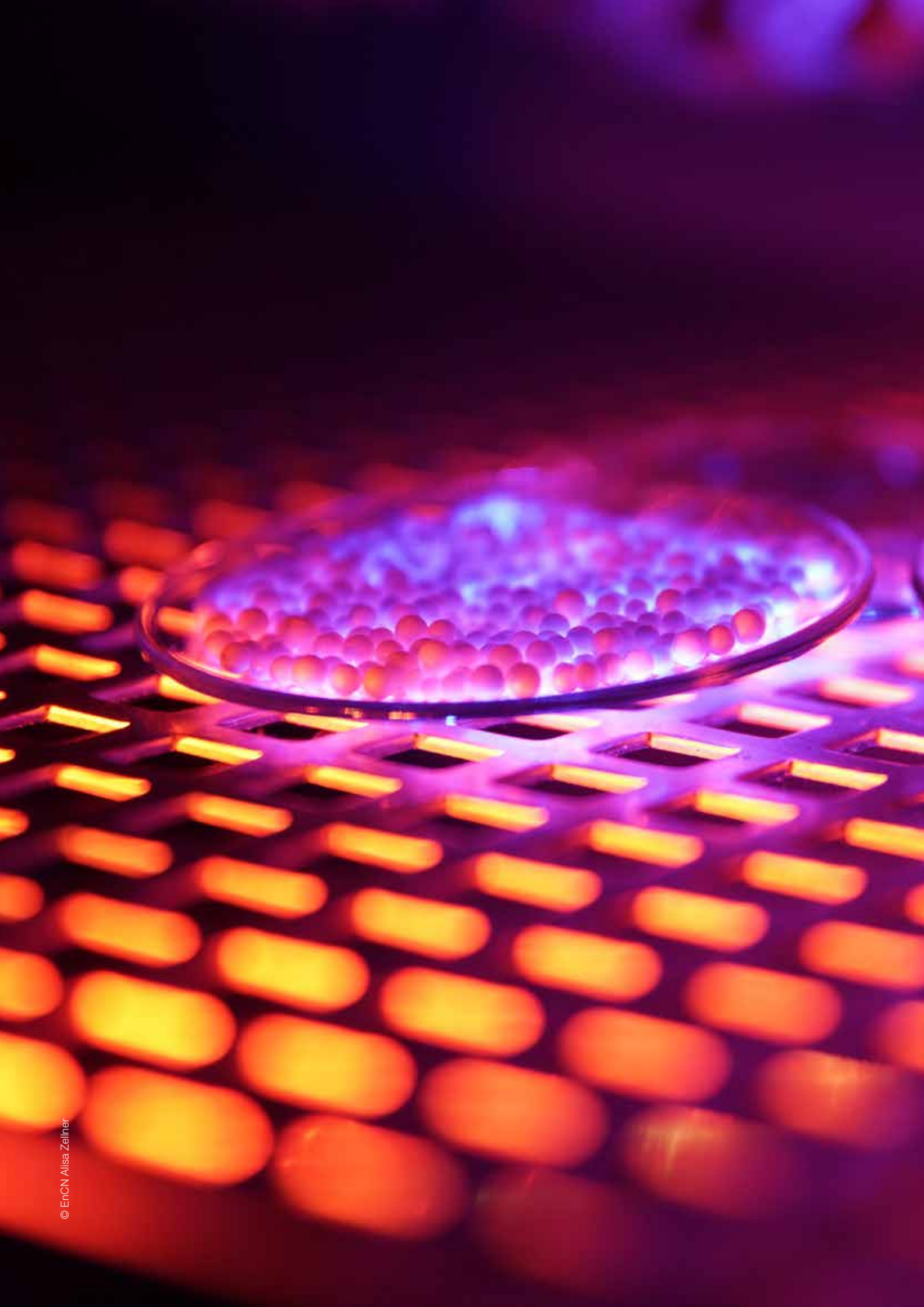




Lehrforschung 2020/2021

Schriftenreihe

Hrsg.: Der Präsident der TH Nürnberg, Prof. Dr. Niels Oberbeck





Lehrforschung
der TH Nürnberg
2020/2021

Lehrforschung

Editorial

Prof. Dr. Christina Zitzmann
Vizepräsidentin für Bildung

Forschung erleben. Lernen gestalten. Hochschule vernetzen.

Forschungskontexte begreifbar und Forschung erlebbar machen – dieses Ziel verfolgt das Förderprogramm „Lehrforschung – forschendes Lernen“ der TH Nürnberg. Im Rahmen dieses Programms werden Lehrende in ihrem Vorhaben unterstützt, studentische Forschungsprojekte und Elemente forschenden Lernens bereits in Bachelorstudiengängen zu integrieren.



Durch den Anwendungsbezug in der Lehre haben Studierende die Möglichkeit, Forschung aktiv zu erleben und reale Forschungskontexte kennenzulernen. Die Studierenden erleben Forschung unmittelbar mit ihren Widersetzlichkeiten und Erfolgen. Sie lernen, Theorien und Konzepte bewusst auszuwählen, Vorgehen und Prozesse kritisch zu hinterfragen, planvoll zu handeln und ihr Handeln stets zu reflektieren. Sie entwickeln Neugier und Begeisterung und überführen diese in wissenschaftliches Handeln. Die Projekte leisten außerdem einen wichtigen Beitrag zur Vernetzung innerhalb und außerhalb der TH Nürnberg. Durch die Einbindung von Kooperationspartnern oder fachbezogenen Netzwerken können die Studierenden Kontakt zur Fachcommunity herstellen und Einblick in potenzielle zukünftige Berufsfelder erhalten.

Aus den genannten Gründen fördert die TH Nürnberg jährlich vielversprechende Lehrforschungsprojekte in einem Wettbewerb. Wir freuen uns Ihnen nun in einer weiteren Doppelausgabe 33 interessante Berichte aus den Jahren 2020 und 2021 vorzustellen.

Wir möchten Sie mit dem vorliegenden Band zu eigenen Projektideen anregen. Ich würde mich freuen, wenn Sie im kommenden Jahr am Wettbewerb „Lehrforschung – forschendes Lernen“ teilnehmen und wir Ihren Beitrag im nächsten Band unserer Schriftenreihe vorstellen können.

Mit freundlichen Grüßen

A handwritten signature in blue ink that reads "Christina Zitzmann".

Prof. Dr. Christina Zitzmann
Vizepräsidentin Bildung





Lehrforschung
der TH Nürnberg
2020

Der Fall als Drama Rollenspiel und szenische Inszenierung als Möglichkeiten der Fallanalyse und des Fallverstehens Prof. Dr. Johannes Kloha Fakultät Sozialwissenschaften, TH Nürnberg	70
Die nachhaltigen Entwicklungsziele im Kontext der Sozialen Arbeit Kerstin Seeger, M. A., Bluepingu e.V. / Katrin Schwanke, M. A., Bluepingu e.V. / Prof. Dr. Markus Kosuch Fakultät Sozialwissenschaften, TH Nürnberg	74
KIPUKA KANOHINA CAVE SYSTEM – MAELSTROM SECTION – Hawaii 2020 Dipl.-Ing. (FH) Thomas Killing, Michael Kögel M. Eng., Dipl.-Ing. (FH) Michael Buschbacher Fakultät Bauingenieurwesen, TH Nürnberg	82
Supraleitende Eisenbahn Prof. Dr. Hannes Kühl Fakultät Werkstofftechnik, TH Nürnberg	92
„Lauf-Lab“ – Simulation von Laufschuhen mit Matlab Prof. Dr. Areti Papastavrou Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik, TH Nürnberg	98
Kontinuierliche Synthese von 2,5-Furancarbonsäure als nachhaltiges Monomer zur Herstellung „grüner“ Polymere Yvonne Ilmberger, Ms. S., Prof. Dr. Jens Pesch Fakultät Angewandte Chemie, TH Nürnberg	104
Publikationsorientierte Vermittlung von Schreibkompetenzen Prof. Dr. Frank Sowa Fakultät Sozialwissenschaften, TH Nürnberg Dzifa Vode, M. A. Leitung des Schreibzentrums, TH Nürnberg	110
BraceSens Prof. Dr. Sebastian Walter Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik, TH Nürnberg	116
Architektur und Macht – Deutsche Architekten im Nationalsozialismus und danach Prof. Dr. Richard Woditsch Fakultät Architektur, TH Nürnberg	122







Messverfahren in der Hydraulik

Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Carstensen

Dipl.-Ing. (FH) Tilo Vollweiler, M. Sc.

Fakultät Bauingenieurwesen, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

TH Nürnberg

Zusammenfassung

Die Messung der Fließgeschwindigkeit von Wasser sowie deren räumliche Verteilung über den Fließquerschnitt stellen ein zentrales Problem in den Disziplinen der Hydromechanik, der Hydrologie und des Wasserbaus dar. In Labor- und Feldversuchen wurden Standardverfahren (allgemein anerkannte Regeln der Technik) mit neuesten Messmethoden verglichen. Besonderer Wert wird stets auf die Betrachtungen von bedingten oder unabhängigen Überlagerungen und den damit ggf. vorhandenen Fehlern gelegt.

Abweichend vom ursprünglichen Konzept eines seminaristischen Formates konnte im Rahmen der Lehrforschung 2020 nur mit einer Kleinstgruppe von Studierenden gearbeitet werden. Aufgrund der Bestimmungen war es somit nur möglich, dass die Studierenden die Vorbereitungen, Labormessungen und Auswertung einzeln durchführen konnten. Die Feldmessungen wurden, dem Prinzip der Lehrforschung folgend, in einer Kleingruppe durchgeführt.

In einer abschließenden Videokonferenz wurden die Grundlagen, die Messprinzipien, die analytischen oder hydrodynamisch-numerischen Auswertungen sowie die Ergebnisse zusammengeführt und diskutiert. Im Rahmen dieses Prozesses wurde für die Studierenden beim Vergleich der auf unterschiedlichen Messtechniken und Messgeräten basierenden Werte deutlich, dass trotz vermeintlich hoher Anzeigegenauigkeiten und diskreter Verfahren keine detaillierteren und signifikanten Aussagen möglich waren. In der Diskussion wurde bestätigt, dass dies kausal mit der Tatsache zu verbinden ist, dass es sich um Naturmessungen mit entsprechenden Schwankungsbereichen handelt. Lediglich mit Messungen an präzise identischen Lokationen, was sich in der Natur mit den dafür verwendbaren Messgeräten als nicht/kaum realisierbar darstellt, wären entsprechende Bewertungen möglich.

Die Erkenntnis für die Studierenden bestand darin, dass bei Naturmessungen das Schwergewicht nicht bei der Präzision und den Anzeigegenauigkeiten der Messgeräte liegt, sondern aus dem Verständnis der Situation heraus die Messwerte zu interpretieren und in eine Gesamtbewertung zusammenzuführen sind.

1. Projektdaten

Fördersumme	7.330 Euro veranschlagt, ausgegeben: 6.385,84 Euro
Laufzeit	Oktober bis Dezember 2020
Fakultät	Bauingenieurwesen
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Carstensen, Fakultät Bauingenieurwesen, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
Projektteam	Tilo Vollweiler, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft Oliver Davies, Niklas Müller, Studierende Bachelor Bauingenieurwesen, Semester 3/5
Kontakt Daten	dirk.carstensen@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Es war geplant, dass Studierende aus dem Wahlfach „Studentische Forschungsgruppe (StuFo)“ dieses Projekt bearbeiten sollten. Doch durch die Einschränkungen des Präsenzangebotes kam diese Forschungsgruppe leider nicht zustande. Aufgrund der Beschränkungen im Umgang mit Lehr- bzw. Lerngruppen und den geltenden Hygienevorschriften während des Bearbeitungszeitraums konnte eine Umsetzung des Projektes unter den geltenden Kontaktregelungen in einer Mischung aus multimedialem, digitalem Online-Lehrangebot und Präsenzveranstaltungen im Labor/Feld erfolgen. Der Situation entsprechend konnten in online durchgeführten Seminaren Datenerhebungen (durch Personal) live im Labor bearbeitet und in Kleinstgruppen (in Präsenz) Feldmessungen im Gelände durchgeführt werden. Das Projekt war offen für Studierende im Bachelorstudiengang Bauingenieurwesen ab dem 3. Semester sowie im Studiengang Master Internationales Bauwesen. Die Anzahl der am Projekt teilnehmenden Studierenden beschränkte sich auf zwei.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Studierende und junge Wissenschaftler*innen neigen dazu, von Messgeräten hervorgebrachte Ergebnisse hinsichtlich der Größe und Genauigkeit nicht ausreichend zu hinterfragen. Vermeintlich hohe Anzeigegenauigkeiten werden zu gerne direkt übernommen und selten auf Plausibilität überprüft. Auf den ersten Blick lassen sich physikalische Größen äußerst genau erfassen. Erst ein zweiter Blick eröffnet die eigentliche Qualität eines Messergebnisses. Nur mit einer ausführlichen Betrachtung der Ergebnisse hinsichtlich Toleranzen, Überlagerung von Effekten, Einflussgrößen, Fehlern und Fehlerfortpflanzung lassen sich Ergebnisse präzise bewerten. Messungen unter Laborbedingungen lassen einen Rückschluss auf die erzielte Genauigkeit zu, weil entsprechende Maßnahmen wie z. B. redundante Messungen ergriffen werden können.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/ Verwertung

Wie schon eingangs erwähnt, stellt die Messung der Fließgeschwindigkeit von Wasser sowie deren räumliche Verteilung über den Fließquerschnitt ein zentrales Problem in den Disziplinen der Hydromechanik, der Hydrologie und des Wasserbaus dar. Mit Standardmessgeräten und mit modernsten Messgeräten wurden unter Laborbedingungen die Anzeigeeigenschaften dieser Methoden und Geräte untersucht. Anschließend wurden Messungen in Naturgewässern durchgeführt und die Ergebnisse einer eingehenden Diskussion unterzogen. Besonderer Wert wurde auf die Betrachtungen von bedingten oder unabhängigen Überlagerungen und den damit ggf. vorhandenen Fehlern gelegt.

