsetzung der praktischen Aufgabe wurden die technische Ausstattung der Labore (Fertigungs- und Messmittel, Materialien, Software) beschrieben und für die Teilnehmenden in Form eines Kataloges bereitgestellt. Die Kursevaluation durch die Studierenden und Lehrenden ermöglicht es, den entwickelten Kurs zu optimieren.

Am Ende des Kurses erlangen die Studierenden neben den fachlichen Kompetenzen zusätzlich interkulturelle Kompetenzen. Deren Entwicklung konnte bisher im Studium größtenteils nur im Rahmen internationaler Mobilität erfolgen. Durch die virtuelle akademische Kollaboration in einzelnen Modulen eröffnen sich neue Wege, diese Kenntnisse zu erwerben. Die gemeinsamen problemorientierten Diskussionen miteinander sowie unterschiedliche Herangehensweisen von Studierenden regen den kulturübergreifenden Meinungsaustausch und die individuelle Reflexion der Studierenden an. Damit werden die Prinzipien des situierten Lernens umgesetzt (Frye, Radtke & May, 2020).

3 Aufbau des Kurses

Das Modul setzt sich zusammen aus einem theoretischen Vorlesungs- und einem praktischen Übungsteil. Der Lehrveranstaltung zugrunde liegt der gesamte Fertigungsprozess eines AM-Bauteiles, unterstützt durch Fachexpertise aus den beteiligten Universitäten. Zu Beginn erhalten die Studierenden das theoretische Wissen zur klassischen Fertigungsplanung sowie zur Prozessgestaltung verschiedener additiver Fertigungsverfahren. Der Inhalt der Vorlesung baut auf den Grundlagen der Produktionsplanung auf, die eine wichtige Rolle bei der Organisation der Prozesse in der produzierenden Industrie spielen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Planungsprinzipien von neuen Prozessfolgen gelegt. Die dafür erforderlichen Methoden, wie Neuplanung, Änderungsplanung und Wiederholplanung, bilden den Grundstein des Kurses.

Die Studierenden erhalten grundlegende und vertiefende Informationen über die gesamte Prozesskette der additiven Fertigung. Ausgehend von der initialen Aufnahme der Bauteildaten werden sie bis hin zur abschließenden Wirtschaftlichkeitsanalyse sukzessive durch die Prozesskette geführt und erhalten dabei einen ganzheitlichen Einblick in die Auswahl alternativer Prozesse. Durch die Kombination von Vorlesungseinheiten und einem praktischen Teil findet eine Wissensgewinnung statt, die dem Ziel des Moduls entspricht.

Die in diesem Kurs geplanten Vorlesungen sind in acht Einheiten online gehalten und deren Inhalte werden anschließend als PDF-Folien in OPAL bereitgestellt. Unter Berücksichtigung der Unterschiede zwischen den Vorlesungszeiträumen der Parteihochschulen lief der Vorlesungszeitraum im Sommersemester 2021 vom 01.04. bis 30.06.2021.

Für die Teilnahme an dem Kurs sollten die Studierenden bereits Grundlagenwissen zur Technologie der additiven Fertigung mitbringen. Dieses wird durch einen Vortest überprüft, welcher für einen Zugang zur Vorlesung bestanden werden muss (Abb. 2).