5. Vorstellung Messverfahren

Mit den Studierenden sollten die Ergebnisse von mindestens zwei unterschiedlichen Messverfahren für die gleiche Messgröße (Fließgeschwindigkeit inkl. turbulenter Schwankung) diskutiert werden. Dabei sollte der Fokus auf die angebotene Genauigkeit der Messverfahren in Hinblick auf die Aussagekraft für die Auswertung der Ergebnisse gelegt werden. Auf Basis der gemessenen Geschwindigkeiten wurde über die Geometrie des Fließquerschnittes der Abfluss berechnet. Der Schwerpunkt in diesem Projekt lag auf der Geschwindigkeitsmessung. Folgende Messverfahren wurden untersucht:

6. Hydrometrischer Flügel

Messungen der Geschwindigkeit in einem Gewässer mit einem Hydrometrischen Flügel. Dabei wird ein propellerartiger Flügel auf einer gelagerten Achse in die Strömung gehalten. Die Strömung versetzt den Flügel in Rotation. Die Rotationsgeschwindigkeit ist proportional zur Fließgeschwindigkeit. Über eine Kalibrierung/Eichung kann die Rotationsgeschwindigkeit in eine Fließgeschwindigkeit umgerechnet werden. Dieses klassische Messverfahren stellt immer noch die anerkannte Regel der Technik (a. a. R. d. T.) dar. Diese Messgeräte werden in dieser Form schon seit vielen Generationen verwendet. Die Erfindung aus dem Jahre 1784 geht auf den Wasserbauingenieur Reinhard Woltman (1757 bis 1837) zurück. Auch an der TH Nürnberg wurde dieses Messverfahren schon frühzeitig so benutzt und in der Lehre eingesetzt. Dies belegen historische Dokumente aus dem Jahre 1919. In Abbildung 1 ist ein Hydrometrischer Flügel der Fa. Ott, Modell V, ARCANSAS, aus den 1950 Jahren zu sehen.



Abbildung 1: Hydrometrischer Flügel der Fa. OTT, Modell V, ARCANASAS.
Foto: Tilo Vollweiler

Alle Zeitreihen von nationalen hydrologischen Daten zu Abflussmessungen wurden weitgehend mit solchen Geräten erhoben. Die statistischen Auswertungen (auch hinsichtlich von Extremwertereignissen wie Hochwasser) beruhen auf diesen Daten. Aufgrund der sehr langen Zeitreihen und der damit verbundenen Möglichkeit, Extremereignisse mit zu berücksichtigen, sind entsprechende statistische Hochrechnungen sehr weitreichend verifiziert.



Abbildung 2: Hydrometrischer Flügel der Fa. OTT, Modell C31. Foto: Tilo Vollweiler

Dieses Messverfahren stellt trotz alternativer Methoden immer noch den Stand der Technik dar. Abbildung 2 zeigt einen Hydrometrischen Flügel aktueller Bauart, an einer Stange geführt mit Leitblech, Zugleine und elektrischer Kabelverbindung zum Zählgerät Z400. Das Zählgerät erfasst die Umdrehungen und berechnet die mittlere Geschwindigkeit des abfließenden Wassers. Hoheitliche Messaufgaben in der Wasserwirtschaft beziehen sich immer noch auf dieses System.

Das Messprinzip beruht darauf, die Anzahl der Flügelumdrehungen für einen gewählten Zeitintervall (hier 30 Sekunden) mit einer kalibrierten Flügelgleichung in eine Geschwindigkeit umzurechnen. Die Kalibrierung ist gerätespezifisch und wird vom Hersteller geliefert. Regelmäßige Kontrollen durch entsprechende Kalibrierveruche gewähren die Qualität der Gleichung.

7. Magnetisch induktives Verfahren

In vielen Bereichen der Technik und vor allem auch der Forschung gibt es einen großen Bedarf für Geschwindigkeitsmessungen in Gewässern mit unterschiedlichsten Ansprüchen. Eine dieser Messmethoden stellt das magnetisch-induktive Verfahren (MIV) dar (vgl. Abbildung 3). Dabei wird durch die im Sondenkopf verbaute

Elektronik ein Magnetfeld im Wasserkörper aufgebaut. Die in dem Wasser vorhandenen Ladungsträger erfahren durch das Magnetfeld eine Ablenkung. Diese Ablenkung erzeugt an entsprechend angeordneten Elektroden der Sonde eine Induktionsspannung. Dieses Signal verändert sich proportional zur Strömungsgeschwindigkeit des Wassers und kann somit zur Messung der Fließgeschwindigkeit herangezogen werden.



Abbildung 3: Magnetisch induktives Abflussmesssystem der Fa. OTT, Modell MFpro. Foto: Tilo Vollweiler

Abbildung 3 zeigt das magnetisch induktive Fließgeschwindigkeitsmesssystem MFpro der Firma OTT, geführt an Stange, mit Leitblech elektrischer Kabelverbindung zum Anzeigegerät und Zugleine. Auch dieses Messverfahren wird werkseitig kalibriert.

8. Messwerte

Das Standardmessgerät liefert in der gewählten Einstellung (nach 30 Sekunden) einen Mittelwert für die Fließgeschwindigkeit (vgl. Abbildung 4, links). Das bedeutet, alle Schwankungen der Geschwindigkeit werden zwar in der Auswertung berücksichtigt, aber nicht weiter angezeigt. Das MFpro zeigt Momentan-Werte zeitlich hoch

aufgelöst an und bietet theoretisch auch die Möglichkeit der Speicherung und Verarbeitung. In Abbildung 4 ist auf der rechten Seite diese Anzeige zu sehen. Diese wird einmal pro Sekunde aktualisiert. Erst nach Auslösen einer mathematischen Behandlung der Messwerte im Gerät wird ein gemittelter Wert angegeben.



Abbildung 4: Geschwindigkeitsanzeige Z400 (links) und MFpro (rechts). Foto: Tilo Vollweiler

Die Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessung werden mit einer Teilfläche des Abflussquerschnittes zu einem Teilabfluss berechnet. Die Summe der Teilabflüsse ergibt den aktuellen Abfluss an der betrachteten Stelle, im jeweiligen Fließquerschnitt und in der beobachteten Zeit. Das Ergebnis stellt also eine Momentaufnahme des lokalen Abflussgeschehens dar. Es muss der betrachtenden Person bewusst sein, dass Messungen von Naturgrößen immer eine gewisse Schwankungsbreite aufweisen, i. d. R. nicht reversibel sind und nur hoch aufgelöste Messungen im identischen Messvolumen vergleichbare Ergebnisse liefern können. Das bedeutet aber auch, dass zeitlich versetzte Messungen höchstwahrscheinlich unterschiedliche Ergebnisse liefern. Auch unterschiedliche Orte der Messung werden durch die jeweiligen Randbedingungen (z. B. Sohlgeometrie, Rauheiten an Sohle und Uferbereichen etc.) das Ergebnis unterschiedlich ausfallen lassen. Erst langfristige und dauerhafte Beobachtungen am selben Ort können Tendenzen aufzeigen und erst die Interpretationen dieser Tendenzen lassen Aussagen zu. Dabei ist es teilweise von untergeordneter Bedeutung, ob ein Messwert auf bis zu 1/1000 der Einheit angezeigt wird. Den Studierenden konnte so vermittelt werden, dass erst eine umfangreiche Kenntnis der vor Ort herrschenden Situation und der zeitliche Aspekt eine solide Aussage über die physikalischen Zusammenhänge ermöglichen.

9. Fazit und Ausblick

Aufgrund der besonderen Umstände durch die Beschränkungen des Lehrbetriebes und der damit verbundenen neuen Methoden der Wissensvermittlung, stellte die Umsetzung des Projektes eine besondere Herausforderung sowohl für die Lehrenden als auch für die Studierenden dar. Es wurde im Labor einzelnen Studierenden die Bedienung der Geräte vermittelt. In einer Kleinstgruppe konnte in einem Feldversuch direkt an der Pegnitz eine Messkampagne durchgeführt werden. Diese wurde teilweise per Video aufgezeichnet. Abweichend vom ursprünglichen Konzept mit dem kleinen Teilnehmerkreis aus der Forschungsgruppe, wurden die Aufzeichnungen spontan allen Studierenden des dritten Semesters des Studienganges Bauingenieurwesen im Rahmen des Wasserbaupraktikums vorgestellt. Auf diese Weise erreichten die in der Kleinstgruppe erarbeiteten Ergebnisse eine wesentlich größere Zielgruppe. Die lebhaften Videoaufnahmen der Feldmessungen stellten sicherlich eine Bereicherung für den sonst eher „trockenen“ Onlineunterricht dar.

10. Stellungnahme zur Budget-Bewirtschaftung

Die zugewiesene Fördersumme in Höhe von 7.330 Euro konnte nicht in der vollen Höhe verausgabt werden. Es wurden letztlich 6.385,84 Euro verbraucht. Dafür sind folgende Gründe zu nennen:

Nach einem ersten negativen Bewilligungsbescheid wurde in einer weiteren Bewilligungsrunde nachträglich eine Zusage in Aussicht gestellt. Diese wurde von der Möglichkeit der Projektdurchführung abhängig gemacht. Nach Zuteilung des positiven Bewilligungsbescheides zum 19. August 2020 konnten in den Semesterferien spontan keine Studierenden als Hilfskräfte gewonnen werden. Nach dem bürokratischen Vorlauf konnten Studierende als studentische Hilfskräfte zum Beginn des Wintersemesters 2020/2021 unter Vertrag genommen werden. Aufgrund der Kürze des zur Verfügung stehenden Zeitfensters konnten die geplanten Aktionen nur in einem geringeren zeitlichen Umfang erfolgen. Auch konnten die geplanten Exkursionen aufgrund der Kontakt- und Reisebeschränkungen durch die Bayerische Staatsregierung nicht durchgeführt werden.



Advantages of parametrically designed connectors, combined with digital fabrication methods to enhance future planning, prefabrication and building processes

Helena Angerer, B. Eng.
Prof. Dr.-Ing. René Conchon
Wolfgang Dempert
Martin Stangl
Hoong Yew-Chee, B. Eng.
Valentin Viezens, M. Eng.
Fakultät Bauingenieurwesen
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Gegenstand des Lehrforschungsprojektes war die Entwicklung von algorithmisch sowie parametrisch erzeugbaren Verbindungsknoten sowie deren Berechnung und Fabrikation mittels CNC-Fräs- und 3D-Drucktechnik. Zudem sollten die Vorteile und Möglichkeiten dieser Planungsmethode aufgezeigt und den beteiligten Studierenden aus dem Bachelor- sowie Master-Studiengang Bauingenieurwesen neue Kenntnisse vermittelt werden. Das Projekt wurde so angelegt, dass die Fertigkeiten der teilnehmenden Studierenden in Bezug auf das digitale Planen, Bauen sowie die Fertigung geschult wurden. Didaktisch wurde das Projekt mit der Methode des problembasierten Lernens durchgeführt. So haben sich die Studierenden größtenteils eigenständig in verschiedene zur Problemlösung geeignete Planungsprogramme eingearbeitet. Hierbei wurden Antworten für die jeweiligen Problemstellungen gefunden. Das Projekt wurde vor dem Hintergrund durchgeführt, dass auch im Bauwesen Planungszyklen immer kürzer werden. Dies ist zukünftig nur mit einem wachsenden Automatisierungsgrad in Planung, Berechnung sowie moderner Fertigungstechnologie beherrschbar. Ziel ist es, die Forschungen fortzuführen und die gefundenen Problemlösungsstrategien in die Lehre einfließen zu lassen.

1. Projektdaten

Fördersumme	9.980,32 Euro
Laufzeit	März bis September 2020
Fakultät	Bauingenieurwesen
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. René Conchon
Projektteam	Betreuung: Valentin Viezens M. Eng., Chiu-Ching Wiltzsch, M. Eng. Teilnehmer*innen: Helena Angerer, B. Eng., Hoong Yew-Chee, B. Eng., Wolfgang Dempert, Martin Stangl,
Kontaktdaten	rene.conchon@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Vorangegangene Lehrforschungsprojekte bildeten die Grundlage für das Projekt. Hierzu gehörten „Versuche zur Stabilität von Stützen und Trägern aus verschiedenen Materialien“ und „Building Information Modeling (BIM) und Virtual Reality (VR) im Bauwesen“. Weiterhin der an der langen Nacht der Wissenschaften 2019 präsentierte Demonstrator in Form eines begehbaren Rotationsparaboloids sowie das damit gesammelte Wissen hinsichtlich der parametrischen Planung und der Fabrikation. Das Aufkommen von neuen, auf das Bauwesen zugeschnittenen, parametrischen Planungstools wie Autodesk Dynamo in Kombination mit Autodesk Revit, die Weiterentwicklung etablierter Tools wie Grasshopper sowie die CAM-Software Autodesk Power Mill 2020 boten eine ideale Ausgangslage für die Durchführung dieses Projektes.

Das Lehrforschungsziel des Projektes bestand darin, den teilnehmenden Studierenden Einblicke und Fertigkeiten sowie Know-how in Bezug auf die integrale Planung, Berechnung und Fertigung von Anschlussdetails in Verbindung mit dem zugehörigen Globaltragwerk zu vermitteln. Die Durchführung des Projektes geschah auch vor dem Hintergrund, dass im Bauwesen der Anteil von vorgefertigten Bauteilen in Zukunft weiter zunehmen wird.