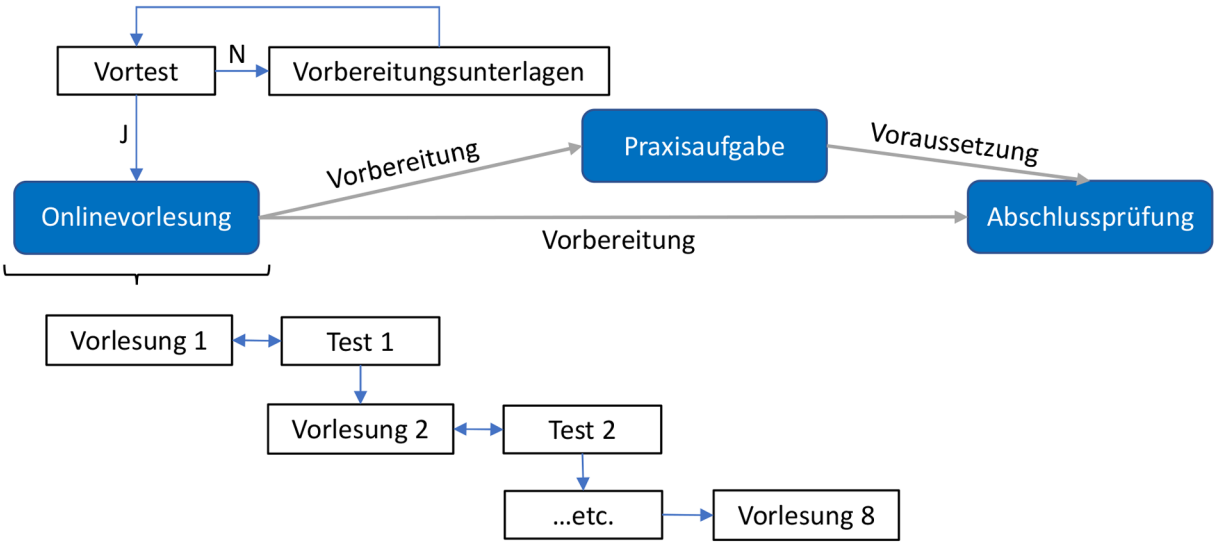


Abbildung 2: Struktur des entwickelten Lernkonzeptes

Für Studierende mit lückenhaftem Vorwissen werden zusätzliche Vorbereitungsunterlagen zur Verfügung gestellt. Das in jedem einzelnen Themenblock der Vorlesung vermittelte Wissen wird auch im Verlauf des Kurses durch Zwischentests abgefragt. Die Testfragen beinhalten das technologische Grundlagenwissen, das den Baustein für die Umsetzung einer Fertigungsplanung darstellt. Mit fortschreitendem Kurs erweitern sich die Testfragen um die bereits gelehrten Vorlesungsinhalte, um die erlangte Fachkompetenz zur Lösung einer Fertigungsaufgabe zu bewerten. Diese kompakten Tests müssen für den Zugang zu den nächsten Vorlesungsunterlagen bestanden werden, sollen jedoch nicht zum Ausschluss von Studierenden vom Kurs führen. Die Tests können daher unlimitiert wiederholt werden.

Parallel zu den Vorlesungen findet alle zwei Wochen das Praktikum zu den Themen der Fertigungsplanung in den Gruppen der jeweiligen Hochschulen statt. Der Inhalt des Praktikums ist so gestaltet, dass die praktischen Fachkompetenzen der Studierenden an konkreten Bauteilen trainiert werden. Ausgangssituation ist die Lehrveranstaltung „Additive Fertigung", die eine Einführung in die unterschiedlichen Verfahren additiver Fertigung geben soll. In der Tabelle 1 ist der Zuwachs der Kompetenzen durch das Erreichen der Lernziele dargestellt.

Tabelle 1: Kompetenzerwerb durch den Einsatz des Praktikums zu „PPAM" (in Anlehnung an Sorko & Irsa, 2019)

Handlungsfeld	Nennen	Anwenden	Bewerten
Fertigungsaufgabe	• Konstruktion des Bauteiles analysieren • Merkmale benennen • Organisatorische Restriktionen benennen • Technische Restriktionen benennen	• Bauteile nach ihrer Fertigbarkeit einordnen • Unterschiedliche Verfahren und dazugehörige Fertigungsmittel recherchieren • Erreichbare Oberflächenqualitäten recherchieren	• Fertigungsverfahren bewerten • Fertigungsmittel beurteilen
Alternative Verfahren	• Anwendungsfälle benennen • Potenziale erkennen • Auslegung beschreiben	• Die Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Verfahren und erzielbare Qualität recherchieren • Nachbearbeitungsverfahren recherchieren	• Potenziale vergleichen • Sicherung der Endqualität durch alternative Prozessketten bewerten
Technologiebewertung anhand der Wirtschaftlichkeit und Auswahl der bestgeeigneten Prozesskette	• Beziehung zwischen Qualität-Zeit-Kosten erklären • Einflüsse einzelner Prozessschritte auf Kosten erkennen • Gesamte Fertigungskosten beschreiben	• Kriterien der wirtschaftlichen Fertigung formulieren • Kostenfunktion gezielt einsetzen	• Kosten einzelner Prozessketten anhand der Kriterien bewerten • Fertigungskosten vergleichen
Optimierung der Prozessschritte	• Gegenseitige Einflüsse zwischen den Verfahren analysieren • Technologische Vererbung erkennen • Einflüsse der technologischen Vererbung auf Qualität und Kosten beschreiben	• Die Parameter einzelner Prozessschritte ermitteln • Optimierungsstrategien recherchieren • Lösungsfeld der optimalen Parameter bilden	• Ausgewählte Optimierungsstrategie einsetzen • Kostenoptimale Parameter ermitteln
Dokumentation und Umsetzung	• Mögliche Vorlagen für den Fertigungsplan recherchieren • Wichtige technologische Informationen nennen	• Sinnvolle Informationen zusammenfassen • Fertigungsplan erstellen	• Fertigungsergebnisse nach erstelltem Arbeitsplan bewerten • Verbesserungswege ableiten

Die dafür notwendigen Ressourcen sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Ressourcen für die Durchführung von Praktika

Ressourcen	Umfang
Zeit	90 min
Gruppengröße	bis fünf Studierende, Reflexion in Onlinemeetings
Raum/Platz	Seminarräume physisch und virtuell/Labore
Material	Vorlesungsmaterial, Informationen zu Laborausstattungen der Hochschulen, Rechner mit erforderlichen Softwares zur Planung, Vorbereitung und Auswertung der Prozesse
Digitale Werkzeuge	Onlinelernplattform
Labore	Benötigte 3D-Druck-Anlagen, Materialien, Messtechnik

Es wird angestrebt, dass die Studierenden den praktischen Teil selbstständig erarbeiten, mit dem Ziel, die Team- und Kommunikationsfähigkeiten zu trainieren. Nach dem Erreichen der Zwischenergebnisse kommunizieren die Gruppen untereinander in Begleitung der Betreuer:innen, um eventuell aufgetretene Fragen/Problemen zu diskutieren. Steht der Fertigungsplan für die gestellten Fertigungsaufgaben bereit, kümmern sich die Gruppen um die Fertigung der Teile in den Laboren, wenn notwendig unter Begleitung der Betreuer:innen. Diese umfasst alle Schritte der additiven Fertigung: Pre-Processing, In-Processing und Post-Processing. Der Umfang der Laborarbeiten hängt von der Qualität des Fertigungsplans ab. Bei Bedarf sind Wiederholversuche für die Präzisierung bzw. Optimierung der Prozessparameter notwendig.

Bei einem Onlinetreffen mit allen Teilnehmenden des Projektes präsentiert abschließend jedes Team die Ergebnisse seiner Arbeit zur Lösung der gestellten Fertigungsaufgabe. Die Präsentation beinhaltet alle Handlungsschritte, die die Studierenden im Praktikum anhand des methodischen Wissens der Vorlesungen durchgeführt haben. Die Bewertung der konkreten Bauteile soll die Probleme aufzeigen, mit denen die Studierenden während des Lernprozesses konfrontiert wurden. Ein wichtiges Bewertungskriterium hierfür ist bspw. die Wirtschaftlichkeit des gefertigten Bauteiles entsprechend der Fertigungsaufgabe, die anhand der Fertigungszeit und Qualitätsparameter messbar ist.

Eine Abschlussprüfung schließt die Lehrveranstaltung ab. Es wird somit zur aufmerksamen, eigenständigen Nutzung der Lehrunterlagen motiviert. Die Verifizierung der erlangten Grundlagen zur Planung additiver Fertigungsprozesse erfolgt online mittels Testfragen auf der Plattform OPAL. Die Dauer der Prüfung beträgt 90 Minuten. Die Fragen sind so formuliert, dass die Methode und zugrunde liegenden Prinzipen für die Planung eines Fertigungsprozesses sukzessiv abgefragt werden. Hierbei wird von der/dem Lehrenden überprüft, inwieweit die Studierenden die geplanten Kompetenzen erlangt haben. Der Einblick in die Testergebnisse der Studierenden gibt den Lehrenden eine Tendenz, vorhandene Probleme zu erkennen und ihnen entgegenzuwirken. Diese ergebnisorientierte Lehrplanung kann z. B. durch die Analyse von schwachen Leistungen durch Klassifizierung dieser in kognitive, emotionale oder sozial-interaktionale Lernaktivitäten realisiert werden. So kann die Qualität der Abstimmung der Lehrinhalte mit den Lernzielen überprüft und bei der notwendigen Verbesserung der Inhalte von Vorlesung und Praktika im Sinne des Constructive Alignment berücksichtigt werden.

4 Technische Umsetzung – Die digitale Lerneinheit

Die Umsetzung des geplanten Kurses basiert auf digitalen Lerneinheiten in der Vorlesung mit kombinierter digitaler internationaler Gruppenarbeit sowie Praxisarbeit für die Praxisaufgabe vor Ort. Die Bereitstellung der Vorlesungsinhalte erfolgt mittels Screencasts und der Zurverfügungstellung

dazugehöriger Folien als PDFs. Diese können von den Studierenden als Grundlage für ergänzende Mitschriften genutzt werden und bieten zudem die Möglichkeit, die Lehrinhalte auch offline zu nutzen. Die theoretischen Inhalte des Moduls werden von den Studierenden somit asynchron genutzt. Sämtliche Aktivitäten des Moduls werden online über die OPAL-Lernplattform organisiert (Abb. 3).