Der fachliche Hintergrund des Lehrforschungsprojektes bestand darin, das vorhandene Know-how des Projektteams hinsichtlich der parametrischen Entwurfs-, Tragwerks- und Detailplanung sowie der Fabrikation zu bündeln, weiterzuentwickeln und auf konkrete innerhalb der Projektlaufzeit adaptierbare Beispiele anzuwenden.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Der Studierende Hoong Yew-Chee entwickelte im Zuge des Lehrforschungsprojektes den Algorithmus „Simpul-Tool“ mit der Programmiersprache C#. Verwendet wurde die Entwicklungsumgebung Visual Studio 2019. Forschungsziel war es, den Algorithmus auf beliebig konvex geformte kleine und große Stabtragwerke anwenden zu können. Zudem sollten die Anschlüsse, im Vergleich zu trivial lösbaren Rundstabanschlüssen, auch für Stäbe mit rechteckigem Querschnitt anwendbar sein. Ein untergeordnetes Ziel war es, durch die entwickelten Anschlüsse die Stabbauteile nicht zu zerstören und somit eine Kaskadennutzung, Demontierbarkeit und Reversibilität der Verbindungen einschließlich der gesamten Tragkonstruktion zu gewährleisten. Die mithilfe des Algorithmus realisierbaren Konstruktionen kommen weitgehend ohne Nagel-, Bolzen-, Dübel- und Klebeverbindungen aus, sofern die mit den Verbindungen angeschlossenen Stäbe auf Druck belastet sind. Überall dort, wo sich ein durch Zugkräfte einstellendes Herausgleiten der Bauteilenden aus den Anschlussrülsen heraus ergeben würde, ist dies durch systemimmanente Formschlüsse oder durch horizontale Festhaltung der Auflager zu verhindern.

Im Folgenden wird der Hintergrund des entwickelten Algorithmus kurz erläutert: Ein rechteckiger Stab besitzt immer 8 Eckpunkte, jeweils vier je Stabstirnfläche. Schließen an einem Anschlusspunkt n Linien an, ergeben sich somit $4 \cdot n$ Eckpunkte, die zu einem gemeinsamen Anschlussknoten gehören. Ausgangsbasis des Algorithmus ist ein in sich konsistentes, ebenes oder räumliches Linienmodell. Konsistent bedeutet hierbei, dass keine Linien doppelt vorkommen und dass Linienenden sich lückenlos sowie numerisch exakt treffen. Auf Basis der Linientangenten werden Schnittpunkte benachbarter Stäbe berechnet. Bei windschiefen Linien wird stattdessen je Linie ein Punkt berechnet, der zusammen mit dem anderen Punkt eine Linie des kleinsten Abstands zweier windschiefer Linien bildet. Aus beiden Linien wird diejenige ausgewählt, welche mit den Eckpunkten eine Umhüllung bildet. Danach wird aus den ermittelten Hüllpunkten ein aus Dreieck- und Viereckflächen erzeugtes, geschlossenes Polygonnetz, auch Mesh genannt, erzeugt.

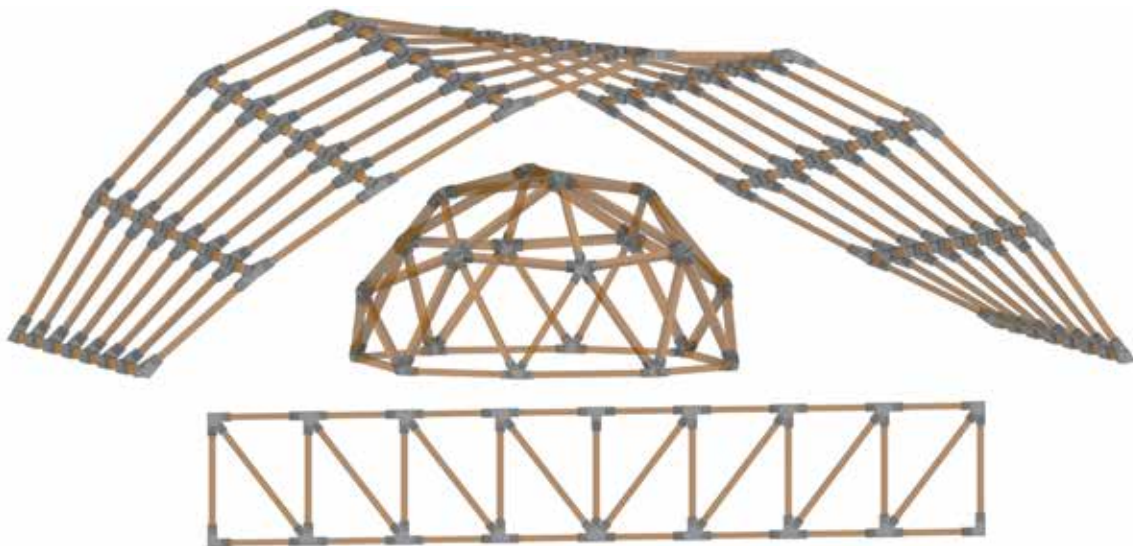


Abbildung 1: Parametrisch erzeugte Tragwerke mit Knotenpunkten (räumliches Stabwerk, Geodätische Kuppel, Fachwerkträger). Grafik: Hoon-Yew-Chee, Valentin Viezens

Die in Abbildung 1 visualisierten Strukturen zeigen die Anwendung des Simpul-Algorithmus auf ebene sowie räumliche Tragsysteme. Der Knoten der Geodätischen Kuppel, mit dem 6 Stäbe verbunden werden, wurde zum Zweck einer genaueren Betrachtung herausgezogen. Ausgehend vom automatisch erzeugten Grundknoten, wurden die in Abbildung 2 aufgeführten Typologien, Fabrikationen sowie Visualisierungen entwickelt.



Abbildung 2a: 3D-Modell Rhino
Fotos: Valentin Viezens



Abbildung 2b: 3D-Metallsinterdruck



Abbildung 2c: 3D-Druck PLA



Abbildung 2d: 3D-Modell Holzknoten

Während des Projektes und des Baus eines Mockups hat sich die Auflösung eines Knotenpunktes in eine obere sowie untere Hälfte als notwendig herausgestellt, da entstehende Dreieckstabverbünde nicht widerspruchsfrei in axialer Richtung gefügt werden können. Geplant ist es, eine solche Knotenauflösung ebenfalls algorithmisch zu implementieren.

Für die automatisierte Fertigung z. B. mittels Metallsinterdruck ist es wichtig, jeden Knoten und Stab der Konstruktion in der XY-Ebene auszulegen und das jeweilige Bauteil mit einem Marker, z. B. QR-Code oder einer eingedruckten Bauteilnummer, zu versehen. Die auf der XY-Ebene ausgelegten Bauteile können dann als STL-Datei oder als STEP-Datei für den 3D-Druck oder das Fräsen in einem Ordner exportiert und von einem anderen Programm in der Automatisierungskette weiterverarbeitet werden. Zudem wurden und können verschiedene Schnittstellen zu Statik- und FE-Software RFEM/Sofistik/Robot/Ansys/Karamba3D genutzt werden.

Vorteile dieser Arbeitsweise sind eine enorme Zeitersparnis und die Möglichkeit, jederzeit Änderungen vorzunehmen sowie Aussagen hinsichtlich des Tragverhaltens auch von komplexen Strukturen innerhalb weniger Sekunden zu erhalten.

Folgende Abbildung zeigt eine Konzeptstudie für eine Geodätische Kuppel in Form eines begehbaren Pavillons auf dem TH-Campus.



Abbildung 3: Konzeptstudie – Geodätische Kuppel auf TH-Campus. Grafik: Valentin Viezens

Die mit dem Tool erzeugten Tragstrukturen können zukünftig auch im Maßstab 1:1 hergestellt werden. Ziel ist es, die Automatisierungskette noch weiter zu verfeinern und den simultanen Planungs-, Berechnungs- und Fertigungsprozess zu komplettieren.

Von den Studierenden Wolfgang Dempert sowie Martin Stangl wurden mithilfe der Software Autodesk Revit, Dynamo und Robot verschiedene Workflows zur integralen Planung systematisierbarer Details und Bauwerke erarbeitet. Dynamo ist eine in Revit integrierte Anwendung zur parametrischen und algorithmischen Erzeugung von Geometrie-, Bauteil- sowie BIM-Objekten mithilfe von visuellen Programmierbausteinen. Jeder Block bzw. Node kann geändert und parametrisiert werden. Dies ermöglicht eine übersichtliche Arbeitsweise, ein simples Einarbeiten von Änderungen und die Möglichkeit, Strukturen zu optimieren. Individualisierte Blöcke können mithilfe der Sprache Python und der Autodesk-Bibliothek Design Script erzeugt werden. Mit den verfügbaren Werkzeugen lassen sich nahezu alle Geometrien sowie Knotendetails erzeugen.

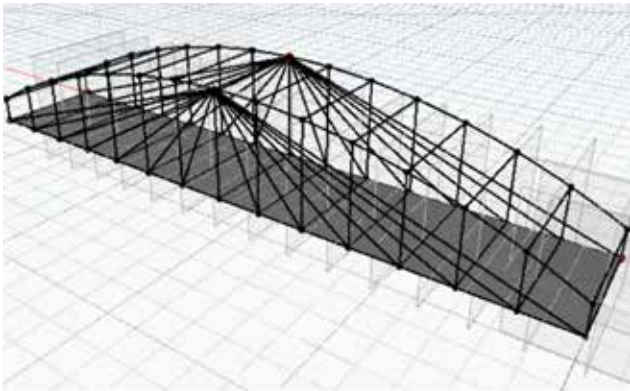


Abbildung 4: Algorithmisch generierte Bogenbrücke. Grafik: Martin Stangl, Wolfgang Dempert

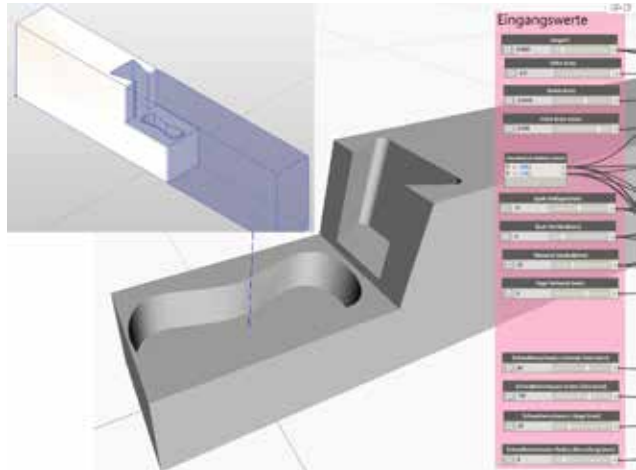


Abbildung 5: Algorithmisch generierter Holzbauanschluss. Grafik: Martin Stangl, Wolfgang Dempert

Abbildung 4 zeigt eine algorithmisch generierte Bogenbrücke. Abbildung 5 zeigt einen als Schwalbenschwanzverbindung ausgebildeten Holzbauanschluss. Beim Holzbauanschluss können alle den Holzanschluss definierenden Parameter über Schieberegler modifiziert werden. Beide Modelle – Nut und Feder – können als DWG/DXF-Datei exportiert werden. Der Holzanschluss wurde so ausgelegt, dass Zug bzw. Druck und bei fugenfreier Fügung Momente aufgenommen werden können. Zudem erfolgte mit Robot eine automatisierte Ermittlung von Schnitt- und Verschiebungsgrößen an verschiedenen Tragwerken.

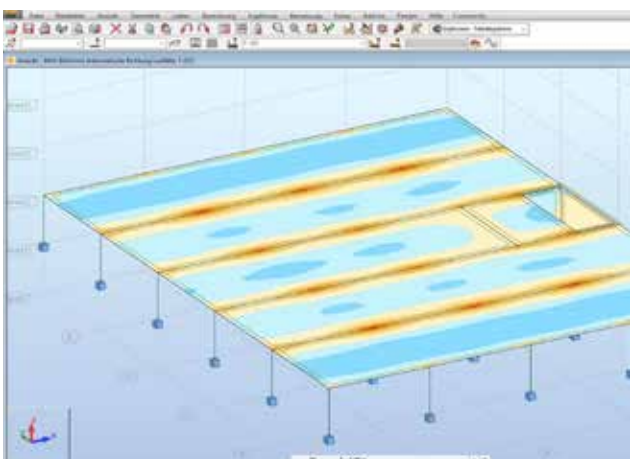


Abbildung 6: Spannungsanalyse an algorithmisch erzeugtem Hochhaus, Grafik: Martin Stangl, Wolfgang Dempert

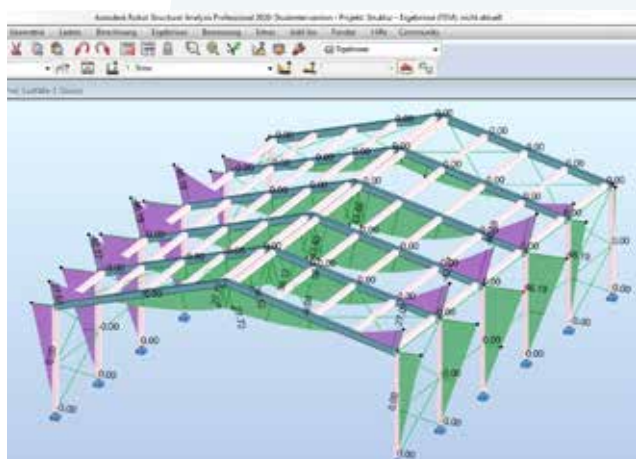


Abbildung 7: Momentenverlauf an algorithmisch erzeugtem Hallentragwerk, Grafik: Martin Stangl, Wolfgang Dempert

Die Studierende Helena Angerer arbeitete sich in die verfügbare CAM-Software Autodesk Powermill 2020 sowie in die Grundlagen der G-Code-Programmierung ein. Ziel war es, die mit Autodesk Revit/Dynamo und Rhino/Grasshopper erzeugten Geometrien der anderen Projektteilnehmer*innen in regelmäßigen Onlinemeetings hinsichtlich ihrer Herstellbarkeit zu bewerten und notwendige Änderungen der Modellierungsparameter abzustimmen.

men. Zudem mussten Fräsvorbereitungen sowohl virtuell als auch an der Fräsmaschine vorgenommen und die zu fertigenden 3-D-Modelle in die Software importiert werden. Für beide im Labor verfügbaren CNC-Fräsmaschinen wurden vom Laboringenieur Valentin Viezens 3-D-Modelle gezeichnet und daraus kinematische Simulationsmodelle erzeugt. Für den Export eines validen NC-Codes wurde von Frau Angerer ein Rohteilblock erzeugt und der verfügbare Schafffräser im Programm definiert. Die Übergabe bzw. Berechnung von für das Fräsen von Holz geeigneten Fräsparmetern waren elementar für eine korrekte Fabrikation. Nach Abschluss aller notwendigen Einstellungen konnte ein Werkzeugweg erstellt werden. Mithilfe der Simulationsmodelle und des Imports von Klemmen oder des verwendeten Schraubstocks als 3-D-Modell konnten etwaige Kollisionen bezüglich der Spindel bzw. des Werkzeugschafts am Rohbauteil oder während des Fräsvorganges überprüft werden.