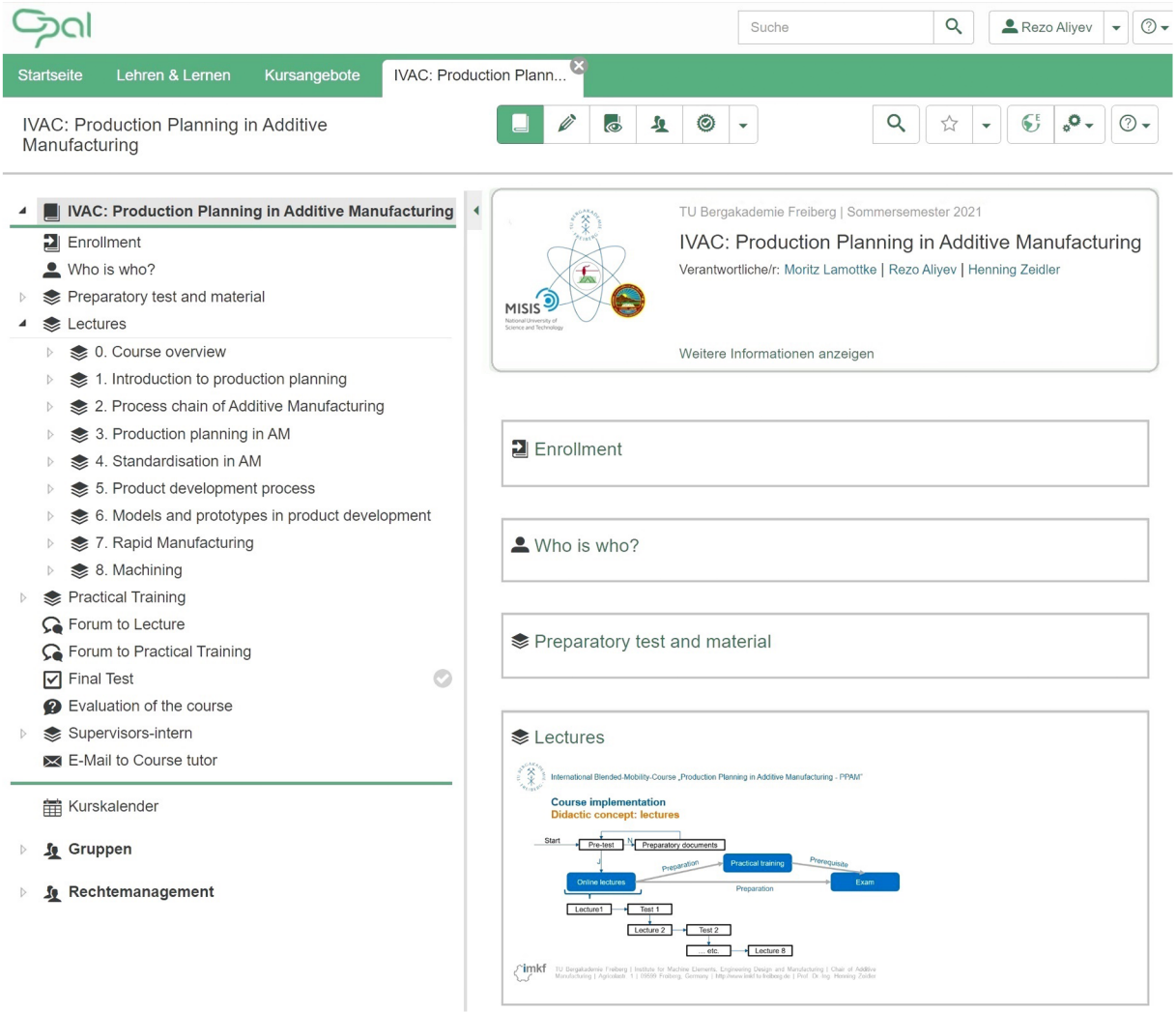


Abbildung 3: OPAL-Kursbaustein PPAM

Die bereits weitreichend an der TU Freiberg sowie anderen Sächsischen Hochschulen genutzte OPAL-Plattform kann dabei von den Studierenden der beiden anderen Partneruniversitäten problemlos über permanente Gastzugänge erreicht werden. So können sowohl die Lehrunterlagen von Vorlesung und Praktikum als auch Werkzeuge zum Austausch der Studierenden untereinander und mit den Lehrenden über eine gemeinsame Plattform zugänglich gemacht werden. Der Zugriff auf Lehrinhalte kann hierbei über viele verfügbare Werkzeuge gezielt gesteuert werden. Hierzu zählt auch das E-Assessment-Werkzeug „ONYX“, welches zur Realisierung der in den Modulen vorgesehenen Tests genutzt wird. Den Umgang mit den Werkzeugen der Lernplattform OPAL lernen die Studierenden und Betreuer:innen der Partnerhochschulen in einem Onlinetreffen, das von IT-Mitarbeiter:innen der TUBAF organisiert und durchgeführt wird.

Als Kommunikationswerkzeuge für die Gruppenarbeit werden Foren, Austauschordner sowie das Webkonferenzsystem BigBlueButton über die Plattform OPAL zur Verfügung gestellt. Die gleichen Werkzeuge können die betreuenden Lehrenden für die Kommunikation untereinander innerhalb eines für Studierende nicht zugänglichen Kursbereichs benutzen.

5 Kollaboratives Lernen

Neben dem Kommunizieren des fachbezogenen Wissens wird besonders der Erwerb von Erfahrungen in der virtuellen Zusammenarbeit in internationalen Teams für die Studierenden in den Vordergrund gestellt. Dies wird vor allem durch die auf kollaboratives Lernen ausgelegte Gestaltung des Blended-Learning-Praxisteils erreicht. Alle teilnehmenden Studierenden arbeiten dazu gemeinsam mit den Studierenden der Partneruniversitäten an einem gemeinsamen Ziel: die Fertigungsaufgabe gemäß den Prinzipen der Fertigungsplanung zu lösen. Diese Art des Onlinelernens bezieht sich auf Virtual Exchange, was es den Studierenden ermöglicht, von zu Hause aus neben den fachlichen Inhalten auch den interkulturellen Erfahrungsaustausch zu erleben. Der dargestellte Lehrinhalt wird hierfür von Dozierenden in binationaler Lehrkooperation der Partnerhochschulen erarbeitet und in einer geeigneten Form bereitgestellt, um fachkulturelle Unterschiede bestmöglich anzugleichen. Unterstützt wird das kollaborative Lernen mit den Werkzeugen von OPAL, die für alle Kursteilnehmenden zur Verfügung stehen. Der Lernprozess wird von Betreuer:innen gelenkt und fachlich unterstützt.

In Abbildung 4 ist das Konzept schematisch dargestellt. Wie in der Abbildung zu erkennen ist, besteht die Aufgabe für die einzelnen Teams aus zwei Teilen: Planung der Fertigung eines Bauteiles für ein anderes Team und Fertigung eines weiteren Bauteils anhand der Planung durch wiederum ein weiteres Team. Diese authentische Aufgabe beruht auf realer Industriepraxis und zeichnet sich durch ihre Mehrdimensionalität in Bezug auf die zur Aufgabenbearbeitung erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten aus. Die Aufgaben spiegeln die realen Situationen aus Fertigungsbetrieben wider, in denen planende und ausführende Abteilung in den meisten Fällen nicht dieselbe sind. Um die länderübergreifende Kommunikation zwischen den Studierenden zu forcieren, wird bei der Aufgabenverteilung die internationale Verortung der Lerngruppen ausgenutzt: Team 1 plant die Ausführung für Team 2, Team 2 plant für Team 3 und Team 3 plant entsprechend für die Ausführung durch Team 1 (Abb. 4).

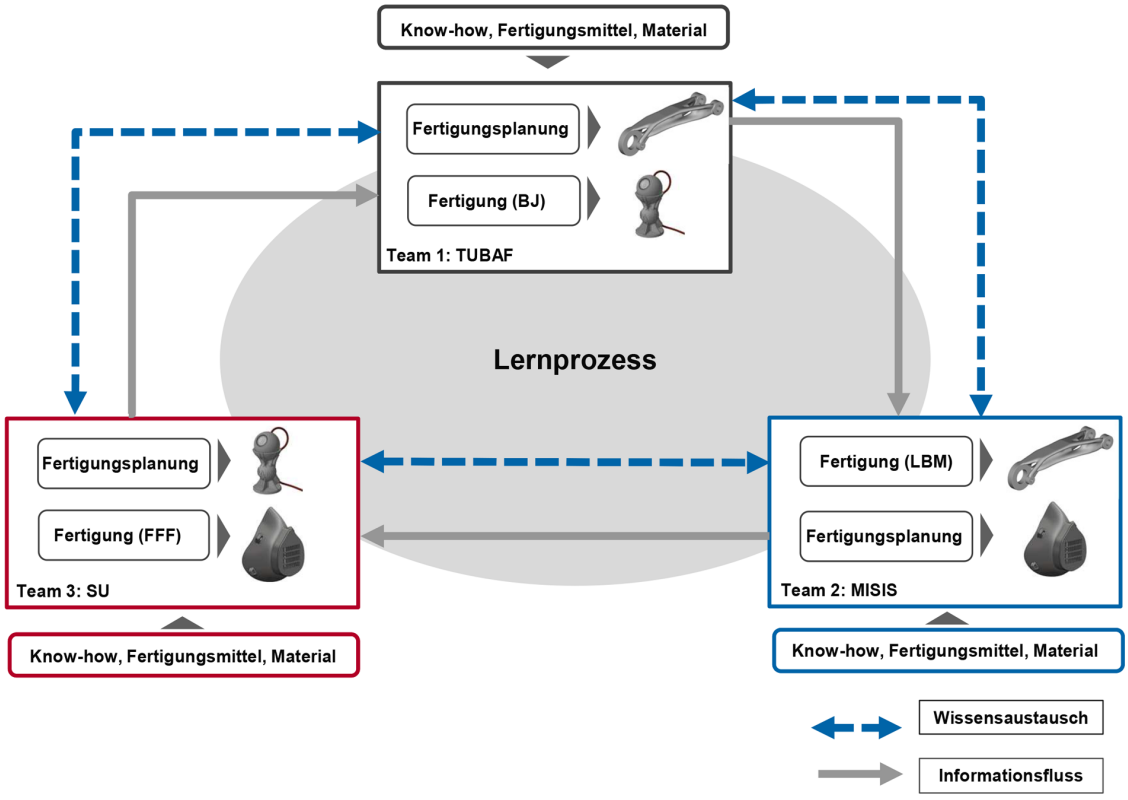


Abbildung 4: Kollaborative Zusammenarbeit des Teams

Durch Vorgabe von am eigenen Standort nicht vorhandenen Technologien wird ein weiterer deutlicher Lerneffekt erzielt, wobei auf Distanz eigenes Wissen zur speziellen additiven Fertigungstechnologie vertieft wird. So werden die Studierenden im Informationsfluss mit zwei Aufgabenstellungen konfrontiert: Planung auf der einen und Fertigung auf der anderen Seite, was die umfassende Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Wissens verlangt. Konkret bedeutet dies: Lernende der TUBAF planen die Fertigung eines Bauteils mittels LBM-Technologie (metallische Bauteile) durch MISIS; MISIS plant die Fertigung für die FFF-Technologie (Kunststoffteile) durch die SU; SU plant die Fertigung mit BJ-Technologie (Betonbauteile) durch TUBAF. Die Lösung der Fertigungsaufgaben basiert auf einer kumulativen Vorgehensweise.

Abstimmung, Diskussionen sowie eine parallele Nachverfolgung des Fortschritts werden durch teils geleitete (Teilnahme der Lehrenden), größtenteils jedoch durch ungeleitete Webkonferenzen unterstützt. Die Diskussionen der Teams über gemeinsame und spezifische Probleme und ihren Erkenntnisgewinn ermöglichen allen Teilnehmenden des Kurses, sich auf einen annähernd gleichen Wissensstand zu bringen. Bei diesem aktiven Lernprozess können die Lernenden neues Wissen in ihr vorhandenes Wissen integrieren und damit ihre Kompetenz nicht nur im Bereich additiver Fertigung, sondern auch in der interkulturellen Zusammenarbeit bereichern.

Die fachliche Zusammenarbeit der Gruppen wird mit interkulturellen Seminaren begleitet. Dies dient dazu, die möglichen kulturell bedingten Diskrepanzen bei der Umsetzung der Projektziele zu identifizieren und gemeinsam mit den teilnehmenden Studierenden über potenzielle Ursachen und mögliche Lösungswege zu sprechen.

Da die Sprachbarriere für eine interkulturelle Zusammenarbeit aufgrund der verbreiteten Nutzung englischer Sprache keine große Rolle mehr spielt, stehen persönliche Wertesysteme für eine erfolgreiche Zusammenarbeit in einem internationalen Projekt im Vordergrund (Hofstede, 1993; Grandin & Hedderich, 2009). Um diese Aspekte hervorzuheben, wird im ersten Seminar, welches den Beginn der Gruppenarbeit markiert und das erste Aufeinandertreffen der Studierenden mit ihren internationalen Partner:innen beinhaltet, der Fokus zunächst auf die verschiedenen kulturellen Hintergründe der individuellen Teilnehmenden und Gruppen gelegt. Durch gezielte Vorbereitungsfragen in Form einer teils interaktiven Präsentation wird das Gespräch durch eine erfahrene Trainerin geführt und über verschiedene Methoden sichergestellt, dass sämtliche Teilnehmenden Redeanteil in dieser „Vorstellungsrunde“ haben. In ähnlicher Art und Weise werden die individuellen Vorstellungen der Teilnehmenden und Teilnehmergruppen bezüglich Kooperationsart, Sicherheit, Struktur, Flexibilität und Unabhängigkeit in der Kooperation in die Praxisaufgabe eingebunden. Die Gruppenarbeitsphase wird durch zwei weitere Seminare mit ähnlichem Aufbau begleitet, wobei auch immer die Zusammenarbeit der Teilnehmenden reflektiert und auf ggf. auftretende Probleme eingegangen wird.