Für Fräsarbeiten an der verfügbaren BZT PF600-Fräse wurden zwei Postprozessoren eingerichtet. Zum einen ein Postprozessor mit dem, bei identischer Bauteilpositionierung in der Software und an der Fräse selbst, direkt vom Referenzpunkt gestartet werden kann. Zum anderen ein Postprozessor, mit welchem ein manueller, beliebiger Nullpunkt gesetzt werden kann. Wenn der Werkzeugweg fehlerfrei ist, wird dieser als NC-Code mit einem der beiden Postprozessoren exportiert. Der NC-Code wird in die Steuersoftware WinPC-NC importiert und gestartet.

Abbildung 4 zeigt einen gefrästen Holzbauelement sowie eine mit der Software ANSYS durchgeführte Normalspannungsberechnung. Der Analyse ging die Definition eines anisotropen Materials unter Verwendung der E-Module und Querdehnzahlen von Nadelholz der Festigkeitsklasse C24 voraus. Die Spannungsanalyse wurde für eine auf die Verbindung einwirkende Zugkraft von 3,41 kN in X-Richtung vorgenommen.



Abbildung 8a: Rendering der gefrästen Holzverbindung, Grafik: Valentin Viezens

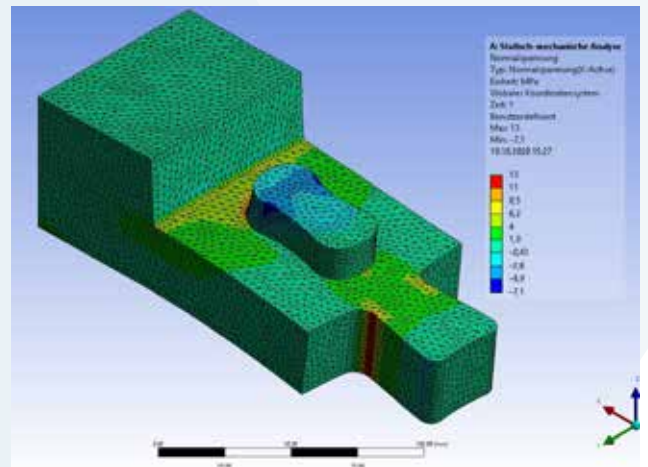


Abbildung 8b: FE-Spannungsanalyse, Grafik: Valentin Viezens

Die vier Studierenden wurden von der Laboringenieurin Chiu-Ching Wiltzsch sowie vom Laboringenieur Valentin Viezens fachlich betreut. Die Bearbeitung der Themen erfolgte weitestgehend eigenständig. Wegen der Corona-Pandemie fanden regelmäßige Meetings und der fachliche Austausch des Projektteams via Zoom statt.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/ Verwertung

Es wurde belegt, dass die parametrische bzw. algorithmisch basierte Modellierung/Erzeugung von Verbindungen/Knotenpunkten und Tragstrukturen sowie deren automatisierte Fabrikation durch eine sorgfältige Planung möglich ist und enorme Vorteile hinsichtlich der Planungszeit bietet. Dies bedingt jedoch viel Sachverstand und Kenntnisse in der korrekten Bedienung der Planungssoftware. Zudem wurde gezeigt, wie Modelle und Daten automatisch an Statik- bzw. FE-Software weitergeleitet und weiterverarbeitet werden können. Weiterhin wurde bewiesen und fotografisch dokumentiert, dass Knotenpunkte und Anschlüsse mithilfe von Fabrikationsmethoden wie Fräsen und Metallsinterdruck hergestellt werden können. Es ergaben sich teilweise Fehler und Probleme bei der Erzeugung von Abzugs-/Vereinigungskörpern bezüglich der Geometrien in Dynamo sowie Grasshopper. Eine

ungünstige Positionierung der Knotengeometrie im Bauraum des Metallsinterdruckers führte zu ungewünschten Aufschmelzungen. Weiterhin mussten Fehlerquellen bei der Erzeugung des NC-Codes sowie in den verwendeten Postprozessoren und den Fräsparametern eliminiert werden.

Im Ohm-Journal wurde ein Artikel zum durchgeführten Lehrforschungsprojekt veröffentlicht. Es ist geplant, das Projekt im Jahresbericht der Fakultät Bauingenieurwesen aufzuführen und mögliche Partner aus der Industrie zu gewinnen. Die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen sollen in Form der erstellten Arbeitsdokumentationen auf die Website der TH Nürnberg gestellt werden.

5. Fazit und Ausblick

Das Projekt wurde von den teilnehmenden Studierenden trotz der anfänglich steilen Lernkurve und des interdisziplinären Charakters aus Informatik und Ingenieurwesen sehr gut angenommen. Auch Firmen und Ingenieurbüros haben ihr Interesse an dieser Planungsmethode bekundet und entdeckt. Offene bzw. detaillierter zu lösende Forschungsthemen sind die Anbindung an Statik- und FE-Software sowie die automatisierte Auswertung und Bemessung auch von komplexen Knotendetails und deren Nachvollziehbarkeit in Form von erzeugten Berechnungsprotokollen. Vorteile des forschenden Lernens waren die hohe Motivation der Studierenden und das durch das Lehrforschungsprojekt zwangsläufig initiierte, problembasierte Lernen. Nachteile waren die knappe Projektlaufzeit sowie Verzögerungen, die sich durch die Corona-Pandemie ergeben haben. Zudem gab es beim beantragten Umbau der Fräsmaschine Verzögerungen aufgrund durch Kurzarbeit bedingter Lieferengpässe. Es ist geplant, die Themen mit Fokus auf den statisch konstruktiven Teil sowie die Anbindung an FE-Software fortzuführen. Auch die Durchführung von Bauteilversuchen ist geplant. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in ein zukünftiges Laborpraktikum einfließen und der Lehre in den Fächern Stahl- und Holzbau zugutekommen.



Lehrforschungsprojekt Arbeitsmarkt- und Personalökonomik

Prof. Dr. Hans-Dieter Gerner
Fakultät Betriebswirtschaft
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Im Rahmen dieses empirischen Lehrforschungsprojektes setzten sich Studierende mit arbeitsmarkt- und personalökonomischen Themen auseinander. Dabei wurde der gesamte Forschungsprozess durchlaufen, d. h., zunächst sollten sich die Teilnehmer*innen ein Forschungsthema überlegen, eine Forschungsfrage formulieren und einen Forschungsplan erstellen.

Im nächsten Schritt erfolgten die empirischen Analysen. Den Abschluss bildete eine Präsentation der Forschungsergebnisse. Die Studierenden setzten sich u. a. mit Fragen der Zufriedenheit von Praktikant*innen, dem Einfluss persönlicher Netzwerke bei der Suche nach Praktikumsstellen und Problemen hinsichtlich der Fragebogengestaltung auseinander.

Die Teilnehmenden, 12 Bachelor-Studierende der BWL im 3.–6. Semester, wurden in Teams eingeteilt. Dort forschten sie selbstständig an ihren Themen. Die Forschungsarbeit in den Teams wurde zeitweise unterbrochen, um die Studierenden mit Inputs zu versorgen. Oberstes Ziel der Veranstaltung war es, den Forscher*innengeist bei den Studierenden zu wecken. Das gewählte Lehrformat aus Eigenarbeit der Studierenden und gezielten Inputs der Dozierenden hat sich als sehr geeignet erwiesen.

1. Projektdaten

Fördersumme	8.600 Euro
Laufzeit	Oktober bis Dezember 2020
Fakultät	Betriebswirtschaft
Projektleitung	Prof. Dr. Hans-Dieter Gerner
Projektteam	Dr. Jens Stegmaier
Kontakt Daten	hans-dieter.gerner@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Im Rahmen der Veranstaltung haben Studierende im Bachelor BWL ein eigenes empirisches Forschungsprojekt aus dem Bereich Arbeitsmarkt- und Personalökonomik bearbeitet. Die Datengrundlage für die statistischen Untersuchungen bildete die Befragung der Praktikant*innen der Fakultät Betriebswirtschaft. Hierbei handelt es sich um eine Befragung, an der alle Studierenden der Fakultät Betriebswirtschaft nach ihrem Praktikum teilnehmen müssen. Die Teilnehmer*innen an der Befragung machen dabei allgemeine Angaben zu ihrem Praktikumsbetrieb, dem Rekrutierungsprozess, ihrer Zufriedenheit etc.



Abbildung 1: Eigene Berechnungen auf der Grundlage der Praktikant*innenbefragung im Wintersemester 2019/2020. Anzahl der Befragten: 150. Die Studierenden wurden hier gefragt: „Wie zufrieden waren Sie alles in allem betrachtet mit Ihrem praktischen Studiensemester?“ Grafik: Hans-Dieter Gerner, Jens Stegmaier

Da die Studierenden verpflichtet sind, an dieser Befragung am Ende ihres Praktikums teilzunehmen, handelt es sich hierbei um eine Vollerhebung. Auf der Grundlage der erhobenen Daten können Fragestellungen bearbeitet werden, die von großer arbeitsmarkt- und personalökonomischer Relevanz sind. Beispiele hierfür sind:

- Wie aufwendig gestalten Betriebe den Rekrutierungsprozess und die Betreuung von Praktikant*innen?
- Welche betrieblichen Maßnahmen im Rahmen des Praktikums stehen in einem Zusammenhang mit der Zufriedenheit der Praktikant*innen?
- Können der Rekrutierungsprozess, die Betreuung etc. dabei helfen, die Studierenden über das Praktikumsverhältnis hinaus an den Betrieb zu binden?



Abbildung 2: Eigene Berechnungen auf der Grundlage der Praktikant*innenbefragung im Wintersemester 2019/2020. Anzahl der Befragten: 150. Die Studierenden wurden hier gefragt: „Können Sie sich vorstellen, Ihren zukünftigen Beruf in einem ähnlichen Betrieb wie Ihr Praktikum auszuüben?“ Grafik: Hans-Dieter Gerner, Jens Stegmaier

Da es sich um eine Vollerhebung handelt, spielen Fragen der Repräsentativität bzw. der Selektivität der Teilnehmer*innen an der Befragung nur eine untergeordnete Rolle.

Die Studierenden haben den gesamten Forschungsprozess von der Formulierung ihrer Fragestellung über die empirischen Untersuchungen bis zur Präsentation ihrer Ergebnisse durchlaufen. Ein wichtiges Ziel war es hierbei, dass die Teilnehmer*innen nicht nur die einzelnen Stufen des Forschungsprozesses abarbeiten, sondern auch kritisch reflektieren. An welcher Stelle muss man im Forschungsprozess evtl. noch mal zurückspringen, die Fragestellung anpassen, Operationalisierungen verändern, Kompromisse eingehen etc.

Das wichtigste Ziel bestand darin, den Forscher*innengeist bei den Studierenden zu wecken. Den Teilnehmer*innen sollte bewusst werden, dass mit den statistischen Methoden, die im BWL-Studium vermittelt werden, interessante und relevante Fragestellungen bearbeitet werden können. Nicht zuletzt sollten die Studierenden für Fragen des Datenschutzes sensibilisiert werden. In diesem Zusammenhang mussten die Teilnehmer*innen im Vorfeld des Seminars eine Datenschutzverpflichtungserklärung unterschreiben. Überdies wurden im Seminar Maßnahmen diskutiert, die ergriffen werden sollten, um einen Datensatz bzw. sensible Merkmale zu entfremden und gleichzeitig sicherzustellen, dass die Auswertungen der Daten aussagekräftig bleiben.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Im Rahmen des Lehrforschungsprojektes wurden die Teilnehmer*innen in Projektteams eingeteilt. Jedes Projektteam hat sich eine eigene Fragestellung überlegt, die auf der Basis der Befragung von Praktikant*innen bearbeitet werden soll. Die Dozenten (wir) haben die Studierenden dabei unterstützt und ihnen von Zeit zu Zeit Inputs gegeben. Eine Präsentation der Zwischenergebnisse erfolgte am Ende eines jeden Schrittes, den die Projektteams gegangen sind (Entdeckungs-, Begründungs- und Verwertungszusammenhang). Im Projekt wurden dabei u. a. folgende Forschungsfragen bearbeitet:

- Welchen Einfluss hat die Betriebsgröße auf den Lernerfolg im Praktikum?
- Welchen Einfluss spielen persönliche Netzwerke bei der Suche nach einem Praktikumsplatz und bei der Zufriedenheit mit dem Praktikum?
- Welche Faktoren beeinflussen die Zufriedenheit mit einem Praktikum?
- An welchen Stellen müsste das Fragebogendesign verändert werden?