Die Reflexion der Studierenden zeigt, dass die Termineinhaltung nicht immer problemlos realisierbar ist, da öfter Informationen, wie z. B. technologische Daten, von den Partnerteams fehlen oder nur unvollständig vorliegen. Als Folge sind Verzögerungen bei der Umsetzung der Arbeitspläne zu beobachten. Dies erfordert teilweise die Überarbeitung des Arbeitsplanes durch die Hochschulbetreuer:innen und ist auch auf die erstmalige Durchführung des Kurses zurückzuführen. Die Lösung dieser Konfliktsituationen kann durch direkte Kommunikation, eigene Kreativität der Teilnehmenden und den Input durch die durchgeführten Seminare erreicht werden. Das Ergebnis der abschließenden Evaluation zeigt auch, dass die Seminare von den Studierenden dankbar angenommen und als Hilfe zur Stärkung ihrer Gruppenarbeitsfähigkeiten wahrgenommen werden. Auch von den Hochschulbetreuer:innen wird das Seminar als essenziell für die Gruppenarbeit angesehen, da es die Zusammenfindung der Gruppen in der mit wenigen Wochen nur kurzen Bearbeitungszeit der Praxisaufgabe beschleunigt hat.

6 Lessons Learned

Am Kurs nahmen im Sommersemester 2021 insgesamt zwölf Masterstudierende aus den Partnerhochschulen wie folgt teil: TUBAF mit 5 Studierenden aus den Studiengängen „Werkstoff- und Verfahrenstechnik“; MISIS mit 5 Studierenden aus dem Studiengang „Werkstoffwissenschaften“; SU mit 2 Studierenden aus dem Studiengang „Produktionstechnik“. Die Mischung der Studienrichtungen hängt damit zusammen, dass die additive Fertigung in den Partnerhochschulen im Lehrkonzept nicht als selbstständige Fachrichtung verankert, sondern in den Werkstoff- und Maschinenbaufachrichtungen teilintegriert ist. Die Aufgaben zur Betreuung der Studierenden vor Ort übernahmen die Mitarbeiter:innen der jeweiligen Partnerhochschulen. Die Vorbereitung der Konzepte und Inhalte des Kurses sowie die Koordination der Umsetzung der zentralen Ziele des Vorhabens wurden von drei Mitarbeitenden der TUBAF mit unterschiedlichen Aufgaben realisiert.

Die Auswertung der Projektergebnisse gab, dass der Kurs sowohl von den Studierenden als auch vom Hochschulpersonal der Partnerländer sehr positiv bewertet wurde. Dieser Kurs wird daher an den Partnerhochschulen bis zur Realisierung des curriculumintegrierten Masterlevel-Moduls als Wahlmodul angeboten.

Hinsichtlich der technischen, organisatorischen und inhaltlichen Umsetzung der Projektziele wurden einige Erfolge erreicht. Die Verknüpfung von fachspezifischem Wissen mit einer praktischen Aufgabe ermöglichte eine lebendige Zusammenarbeit von Studierenden, die während des gesamten Kurses von deren hoher Motivation und Bereitschaft begleitet war. Die Einbindung der Studierenden in die Erstellung von Praxisaufgaben hat die Akzeptanz des Kursaufbaus deutlich gesteigert. Die gegenseitige Abklärung der Fertigungsaufgaben im Vorfeld verlangte von den Studierenden intensiven Informationsaustausch, der über verschiedene Kommunikationskanäle durchgeführt wurde.

Ein deutlicher Vorteil des Blended Learning in diesem Kurs zeigte sich weiterhin in der Bündelung aller für den Kurs erforderlichen Fachinformationen auf einer geschaffenen digitalen Plattform. Die Verarbeitung dieser Informationen und digitale Interaktionen von Studierenden tragen zur Erhöhung der digitalen Fachkompetenz bei. Der Wissenstransfer und die technische Umsetzung der gestellten Aufgabe zur additiven Fertigung im Praxisteil in diesem Kurs erfolgten aufgrund des hohen Automatisierungsgrades des Prozesses im digitalen Umfeld. Die Datenaufbereitung, die physische Fertigung des Praxisteils und die Nachbearbeitung verlangten von den Studierenden den Einsatz geeigneter Software, die aufgrund ihrer Architektur und Bedienung unterschiedlich anspruchsvoll war. Durch die sinnvolle Ergänzung des technologischen Grundwissens durch diese rechnergestützten Planungstechniken konnte der Erwerb weiterer digitaler Fachkompetenz sichergestellt werden.