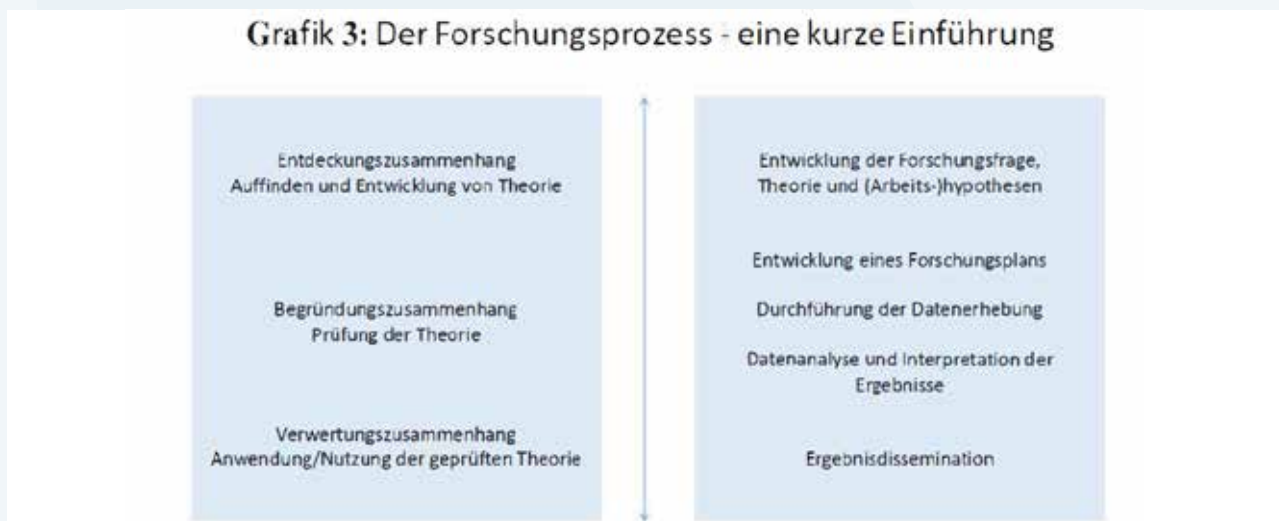


Abbildung 3: Eigene Darstellung in Anlehnung an „Raithel, J. (2008): Quantitative Forschung – ein Praxiskurs. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer, Wiesbaden. Grafik: Hans-Dieter Gerner, Jens Stegmaier

Bei der Arbeitsmarkt- und Personalökonomik handelt es sich um ein sehr interdisziplinäres Forschungsgebiet. Eine besonders große Rolle spielen dabei insbesondere Erkenntnisse aus der Volkswirtschaftslehre, der Betriebswirtschaftslehre und der Soziologie. Diesem Umstand wurde im Lehrforschungsprojekt in vollem Umfang dadurch Rechnung getragen, dass die beiden Dozenten aus unterschiedlichen Fachgebieten kommen (Prof. Dr. Hans-Dieter Gerner ist Volkswirt, Dr. Jens Stegmaier ist Soziologe) und die Teilnehmer*innen angehende Betriebswirt*innen sind. Durch die Zusammenarbeit der Dozenten wird überdies die bestehende Kooperation zwischen dem Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung und der TH Nürnberg ausgebaut bzw. vertieft.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Die Teilnehmer*innen haben erste Versuche unternommen, um ihre Fragestellungen auf empirischem Wege zu beantworten. Die Studierenden haben dabei Evidenz dahingehend gefunden, dass der Kompetenzgewinn von den Praktikant*innen insgesamt als sehr hoch eingeschätzt wird. Der empfundene Lernfortschritt steigt dabei tendenziell mit der Betriebsgröße. Weiterhin sind die Praktikant*innen sehr zufrieden mit ihrem Praktikum. Im Mittel¹ ist dabei die Zufriedenheit höher, wenn die Praktikant*innen ihre Praktikumsstelle auf der Grundlage persönlicher Netzwerke bekommen haben. Die theoretische Begründung hierfür wäre, dass die Matching-Qualität dann besser sein dürfte. Eine genauere Betrachtung der Ergebnisse zeigt allerdings, dass der Unterschied weder statistisch noch ökonomisch signifikant ist. Die fehlende statistische Signifikanz könnte damit zusammenhängen, dass die Anzahl der Beobachtungen im Datensatz noch nicht besonders hoch ist. Folgende Abbildung 4 zeigt das Ergebnis eines t-Tests:

t-Test, Gibt es einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der mittleren Zufriedenheit zwischen Praktikant*innen, die ihr Praktikum aufgrund persönlicher Kontakte bekommen haben?

Mittlere Zufriedenheit (Praktikum ohne persönlichem Kontakt)	7,91
Mittlere Zufriedenheit (Praktikum mit persönlichem Kontakt)	8,25
Differenz (Standardfehler)	0,34 (0,44)

Abbildung 4: Eigene Berechnung auf der Grundlage der Praktikant*innenbefragung im Wintersemester 2019/2020. Anzahl der Beobachtungen: 150.
Grafik: Hans-Dieter Gerner, Jens Stegmaier

Die (noch) niedrige Fallzahl im Datensatz hat sich auch bei den anderen Fragestellungen als problematisch herausgestellt.

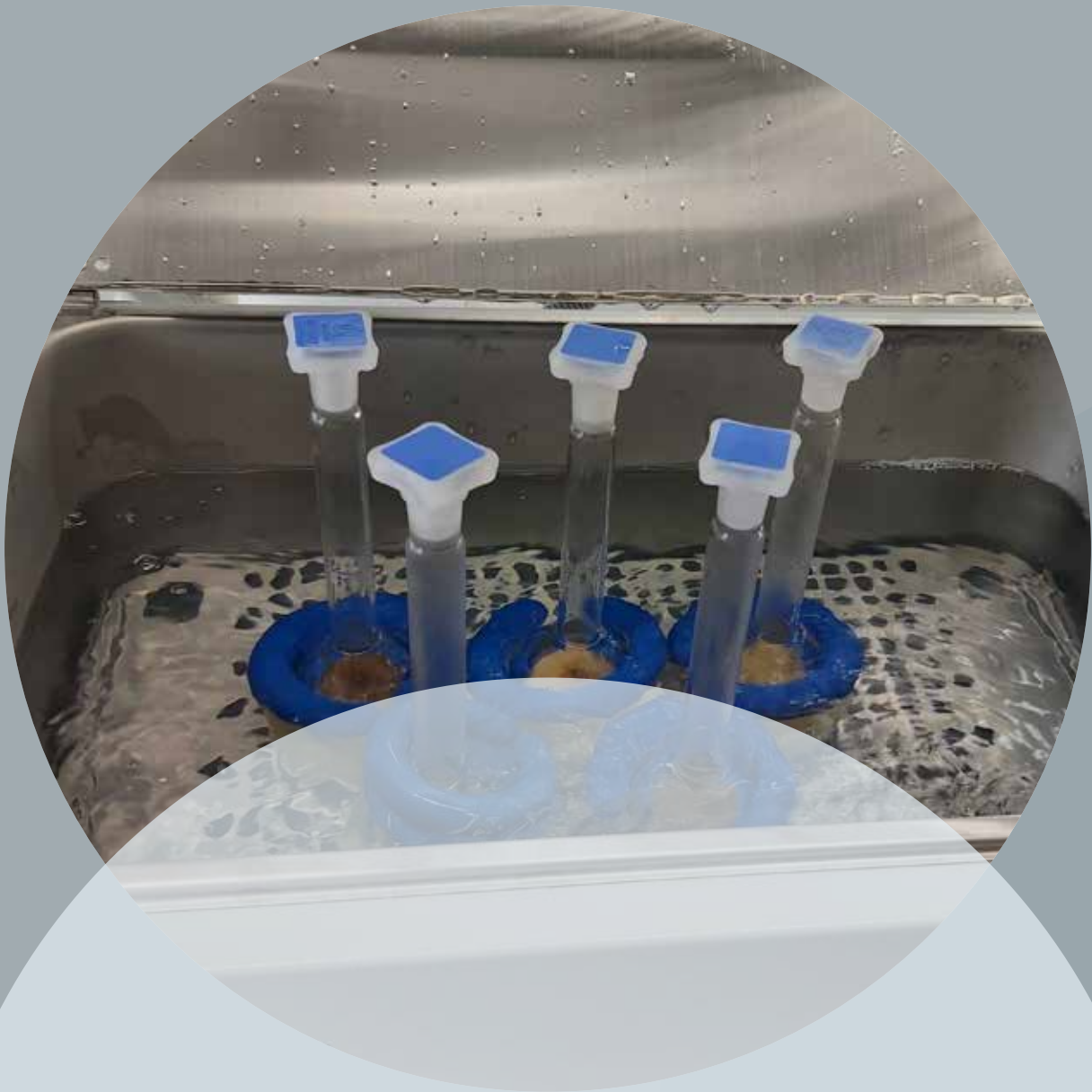
Überdies haben die Studierenden Vorschläge gemacht, an welchen Stellen das Design der Fragen geändert werden sollte. Dazu haben die Studierenden die Varianzen in den Antworten sowie die Extremwerte bei den Antworten untersucht und sind dabei zu dem Schluss gekommen, dass u. a. Änderungen in der Filterführung dahingehend vorgenommen werden sollten, dass klassischen Studierenden und dual Studierenden z. T. andere Fragen vorgelegt werden.

5. Fazit und Ausblick

Die Befragung von Praktikant*innen der Fakultät Betriebswirtschaft stellt eine interessante Datengrundlage für die Untersuchung zentraler arbeitsmarkt- und personalökonomischer Fragestellungen dar. Die Ergebnisse, die die Studierenden in ihren Analysen gefunden haben, sind vielversprechend und sollten den Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen, etwa im Rahmen von Bachelorarbeiten, bilden. Die so gewonnenen Erkenntnisse könnten zur Begutachtung und gegebenenfalls zur Publikation bei wissenschaftlichen Journalen wie der „Zeitschrift für Personalforschung“ eingereicht werden. Darüber hinaus sollten die Erkenntnisse zum Anlass genommen werden, den Fragebogen zu verbessern.

¹ Bei der Zufriedenheit handelt es sich zwar um ein ordinal skaliertes Merkmal. Dem Mainstream in der empirischen Wirtschaftsforschung folgend, betrachten wir aber auch das arithmetische Mittel (siehe: Angrist, J. D.; Pischke, J. S. (2009): Mostly Harmless Econometrics, Princeton University Press, Princeton).





Ressourceneffizienz im Praktikum

Prof. Dr. Birgit Götzinger
Daniela Hirsch
Fakultät Angewandte Chemie
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Ziel dieses Projektes war es, den Ressourcenverbrauch in Praktika des Studienganges Angewandte Chemie zu reduzieren, wobei aber ein wichtiges Lernziel – Umgang mit verschiedenen Chemikalien und auch mit toxischen Substanzen – nicht aus dem Auge verloren werden sollte. Dazu wurden zunächst die verschiedenen Praktikumsversuche im 2. und 3. Fachsemester hinsichtlich verschiedener Parameter wie z. B. Toxizität der verwendeten Chemikalien, Chemikalienmengen, Abfallentsorgung, Verbrauchsmaterialien und Zeitbedarf untersucht. Aufgrund der Corona-Pandemie konnte das Projekt nur mit großer Verzögerung starten und daher nur von wenigen Studierenden aus höheren Semestern bearbeitet werden. Es wurden Optimierungen im Bereich der Entsorgung sowie für zwei instrumentell-analytische Versuche vorgeschlagen und Letztere auch im Labor ausgetestet. Mehrere Substitutionen zu weniger toxischen Lösungsmitteln sowie die Verwendung dünnerer Säulen (geringerer Lösemittelverbrauch) und geringerer Chemikalienmengen wurden im Labor erfolgreich ausgetestet. Die neuen Versuche sollen nächstes Jahr im Wintersemester im Praktikum zum Einsatz kommen, wobei bei der Versuchsvorbereitung auch die Anpassungen und deren Auswirkungen zur Sprache kommen werden.

1. Projektdaten

Fördersumme	8.000 Euro
Laufzeit	September bis Dezember 2020
Fakultät	Angewandte Chemie
Projektleitung	Prof. Dr. Birgit Götzinger
Kontaktdaten	birgit.goetzinger@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz sind wichtige Zukunftsthemen in allen Industriezweigen. Praktikumsversuche sollen einerseits handwerkliche Fähigkeiten und den sicheren Umgang mit Gefahrstoffen einüben. Andererseits müssen sie aber auch kontinuierlich an aktuelle Anforderungen angepasst werden und die Verknüpfung von zeitgemäßen Fragestellungen mit den didaktischen Inhalten erhöht die Motivation der Studierenden, sich vertieft mit den Inhalten zu beschäftigen. Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, das oft bereits vorhandene Interesse der Studierenden für Themen wie Klimaschutz, verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen und Nachhaltigkeit mit konkreten Fragestellungen aus dem Praktikumsalltag zu verknüpfen. Dabei soll auch das Hinterfragen von bestehenden Strukturen und Arbeitsabläufen geschult werden, ebenso wie das Konzipieren und Umsetzen von eigenen Versuchen im Labor. Indem konkrete Praktikumsversuche erarbeitet werden sollen, können diese auch in den nächsten Jahren im Praktikum zum Einsatz kommen, wodurch die Thematik auch in den nachfolgenden Studierendenkohorten immer wieder aufgegriffen werden kann.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Der Ablauf war so vorgesehen, dass zu Beginn des Sommersemesters interessierte Studierende aus verschiedenen Semestern zu einem Projektteam zusammengestellt werden. Dieses Projektteam sollte die verschiedenen Praktikumsversuche auf Schwachstellen und mögliche Verbesserungen in Bezug auf Ressourceneffizienz und

Nachhaltigkeit überprüfen und einige dieser Verbesserungen dann im Labor austesten. Aufgrund der Schutzmaßnahmen zur Corona-Pandemie konnten allerdings im Sommersemester für längere Zeit überhaupt keine Präsenzveranstaltungen stattfinden, weshalb auch kein größeres Projektteam zusammengestellt werden konnte. Außerdem war zunächst gar keine Laborarbeit möglich, und als diese wieder möglich war, wurde der Fokus auf die Pflichtpraktika gelegt, um den Studierenden möglichst viele praktische Inhalte näherzubringen. Mit den Arbeiten an diesem Lehrforschungsprojekt konnte daher erst im September gestartet werden, und dann auch nur mit einem sehr reduzierten Projektteam.

Es wurde sich daher hauptsächlich auf die Versuche aus einem Praktikum beschränkt, dem Praktikum „Grundlagen der Instrumentelle Analytik“, das im 3. Fachsemester stattfindet. Die verschiedenen Versuche wurden auf Verbesserungsmöglichkeiten untersucht. Es wurden zwei Versuche im Bereich der Chromatografie identifiziert und verschiedene Vorschläge zur Optimierung gemacht. Diese wurden danach im Labor getestet.

Leider konnte die geplante größere, semesterübergreifende Gruppe nicht eingesetzt werden. Aufgrund der SARS-CoV-2 Pandemie wurden die Gefährdungsbeurteilung und daraus resultierend die Betriebsanweisungen für die Labore angepasst, um das Infektionsrisiko weitestgehend zu minimieren. Eine wichtige Maßnahme war es, die Anzahl der gleichzeitig im Labor arbeitenden Studierenden stark zu begrenzen. Da das Lehrforschungsprojekt erst im September starten konnte und ab Oktober möglichst viele praktische Inhalte für die Pflichtpraktika angeboten wurden, konnten nur sehr wenige zusätzliche Studierende im Labor arbeiten. Außerdem sollte auch der Kontakt zwischen den Mitarbeiter*innen und den Studierenden möglichst minimiert werden, weshalb nicht immer wieder verschiedene Studierende im Labor eingearbeitet werden konnten.

Die im Labor getesteten Optimierungen wurden dahingehend ausgewählt, dass sie apparativ relativ aufwendig sind. Daher wäre es schwieriger, sie in der geplanten größeren, heterogenen Gruppe an Studierenden durchzuführen, da die Einarbeitung an den Geräten relativ viel Zeit verschlingen würde und das immer wieder notwendige Troubleshooting schwieriger durchzuführen wäre. Daher waren diese Versuche für die pandemiebedingten Einschränkungen – nur eine Person an einem Versuchsplatz – am besten geeignet. Die einfacher in Gruppen durchzuführenden Versuche können in einer späteren Weiterführung des Projektes wieder aufgegriffen werden, wobei einige der nötigen Materialien bereits im Rahmen dieses Lehrforschungsprojektes 2020 beschafft werden konnten.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Als Themenfelder, die in der kurzen Projektlaufzeit und mit der sehr begrenzten Laborkapazität bearbeitet werden können, wurden zum einen die Entsorgung der Chemikalien und zum anderen zwei chromatografische Versuche identifiziert.

Für die Entsorgung wurden die verschiedenen entstehenden Abfälle in Bezug auf Toxizität und insbesondere Wassergefährdung evaluiert. Dabei kamen die Projektteilnehmer zur Erkenntnis, dass für Laborkleinmengen und verdünnte Lösungen andere Anforderungen gelten als für die Reinstoffe. Diese Aspekte wurden für verschiedene Praktikumsversuche untersucht und als eine Maßnahme abgeleitet, dass weitere Anstrengungen zur Reduktion des anfallenden Abfalls unternommen werden sollten und welche Versuche dabei besonderes Einsparungspotenzial aufweisen. Allerdings können diese Versuche im Labor einfacher von größeren Gruppen mit z. T. auch noch wenig erfahrenen Studierenden durchgeführt werden (v. a., wenn parallel die entsprechenden Praktika laufen), weshalb die praktische Überprüfung auf ein potenzielles Nachfolgeprojekt verschoben wurde.

Im Bereich der Chromatografie wurden folgende Versuche identifiziert:

- HPLC-Versuch: Grundversuche an einem HPLC-Messplatz¹: Bestimmung von chromatografischen Parametern und Quantifizierung eines Konservierungsmittels auf Orangenschalen nach Soxhlet-Extraktion
- DC-Versuch: Trennung der Inhaltsstoffe von Curry mittels Dünnschichtchromatografie (DC)

4.1 Ergebnisse der Optimierung des HPLC-Versuchs:

Identifizierte Schwachstellen des HPLC-Versuchs:

- Hoher Lösungsmittelverbrauch während der Trennung durch hohe Flussraten (1 mL/min) und zum Teil lange Laufzeiten (bis zu 25 min für einen Analysenlauf)
- Verwendung von Methanol als mobile Phase für die Trennung, Methanol ist giftig und organschädigend (Augen) sowie deutlich wassergefährdend
- Probenvorbereitung: Extraktion des Konservierungsmittels mittels Soxhlet-Extraktion unter Einsatz des Lösungsmittels Dichlormethan (muss gesondert entsorgt werden; Haut- und Augen-reizend, narkotisierend, vermutlich kanzerogen)

Bevor der bestehende Versuch optimiert wurde, wurde die Verwendung eines völlig anderen Analyt-Systems evaluiert. Das bisher analysierte Konservierungsmittel ist schon seit langer Zeit in der EU verboten, wodurch der Anwendungsbezug etwas verloren gegangen ist. Daher wurde auf die Analytik von Koffein in koffeinhaltigen Getränken umgestellt. Dadurch kann die Probenvorbereitung mittels Extraktion in wässriger Lösung bei Temperaturen von ca. 80 °C erfolgen (Abbildung 1), anstatt in siedendem Dichlormethan. Außerdem können von den Studierenden eigene Proben mitgebracht und vermessen werden (Abbildung 2).



Abbildung 1: Probenvorbereitung für die Koffein-Extraktion aus Getränken.
Foto: Daniela Hirsch



Abbildung 2: Beispiele für Proben in dem neuen HPLC-Versuch.
Foto: Daniela Hirsch

Die Methode wurde zunächst so optimiert, dass die Analyse in möglichst kurzer Zeit mit ausreichender Trennleistung durchgeführt werden kann. Danach wurde die Methode auf Säulen mit anderen Säulendimensionen transferiert, wobei verschiedene Längen, Partikelgrößen und Innendurchmesser getestet wurden. Bei verringerter Säulenlänge bei gleichzeitig geringerer Partikelgröße kann die Analysenzeit deutlich reduziert werden (Abbildung 3). Ein geringerer Säulendurchmesser führt zu deutlich niedrigeren Flussraten und damit zu einem geringeren Lösungsmittelverbrauch. Mit diesen Maßnahmen konnte das Lösemittelvolumen pro Messung von 2,40 mL auf 0,34 mL reduziert werden, was eine große Einsparung sowohl bei der Beschaffung als auch bei der Entsorgung bedeutet.

Tabelle 1: Vergleich des Koffeingehaltes verschiedener Proben, gemessen mit zwei verschiedenen Säulen (I: längere und dickere Säule; IV: kürzere und schmalere Säule) und Ethanol als Eluent

	Sollwert	Säule I		Säule IV	
	Gehalt [g/kg]	Gehalt [g/kg]	Abweichung zu Soll [%]	Gehalt [g/kg]	Abweichung zu Soll [%]
Eilles-Filterkaffee	15,5	15,1	-2,6	15,4	-0,6
Nescafé Espresso	27,5	27,6	0,4	28,1	2,5
Jacobs Gold	37,5	37,4	-0,2	38,2	2,1
Schwarzer Tee	24,5	24,9	1,1	24,7	0,4
Club-Mate Granat	200 ^a	196,7 ^a	-1,8	204,7 ^a	2,2

^a Gehalt in mg/L

4.2 Ergebnisse der Optimierung des DC-Versuchs:

Identifizierte Schwachstellen des DC-Versuchs:

- Verwendung von Chloroform in der mobilen Phase (muss gesondert entsorgt werden; giftig, vermutlich kanzerogen und fruchtschädigend, Organtoxizität)
- Derivatisierung mit u. a. Borsäure (fruchtschädigend)

Für die Optimierung der DC-Trennung wurden verschiedene Lösungsmittel mit ähnlicher Elutionsstärke wie Chloroform getestet. Während die meisten getesteten Substanzen die Trennung deutlich verschlechterten, konnte mit Toluol eine ausreichend gute Trennung von Curcumin und seinen Derivaten erzielt werden. Eine zweite Entwicklung im selben Laufmittel führte zu einer weiteren Verbesserung der Auflösung, ohne zusätzlichen Lösungsmittelverbrauch.

Da Curcumin und seine Derivate eine Eigenfärbung aufweisen, wurde getestet, ob auf den Derivatisierungsschritt mit Bor- und Oxalsäure auch verzichtet werden kann. Die erzielten Ergebnisse waren vergleichbar, die Derivatisierung könnte als bedenkenlos weggelassen werden. Allerdings wurde von den Studierenden angemerkt, dass diese Art der Nachweisreaktion an keiner anderen Stelle des Studiums durchgeführt wird, weshalb didaktische Gründe für eine Beibehaltung dieses Arbeitsschrittes sprechen.

5. Fazit und Ausblick

Leider konnte das Lehrforschungsprojekt insbesondere in der didaktischen Ausgestaltung nicht so durchgeführt werden wie geplant. Trotzdem wurde aus den durchgeführten Arbeiten klar, dass die Thematik für Studierende einen großen Mehrwert hat, da an bekannten Versuchen gearbeitet wird und das Thema Ressourceneffizienz insgesamt von großem Interesse ist. Es konnten trotz reduziertem Projektumfang bereits einige Verbesserungsmöglichkeiten identifiziert und davon wiederum einige wenige auch ausgetestet werden. Dadurch konnten Erfahrungen gesammelt werden, wie sich theoretische Überlegungen praktisch umsetzen lassen bzw. wo die Hürden und Fallstricke bei der Umsetzung liegen. Außerdem wurden durch den Blick von Außenstehenden auch die bestehenden Abläufe und Vorgehensweisen hinterfragt und neue Ideen für zukünftige Verbesserungen entwickelt. Zusätzlich wurden bereits Materialien beschafft, die bei einer Wiederaufnahme des Projektes nach dem Ende der speziellen Pandemie-Situation zum Einsatz kommen können. Die überarbeiteten Versuche sollen im Wintersemester 2021/22 in dem Praktikum „Grundlagen der instrumentellen Analytik“ im 3. Fachsemester zum Einsatz kommen. Dabei wird auch auf die erfolgten Anpassungen, deren Hintergründe und Vorteile eingegangen werden. Es ist geplant, im Jahr 2022 ein weiterführendes (Lehrforschungs-)Projekt, aufbauend auf den bisherigen Arbeiten (und möglichst mit dem ursprünglichen didaktischen Vorhaben), zu beantragen, das dann auch hervorragend an den Lehrkontext der bisher optimierten Versuche angeknüpft werden kann.

¹ HPLC steht für High-Performance Liquid Chromatographie, eine hochauflösende Trenntechnik und eine wichtige analytische Methode auch im industriellen Umfeld.



Formula Student

Vincent Müller

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik

Linda Schwab

Fakultät Betriebswirtschaft

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Grau

Maschinenbau und Versorgungstechnik

TH Nürnberg

Zusammenfassung

Strohm und Söhne e.V. – das Formula Student Team der TH Nürnberg – arbeitet derzeit an der Entwicklung seines sechsten, rein elektrisch angetriebenen Rennfahrzeugs. Das Projekt bietet den teilnehmenden Studierenden in erster Linie die Möglichkeit, sich jede Saison eigenständig als Team zu strukturieren und umfangreiches Wissen anzueignen, um ein reglementkonformes Rennfahrzeug konstruieren und fertigen zu können.

Dabei vereint das Team Studierende aus vielen unterschiedlichen Fachrichtungen und Semestern – von Maschinenbau über Elektrotechnik bis hin zur Betriebswirtschaftslehre und dem Design. Die Tätigkeiten im Projekt sind über vielfältige Aufgabenbereiche gesteckt, sodass alle Studierenden der Hochschule eine passende Position finden.

Zusätzlich haben die Studierenden die Möglichkeit, bei Strohm und Söhne e.V. Projektarbeiten oder Abschlussarbeiten für ihr Studium zu schreiben. Ziel ist es, das aktuelle Fahrzeug für die Saison 2021 fertigzustellen. Im Laufe des Projektes nehmen die Studierenden an verschiedenen internationalen Wettbewerben teil.

Das Team unterstützt die Hochschule zusätzlich bei Veranstaltungen, wie etwa der „Langen Nacht der Wissenschaften“ oder den „Studieninfotagen“.

1. Projektdaten

Fördersumme	10.000 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2020
Fakultät	Maschinenbau und Versorgungstechnik
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Ulrich Grau
Kontaktdaten	ulrich.grau@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Das Rennteam Strohm und Söhne e.V. gründete sich im Jahr 2011 und vertritt seitdem die TH Nürnberg beim größten internationalen Konstruktionswettbewerb für Studierende – der Formula Student.