Bei der Einbindung der Studierenden aus MISIS und SU in den realisierten Kurs waren einige Hemmnisse zu verzeichnen, die zukünftig bei der Realisierung ähnlicher Vorhaben bedacht werden. Da der angebotene Kurs für die Partnerhochschulen neu war, hatten die Teilnehmenden unterschiedliche Vorkenntnisse. Es wird empfohlen, diesen Faktor frühzeitig zu identifizieren und die fehlenden Kenntnisse vor der Einführung des Kurses mit geeigneten Lehrveranstaltungen in lokalen Gruppen nachzuholen, um die geplanten Lernziele erfolgreich zu erreichen. Es sollten dabei die Anforderungen besser und frühzeitig kommuniziert werden. Eine weitere Herausforderung bildete das Finden eines gemeinsamen Zeitfensters im Semester, in dem die Studierenden aller Partnerhochschulen am geplanten Kurs teilnehmen konnten, da Semesterbeginn und Vorlesungszeit von Hochschule zu Hochschule unterschiedlich lagen. Dies führte dazu, dass geplanter Inhalt der Vorlesung komprimiert in einem verkürzten Zeitfenster realisieren werden musste. Außerdem verlangte die Terminfindung für die Onlinelehrveranstaltungen und Webkonferenzen aufgrund der unterschiedlichen Zeitzonen eine weitere enge Abstimmung mit den Projektpartnern. Nicht außer Acht gelassen werden sollte die kulturell bedingte unterschiedliche Arbeitsweise der Gruppen. Trotz der intensiven Vorbereitung verlangte die Betreuung mehr Eingreifen der Betreuenden, die ihr Arbeiten mehr mit streng festgelegten Deadlines organisieren sollten. Dies wurde durch die teils niedrige

Selbstständigkeit der beteiligten Studierenden weiter verstärkt. Mit häufigerem Abfragen von Zwischenergebnissen war es jedoch möglich, den Ablauf der praktischen Arbeiten besser zu lenken.

Von der Seite der Studierenden gab es auch Bemängelung hinsichtlich der Kommunikationsmöglichkeiten mit den integrierten Messenger-Diensten. Obwohl das verwendete System OPAL viele Gruppenarbeitswerkzeuge bereitgestellt hat, benutzten viele Studierende für den kurzen Informationsaustausch sowohl in den Gruppen als auch zwischen den Gruppen externe Messenger-Dienste (WhatsApp oder Telegram). Weiterhin äußerten die Studierenden aus den Partnerhochschulen den Wunsch, die Fachbegriffe und Definitionen in den Vorlesungseinheiten besser zu erklären, da fachkulturelle Unterschiede existieren. Eine bessere Kursübersicht könnte den Studierenden zur besseren Orientierung im vorgeschlagenen Themenfeld dienen. Bspw. könnten Kurzzusammenfassungen der Vorlesungen in OPAL positiv dazu beitragen.

Die Qualität des Internetzugangs bildete eine besondere Voraussetzung für die qualitativ hochwertige Durchführung von Onlineveranstaltungen. In manchen Ländern ist diese stark von der Tageszeit abhängig. Schlechte Internetverbindungen können auf die Studierenden demotivierend wirken. Daher sollte bei der Terminabstimmung dieser Faktor in Betracht gezogen werden, um Unterbrechungen und instabile Internetverbindungen möglichst zu vermeiden. Parallel zu den Onlineveranstaltungen wurden die Lehrinhalte in elektronischer Form zentral gespeichert und allen Teilnehmenden verfügbar gemacht. Mit diesem zusätzlichen Kommunikationskanal konnten Probleme mit der Internetverbindung etwas kompensiert werden.

Anhand der gemachten Erfahrungen zeigten sich darüber hinaus folgende Möglichkeiten zur weiteren Optimierung des Konzeptes: Der geplante Kurs wurde aufgrund der Coronapandemie nur online durchgeführt. Damit hatten die Studierenden keine Möglichkeit, sich vor Ort zu treffen und einen Blick ins Studentenleben der jeweiligen Hochschulen zu werfen. Dieser Faktor umfasst viele Fragen zu den Themenfeldern des Studiums und sollte in Zukunft mit eingeplant und realisiert werden. Vor-Ort Treffen können dazu beitragen, dass die Studierenden ihr individuelles kulturelles Vorstellungsvermögen erweitern und eine bessere Vorstellung des eigenen Berufsbildes in internationaler Dimension erlangen. Das entwickelte Konzept ermöglicht den Einsatz eines weiteren modernen didaktischen Werkzeugs: Remote Labore (Terkowsky et al., 2020). Heutzutage sind alle 3D-Drucker von Rechnern steuerbar und bieten damit die Möglichkeit, das Potenzial der Remote Labore voll auszuschöpfen. Die Anbindung der Remote Labore kann den Studierenden helfen, ein reales Bild über die Anlagen der Partnerhochschulen zu bekommen und dies bei der Erstellung des Fertigungsplanes einzusetzen.

7 Ausblick

Insgesamt wird der Kurs PPAM als ein erfolgreiches Konzept betrachtet, um die Inhalte der technischen Fächer aus der Distanz effektiv zu unterrichten. Die Integration in die Lehrpläne, insbesondere für bilaterale Studiengänge mit Doppelabschluss, ist in Vorbereitung. Eine praktische Umsetzung des entwickelten Konzeptes setzt jedoch eine gut ausgestatte Laboreinrichtung mit 3D-Druck-Technik und Peripherie voraus. Diese ist mit hohen Beschaffungskosten verbunden, in welche von der durchzuführenden Hochschule zu investieren ist. Dies stellt evtl. eine Hürde dar.