Die zentrale Aufgabe in der Formula Student ist es, mit einem Team aus Studierenden jährlich ein Prototypen-Rennfahrzeug eigenständig zu konstruieren und anschließend auch zu fertigen. Die technischen und sicherheitskritischen Rahmenbedingungen des Fahrzeuges werden dabei durch ein regelmäßig weiterentwickeltes Reglement vorgegeben. Im Laufe der Vereinshistorie konnten durch das Team der TH Nürnberg bereits fünf solcher Rennwagen fertiggestellt und teils hochrangige Platzierungen auf den Wettbewerben der Formula Student erreicht werden. Das besondere Forschungs-Augenmerk liegt dabei auf dem Antriebskonzept der Boliden. Seit Vereinsgründung fertigt Strohm und Söhne e.V. ausschließlich elektrisch betriebene Fahrzeuge und findet sich somit im Mittelpunkt aktueller Entwicklungen des Mobilitätssektors wieder.



Abbildung 1: CAD „NoRa7“. Grafik: Strohm und Söhne e.V.

Aktuell befindet sich das Projektteam in den Startlöchern der Fertigungsphase unseres nächsten Rennwagens „NoRa7“. Da Strohm und Söhne e.V. in der aktuellen Team-Generation hauptsächlich aus neuen Mitgliedern ohne die praktische Erfahrung der Vorgänger besteht, konzentrierten sich diese zu Beginn des Jahres 2020 auf eine intensive Konzept- und Grundlagenarbeit. Wochenlang wurde ein gemeinsames Basiswissen aufgebaut, sodass für alle technischen Belange des Rennwagens verschiedene Konzepte aufgestellt und abgewogen werden konnten. Dadurch wurde sichergestellt, dass „NoRa7“ auf einem soliden Wissensfundament fußt und grundlegende Entscheidungen für die Entwicklung des Rennwagens präzise durchdacht und gemeinschaftlich getroffen wurden. Ganz im Sinne dieser Basisarbeit organisierte sich das Team zudem strukturell um, indem das Leitungsteam neu besetzt wurde und sich die untergeordneten Baugruppen aus den Bereichen

Mechanik, Elektrotechnik und Teamorganisation neu zusammenstellten. So fand jedes Teammitglied entsprechend dem Fachbereich, den Interessen und persönlichen Entwicklungswünschen seinen/ihren individuellen Platz im Team.

Mit der neuen Organisations- und Wissensstruktur als Grundlage für einen erfolgreichen Projektverlauf ist Strohm und Söhne e.V. davon überzeugt, durch diese Entwicklungen das Team nachhaltig solide aufgestellt zu haben. Doch auch in Sachen Technik konnten im Jahr 2020 im Sinne der Lehrforschung große Fortschritte gemacht werden, von denen später im Detail berichtet wird.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Der Ablauf des Projektes erstreckt sich von einer Konzeptphase, über eine Konstruktionsphase bis hin zur letztendlichen Eventphase der Formula Student.

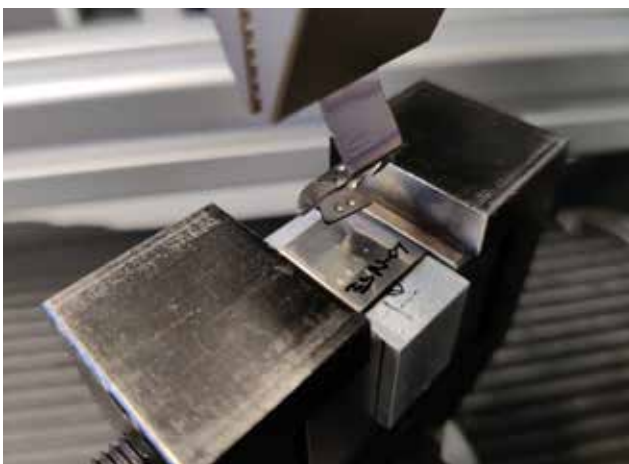


Abbildung 2: Ausreißversuch der Akkumulator Busbars. Foto: Strohm und Söhne e.V.

Welche Grundlagenarbeit das Team in der Konzeptfindungsphase – bezogen auf Teamstruktur und Wissenstransfer – leistete, darüber wurde bereits zu Anfang berichtet. Die Anforderungen an das neue Fahrzeug wurden definiert und anschließend technische Konzepte für die Umsetzung von „NoRa7“ erarbeitet, welche über das Jahr 2020 hinweg in die Umsetzung gingen. Die zentralen Stellhebel der Projektarbeit sind dabei der Wissenstransfer von ehemaligen Team-Generationen und das selbstständige Erarbeiten von Kenntnissen in den verschiedenen Baugruppen des Fahrzeuges. Dabei dient das Studium als Grundlage und die Fertigkeiten – vor allem in der praktischen Umsetzung – werden während der Arbeit im Projekt vertieft und erweitert.

Doch abseits des erworbenen Fachwissens der Studierenden tragen auch die interdisziplinäre Teamarbeit, die Teamkommunikation und die eigenständige Organisation der Teilnehmer zu deren Weiterentwicklung bei Strohm und Söhne e.V. bei. Durch die Formula Student treffen Studierende aus verschiedensten Fachrichtungen und Fakultäten innerhalb eines Projektes aufeinander und arbeiten gemeinsam auf das Ziel „NoRa7“ hin. Dabei spielen auch der Austausch unter den Baugruppen und die organisatorische Kontrolle der Projektarbeit eine zentrale Rolle, wodurch die Studierenden in Sachen Soft Skills und Teamarbeit gefördert werden.

Sobald die Fahrzeugkonzepte für den neuen Rennwagen bereits im Frühjahr 2020 feststanden, begannen die Studierenden damit, das Fahrzeug zu konstruieren und zu entwickeln. Dabei fielen verschiedene Aufgaben in einer Vielzahl von Bereichen an. Darunter beispielsweise die Konstruktion des Monocoques oder die Entwicklung und das Layout von Platinen für die elektronische Steuerung des Boliden. Genauso musste aber auch der Kontakt zu Sponsoren – hauptsächlich aus der Region Nürnberg –, die uns finanziell und/oder mit Fachwissen unterstützen, gesucht, gehalten und gepflegt werden.

Im vergangenen Projektjahr zwang die gesundheitliche Krise durch die COVID-19-Pandemie das Team dazu, von der gewohnten Arbeitsweise – gemeinsam und vor Ort im Teamraum von Strohm und Söhne e.V. – abzuweichen und neue Wege für die Projektarbeit zu finden. Die Studierenden bauten ein umfassendes digitales Projektmanagement auf, sodass einzelne Arbeitspakete und der Gesamt- Projektstatus auch vom Homeoffice aus transparent und steuerbar waren. Die komplette Teamkommunikation und alle Abteilungs-, Baugruppentreffen sowie Teamtreffen fanden ausschließlich digital statt. Trotz aller Bedenken gelang es dem Team so, das Projektziel nicht aus den Augen zu verlieren und gemeinsam – trotz digitaler Arbeitsweise – an der Fahrzeugentwicklung weiterzuarbeiten. Auch das virtuelle Recruiting war von Erfolg gekrönt und das Team von Strohm und Söhne e.V. wuchs über das Jahr hinweg kontinuierlich an. Vereinzelte Tätigkeiten in der Werkstatt, welche für den Projekterfolg unverzichtbar sind, konnten durch Anwesenheitsplanung und asynchrone Belegungen der Räumlichkeiten für alle Studierenden sicher umgesetzt werden.

Nach der Konstruktionsphase folgt die Fertigungsphase, an deren Schwelle sich das Team derzeit befindet. In dieser geht es darum, das Fahrzeug in den zuvor konstruierten Ausführungen zu fertigen. Dabei treten die Studierenden vermehrt in Kontakt mit Firmen, die das Team in der Einzelteillfertigung der Fahrzeugkomponenten unterstützen. Die Studierenden können dadurch Kontakte zur Industrie herstellen und sich für das spätere Berufsleben und künftige Forschungsprojekte vernetzen.

Sobald das Fahrzeug fertiggestellt ist, folgt eine Testphase, in der das Team durch das Sammeln und Auswerten von Daten letzte Fehler beheben und das Fahrzeug weiter verbessern kann. Die organisatorische/planerische Komponente solcher Erprobungen trägt dazu bei, dass die Studierenden sich mit der Evaluation ihrer Konstruktionen auseinandersetzen und die geleistete Projektarbeit in diesem Zug reflektieren.



Abbildung 3: Herstellung von Karbontestplatten Foto: Strohm und Söhne e.V.

Am Ende einer Formula-Student-Saison haben die Studierenden die Chance, auf internationalen Wettbewerben das eigens entwickelte Fahrzeug mit denen anderer Hochschulen und Universitäten zu messen. Einerseits wird hier die Leistung des Fahrzeugs in verschiedenen dynamischen Disziplinen auf der Rennstrecke bewertet. Andererseits dienen die statischen Disziplinen der Wettbewerbe dazu, das Vorgehen und die Arbeitsweise der Studierenden während der Fahrzeugentwicklung zu evaluieren. Deshalb ist es für die Teammitglieder bei Strohm und Söhne e.V. unerlässlich, während ihrer Arbeit am Projekt eine strukturierte und gut dokumentierte Arbeitsweise an den Tag zu legen, die daraufhin auch den folgenden Teamgenerationen bei der Projektarbeit zugutekommt.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Fahrzeugentwicklung > Technische Ergebnisse der Arbeit

Die wohl größte Veränderung von „NoRa7“ im Vergleich zum letzten Fahrzeug stellt das weiterentwickelte Chassis dar. Dafür überarbeitete das Team das Monocoque der Vorgänger-Fahrzeuggeneration und entwickelte die aktuelle Alu-Aluhoneycomb-Alu-Sandwichstruktur, die eine deutliche Gewichtsersparnis möglich machte. Außerdem wurde das Heck der aktuellen „NoRa7“ niedriger konstruiert, da der darin verbaute neue Hochvolt-Speicher deutlich flacher ausfallen wird. Auf den dadurch tieferen Schwerpunkt wurde auch das Fahrwerk an der Hinterachse ausgelegt, während das Team das Fahrwerk an der Vorderachse insofern weiterentwickeln konnte, dass die entsprechenden Dämpfer direkt angesteuert werden und somit der Umlenkhebel des letzten Fahrzeugmodells wegfällt. Daraufhin entsteht für „NoRa7“ eine Ersparnis von etwa 1,5 kg Gewicht und rund 100 Bauteilen.

Der zuvor angesprochene neue Akkumulator wird nicht nur flacher sein, sondern unterläuft einer kompletten Neuentwicklung. Die Studierenden steigen von zuletzt verwendeten Pouchzellen auf ein Rundzellen-Konzept um, welches aus 432 Zellen im 21700er-Format mit einer 3P144S-Verschaltung besteht und eine maximale Spannung von 600 V aufweist.

Der Fokus des elektrotechnischen Projektteams liegt derzeit darauf, die Baugruppen gegenüber dem letzten Fahrzeug weiter zu optimieren. Dazu wurden zunächst zwei neue Baugruppen hinzugefügt: einerseits die Smart-Distri-Baugruppe, die mit rücksetzbaren elektronischen Sicherungen die Low-Voltage-Absicherung mit Schmelzsicherungen ablöst. Zum anderen eine Baugruppe für die sogenannte GAG Box (GAG = GPS, Acceleration, Gyroscope). Diese GAG Box dient primär der Erfassung aller Bewegungsdaten des Fahrzeugs, welche wiederum für das Torque Vectoring (dynamische Kraftverteilung auf die vier Radnabenmotoren) benötigt werden. Im Bereich Low Voltage System arbeitet das Team von Strohm und Söhne e.V. aktuell daran, durch simplifizierte Schaltungen die Platinen zu verkleinern und auf diese Weise deren Zuverlässigkeit zu erhöhen. Beim Tractive System wird es nur wenige Veränderungen zum letzten Rennwagen geben. Der wichtigste Punkt: die Anpassung, sodass der neue Bolide Energie rekuperieren kann und noch ein weiterer Schritt in Richtung energetische Nachhaltigkeit unseres Projektfahrzeugs möglich ist.

Teamaufbau > Strukturelle Ergebnisse der Arbeit

In Sachen Struktur und Teamorganisation ist das aktuelle Projektteam durch die Arbeit im vergangenen Jahr sehr gut aufgestellt. Zu Beginn der Projektphase im Jahr 2020 konnten Abteilungsstrukturen und Baugruppen festgelegt werden, welche sämtliche Entwicklungsbereiche des Fahrzeuges mit definierten Zuständigkeiten abdecken und ein produktives Schnittstellenmanagement ermöglichen. Die Mechanik-Abteilung bei Strohm und Söhne e.V. ist in die Baugruppen Chassis, Akkumulator, Antrieb, Kühlung und Fahrwerk unterteilt. In der elektrotechnischen Abteilung besteht das Team aus den Baugruppen Kabelbaum, Akkumulator, Tractive System, Steuergerät und Sensorik.



Abbildung 4: Letzte Vorbereitungen für eine Testfahrt. Foto: Strohm und Söhne e.V.

Auch die Abteilung Teamorganisation und Management konnte sich gut aufstellen und die Bereiche Social Media, Businessplan, Cost Report, Projektsteuerung und Sponsoren/PR aufbauen. Übergreifend teilt sich die Projektleitung in jeweils eine zuständige Person für die Bereiche Mechanik, E-Technik und Projektorganisation sowie eine Gesamt-Teamleitung ein. Daraus ergibt sich eine gut organisierte Teamstruktur, in der jeder und jede Studierende eine individuelle, wichtige Rolle einnimmt.