Die hier dargestellten Methoden und Werkzeuge sowie die generierten neuen Wissensbestände zur Vorbereitung der technischen Aufgaben und zur Umsetzung eröffnen die Perspektive, das entwickelte Konzept in andere Bereiche des Ingenieurstudiums standortübergreifend zu transferieren. Die Interessent:innen werden so bei der Implementierung des Konzeptes mit einer Handreichung unterstützt, welche die einzelnen Schritte des Vorgehens beginnend von der Gestaltung der Kursstruktur über die Durchführung der Lehrveranstaltungen bis zur Bewertung der Ergebnisse kompetenzorientiert und mit didaktischen Hinweisen beschreibt. Damit können lehrbezogene Kommunikationen zwischen internationalen Partnerhochschulen intensiviert und neue internationale Module initiiert werden. In besonderer Art und Weise hat das vorgestellte Konzept das Potenzial, neben rein fachspezifischen Transfers auch andere Skills in einem Projekt zu bündeln (z. B. Ingenieur- und

Sozialwissenschaften). Damit lassen sich zweifellos die hochschuldidaktischen Wirkungsfelder in der internationalen Zusammenarbeit bereichern. Die Sichtbarmachung der umgesetzten Fachdidaktik mittels Workshops, Konferenzen, Facharbeitskreisen etc. über Hochschulgrenzen hinweg wird die Transferchancen deutlich verbessern.

Literatur

Altbach, P. G. & Knight J. (2007). The Internationalization of Higher Education: Motivations and Realities. *Journal of Studies in International Education*, 11(3–4), 290–305. https://doi.org/10.1177/1028315307303542

Frye, S., Radtke, M. & May, D. (2020). Grenzen überwinden mit digitalem Lernen und Lehren – Internationalisierung „on the Web". In I. Isenhardt, M. Petermann, M. Schmohr, A. E. Tekkaya & U. Wilkesmann (Hrsg.), *Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften* (S. 85–98). wbv Publikation. https://doi.org/10.3278/6004805w085

Grandin, J. M. & Hedderich, N. (2009). "Intercultural Competence in Engineering – Global Competence for Engineers, The Sage Handbook of Intercultural Competence". In D. K. Deardorff (Hrsg.), *The Sage Handbook of Intercultural Competence* (S. 362–374). Sage Publications.

Haertel, T., Heix, S., Terkowsky, C., Frye, S., Ortelt, T. R., Lensing, K. & May, D. (Hrsg.) (2020). *Labore in der Hochschullehre*. wbv Publikation. https://doi.org/10.3278/6004804w

Hofstede, G. (1993). *Interkulturelle Zusammenarbeit*. Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-322-90037-1

May, D., Schiffeler, N. & Ortelt, T. R. (2017). Internationalisierung und Digitalisierung in den Ingenieurwissenschaften. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 12(4), 105–117.

Sawodny, O., Wolff, C. & Zhang, J. (2016). *Die Internationalisierung der Curricula in den Ingenieurwissenschaften* [Online]. https://www.hrk.de/fileadmin/redaktion/hrk/02-Dokumente/02-07-Internationales/Curricula_Ingenieurwissenschaften.pdf

Sorko, S. R. & Irsa, W. (2019). *Interaktive Lehre des Ingenieurstudiums. Technische Inhalte handlungsorientiert unterrichten*. Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56224-6

Will-Zocholl, M. (2012). Globalisierte Wissensarbeit? Ingenieure in der Automobilindustrie. In C. Schilcher & M. Will-Zocholl (Hrsg.), *Arbeitswelten in Bewegung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19210-9_6

Anmerkungen

Die Autoren bedanken sich beim DAAD für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des „International Virtual Academic Collaboration (IVAC)"-Programmes, welche die Umsetzung der hier dargelegten Projektziele ermöglichte.

Autoren

Dr.-Ing. Rezo Aliyev. TU Bergakademie Freiberg, Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung; E-Mail-Adresse: rezo.aliyev@imkf.tu-freiberg.de

Dipl.-Ing. Moritz Lamottke. TU Bergakademie Freiberg, Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung; E-Mail-Adresse: moritz.lamottke@imkf.tu-freiberg.de

Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler. TU Bergakademie Freiberg, Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung; E-Mail-Adresse: henning.zeidler@imkf.tu-freiberg.de

CC BY SA

Zitiervorschlag: Aliyev, R., Lamottke, M. & Zeidler, H. (2022). E-Didaktik im internationalen Lehren der additiven Fertigung. *die hochschullehre*, Jahrgang 8/2022. DOI: 10.3278/HSL2229W. Online unter: wbv.de/die-hochschullehre

die hochschullehre

Interdisziplinäre Zeitschrift für Studium und Lehre

Die Open-Access-Zeitschrift **die hochschullehre** ist ein wissenschaftliches Forum für Lehren und Lernen an Hochschulen.

Zielgruppe sind Forscherinnen und Forscher sowie Praktikerinnen und Praktiker in Hochschuldidaktik, Hochschulentwicklung und in angrenzenden Feldern, wie auch Lehrende, die an Forschung zu ihrer eigenen Lehre interessiert sind.

Themenschwerpunkte

- Lehr- und Lernumwelt für die Lernprozesse Studierender
- Lehren und Lernen
- Studienstrukturen
- Hochschulentwicklung und Hochschuldidaktik
- Verhältnis von Hochschullehre und ihrer gesellschaftlichen Funktion
- Fragen der Hochschule als Institution
- Fachkulturen
- Mediendidaktische Themen

wbv.de/die-hochschullehre

Alle Beiträge von **die hochschullehre** erscheinen im Open Access!

wbv Media GmbH & Co. KG · Bielefeld
Geschäftsbereich wbv Publikation
Telefon 0521 91101-0 · E-Mail service@wbv.de · Website wbv.de