In jeder Abteilung sowie Baugruppe finden – zusätzlich zum gemeinsamen Arbeiten – wöchentlich Treffen statt, in denen die Fortschritte besprochen und weitere Arbeitspakete diskutiert werden. Für ein Gesamt-Team-Update findet alle zwei Wochen ein Teamtreffen für alle Mitglieder von Strohm und Söhne e.V. statt. So ist sichergestellt, dass zwischen Baugruppen, Abteilungen und individuellen Mitgliedern Informationen kontinuierlich fließen und erarbeitetes Wissen weitergegeben werden kann, was den Projekterfolg und die interdisziplinäre Weiterentwicklung aller Studierenden nachhaltig sicherstellt.

5. Fazit und Ausblick

Das Ziel des Teams ist es nun, die über das vergangene Jahr hinweg erarbeiteten Konstruktionen in ein voll funktionsfähiges Fahrzeug umzusetzen, um im Sommer 2021 an den Events der Formula Student teilzunehmen und gute Platzierungen zu erreichen. Im Anschluss wird das Projekt in den Transfer von „NoRa7“ zu „NoRa8“ übergehen. Bereits jetzt ist die Teamleitung dabei, frühzeitig Nachfolger für die Führungspositionen zu finden und diese einzuarbeiten. Über das Jahr hinweg – besonders aber nach den Wettbewerben im Sommer – müssen neue

Mitglieder rekrutiert und in der aktuellen Teamstruktur eingearbeitet werden. Um den Wissenstransfer zwischen den Studierenden sicherzustellen, ist unter anderem eine gemeinsame Konzeptphase (neue und aktuelle Teammitglieder) für das Nachfolger-Fahrzeug geplant.

Darüber hinaus muss allerdings auch jetzt schon intensive Arbeit in Sachen Dokumentation der Fahrzeugentwicklung von „NoRa7“ geleistet werden. Nur so ist die lückenlose Übergabe des Projektes an zukünftige Studierende möglich. Zudem ist das übergeordnete Ziel von Strohm und Söhne e.V., auch über Projektgenerationen hinweg technische Weiterentwicklung abzubilden. Nur, wenn nachfolgende Teams an den Wissensstand der Vorgänger anknüpfen können, kann dies gelingen. Beispiele für eine solche zukünftige Entwicklung über „NoRa7“ hinaus wäre der Umstieg von einem Aluminium-Monocoque auf ein Carbon-Monocoque. So haben Studierende die Chance, durch das Lehrforschungsprojekt Formula Student Fahrzeugentwicklung am Puls der Zeit zu erleben.



Abbildung 5: „NoRa5“ am Wöhrder See in Nürnberg, Foto: Strohm und Söhne e.V.



Empirische Hypothesentests in der Digitalwirtschaft

Prof. Dr. Alexander Hahn
Fakultät Betriebswirtschaft
TH Nürnberg

Zusammenfassung

In der Digitalwirtschaft werden betriebswirtschaftliche Fragestellungen auf Basis empirischer Hypothesentests geprüft, um valide Entscheidungen zu treffen (Hahn und Klug, 2019b). Das Projekt hatte zum Ziel, in verschiedenen Vorlesungen diesen Prozess mit betriebswirtschaftlichen Studierenden aktiv zu durchlaufen. Ein besonderer Fokus liegt darauf, dass die Studierenden einfache digitale Prototypen für Websites, Mobile Apps oder Chatbots eigenständig, d. h. ohne die Unterstützung durch Gestalter*innen und Entwickler*innen, erstellen können (Hahn 2018). Die Prototypen können dabei unterschiedliche Fragestellungen abdecken: Kommunikation, E-Commerce, Innovation, ... (Klug und Hahn 2019b). Studierenden waren sowohl in den Vorlesungen als auch im Rahmen der Abschlussarbeiten in der Lehrforschung sehr motiviert. Im Laufe des Projektes wurden über 60 digitale Prototypen in Gruppenarbeiten erstellt und mit über 600 Nutzer*innen getestet. Die Vorlesungen erfolgten im Sommersemester 2020 komplett digital und wurden durch die Studierenden sehr positiv evaluiert. Hier lernten die Studierenden, sowohl qualitative Daten (in den Vorlesungen) als auch quantitative Daten (in den Abschlussarbeiten) zu erheben und auszuwerten. Die folgenden Studiengänge waren beteiligt: Bachelor Betriebswirtschaft und Bachelor International Business.

1. Projektdaten

Fördersumme	3.414,45 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2020
Fakultät	Betriebswirtschaft
Projektleitung	Prof. Dr. Alexander Hahn
Kontaktdaten	alexander.hahn@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

In der Digitalwirtschaft werden betriebswirtschaftliche Fragestellungen auf Basis empirischer Hypothesentests geprüft, um valide Entscheidungen zu treffen. In der Regel werden Produkt- und Dienstleistungsideen nicht sofort umgesetzt, sondern als einfacher Prototyp mit einer kleinen Gruppe von Nutzer*innen qualitativ getestet (Problem-Solution-Fit). Anschließend werden zentrale Hypothesen mittels quantitativer Daten getestet, um Nutzer*innenverhalten messbar zu machen (Product-Market-Fit). Abbildung 1 verdeutlicht das Vorgehen.



Abbildung 1: Eigene Darstellung in Anlehnung an Blank (2015). Grafik: Alexander Hahn

Das Lehrforschungsprojekt hatte zum Ziel, in verschiedenen Vorlesungen und Abschlussarbeiten diesen Prozess mit betriebswirtschaftlichen Studierenden aktiv zu durchlaufen. Ein besonderer Fokus lag darauf, dass die Studierenden einfache digitale Prototypen für Websites, Mobile Apps oder Chatbots eigenständig, d. h. ohne die Unterstützung durch Gestalter*innen und Entwickler*innen, erstellen können. Somit war es ihnen möglich, eigenständig mittels der Prototypen qualitative und quantitative Daten zu Nutzer*innenfeedback und Nutzer*innenverhalten zu erheben. Sie wurden somit in die Rolle aktiv Forschender versetzt.

Wie Tabelle 1 zeigt, können die meisten der Tools miteinander kombiniert werden: So kann Leadpages die Testnutzer*innen randomisiert zu verschiedenen Varianten eines mit Hellotars erstellten Chatbots leiten (A/B-Testing). Somit konnten Hypothesen einfach und kostengünstig anhand realer betriebswirtschaftlicher Fragestellungen empirisch getestet werden. Dies bietet nicht nur eine fundierte Forschungsausbildung für weiterführende Bachelorarbeiten, sondern ist auch praktisch hoch relevant: Gerade die Conversion-Rate-Optimierung über A/B-Testing ist ein Feld des digitalen Marketings, in dem ein Mangel an gut ausgebildeten Fachkräften mit fundiertem Methoden- und Toolwissen besteht.

Name	Anwendungsfall	Monatsgebühr	Jahresgebühr	Kombinierbar mit...
Hellotars	ChatBot Prototyping	89,19 €	1.070,27 €	typeform, Leadpages
Typeform	Online Marketing Tests	30,00 €	360,00 €	hellotars, Leadpages
Leadpages	A/B Hypothesentests im Online Marketing	41,74 €	500,87 €	hellotars, typeform, lookback, Jimdo, invision
Lookback	Qualitativer und quantitativer User Research	86,09 €	1.033,04 €	Leadpages, Jimdo, invision
Jimdo	Landing Page Builder	15,00 €	180,00 €	Leadpages, lookback
invision.com	Click-Dummy Builder	22,52 €	270,27 €	lookback
SUMME		284,54 €	3.414,45 €	

Tabelle 1: Anwendungsfälle, Kosten und Kombinationsmöglichkeiten

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Der folgende, detaillierte Prozess wurde mit den ausgewählten Tools durchgeführt. Die Auswahl basiert auf einem Test von über 50 Tools (Hahn 2018) sowie iterativen empirischen Forschungsarbeiten studentischer Abschlussarbeiten (u. a. Engel 2020; Weißhoff 2019). Dabei unterscheiden sich die Tools vor allem hinsichtlich ihres Anwendungsfalles: Wix.com ist z. B. geeignet, einfache Landing Pages zu erstellen. Typeform ist dazu geeignet, einfache Umfragen, Eventregistrierungsseiten, aber auch Verkaufsseiten zu generieren. Hellotars ist dazu geeignet, einfache Chatbots zu erstellen. Der Prozess des Einsatzes des Tools in Vorlesungen sah wie folgt aus:

- Schritt 1: Vorstellung und Einführung der Prototyping-Software in Lehreinheiten. Fokus auf 2–3 Tools
- Schritt 2: Eigenständige Erstellung von Prototypen durch Studierendenteams in Bezug auf einen vorgegebenen (z. B. Kooperation mit Partner*in aus der Region) oder selbst entwickelten Anwendungsfall (z. B. Start-up-Idee) (siehe Abbildung 2)
- Schritt 3: Qualitativer Test der Prototypen durch Studierendenteams mittels Nutzer*inneninterviews (n = 5–10)
- Schritt 4: Entwicklung einer zu testenden Hypothese auf Basis der qualitativen Studie und konzeptioneller Überlegungen
- Schritt 5: Erstellung einer A- und B-Variante des Prototyps (siehe Abbildung 3)
- Schritt 6: Quantitative Datenerhebung durch Studierende über soziale Medien, E-Mails und Messenger Apps (n = 60–100)
- Schritt 7: Datenanalyse und -interpretation
- Schritt 8: Ergebnispräsentation
- Schritt 9: Reflektion über den Lernprozess und Vorstellung von Fortbildungsmöglichkeiten für lebenslanges Lernen

Abbildung 4 zeigt eine exemplarische Agenda für die Schritte 1 bis 5.

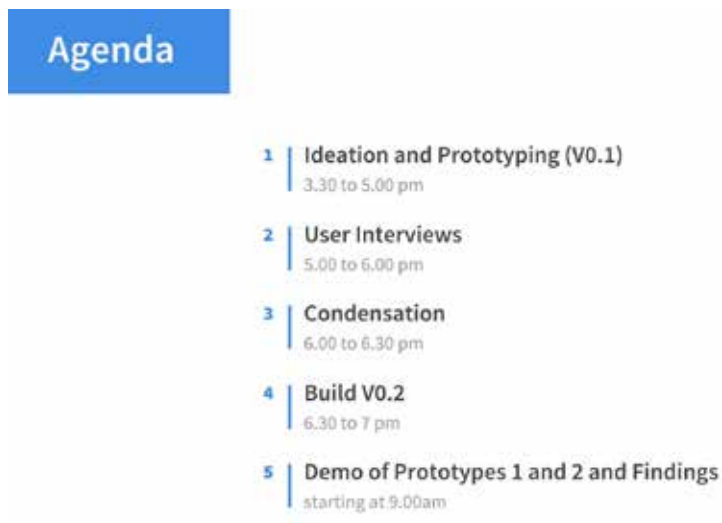


Abbildung 2: Exemplarische Agenda. Grafik: Alexander Hahn

Die Studierenden entwickeln somit kreative Lösungsansätze für Fragestellungen in einer dynamischen und mit Unsicherheit behafteten Arbeitsumgebung. Das Erstellen der Prototypen mittels der Softwaretools fördert ihre Fähigkeit, sich selbstorganisiert mit komplexen Problemen auseinanderzusetzen. Die Interpretation der qualitativen und quantitativen Daten fördert ihre kritische Beurteilungs- und Analysefähigkeit. Damit werden die Top 3 „Fähigkeiten der Zukunft“ gefördert: komplexe Problemlösungsfähigkeit, kritisches Denken sowie Kreativität (World Economic Forum 2016).

Studierende verstehen nicht nur, Hypothesen aufzustellen, sondern durchlaufen den gesamten Prozess der Datenerhebung, -analyse und -interpretation. Sie werden durch die Prototypen befähigt, Testszenarien zu generieren. Somit haben sie die grundlegenden Konzepte und Prozesse der qualitativen und quantitativen empirischen Forschung nicht nur verstanden, sondern anhand selbstständig erhobener Daten angewandt. Bisherige qualitative Ergebnisse zeigen nicht nur, dass dies die wahrgenommene Selbst-Kompetenz der Studierenden steigert, sondern auch die Motivation, eigenständig zu forschen. Diese selbstständige Motivation und Kompetenz sind in der Digitalwirtschaft stark nachgefragt, sowohl bei etablierten Unternehmen als auch bei Start-ups.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Neben zahlreichen interessanten inhaltlichen Ergebnissen zu Hypothesen im digitalen Marketing, sind auch die Ergebnisse der Eignung verschiedener Tools zum Einsatz in der Lehre relevant. So kann auf den derzeitigen Tools aufgebaut und die Bandbreite erweitert werden, z. B. um die Themen Augmented Reality, Artificial Intelligence und E-Mail-Marketing. Die Ergebnisse werden derzeit publiziert (Hahn und Klug, 2021). Die Transformation zu einer rein digitalen Lehre im Sommersemester konnte erfolgreich durchgeführt werden.

5. Fazit und Ausblick

Die Studierenden waren sowohl in den Vorlesungen als auch im Rahmen der Abschlussarbeiten in der Lehrforschung sehr motiviert. Im Laufe des Projektes wurden über 60 digitale Prototypen in Gruppenarbeiten erstellt und nutzer*innenzentriert getestet. Hier lernten die Studierenden, sowohl qualitative Daten in den Vorlesungen als auch quantitative Daten in den Abschlussarbeiten zu erheben und auszuwerten.

Die Studierenden äußerten starkes Interesse an dieser Art der Lehrforschung und empfehlen auch, dass die Übungen in digitalen Vorlesungen beibehalten werden. Es besteht ebenso ein großes Interesse an Abschlussarbeiten, die diese empirische Lehrforschung als methodische Grundlage nutzen.

Des Weiteren wurden die empirischen Abschlussarbeiten nun auch um Methodenforschung ergänzt: In Bachelorarbeiten testen die Studierenden selbst mehrere Tools für einen Anwendungsfall (z. B. Webseiten-Builder; Engel 2020).

6. Quellen

Engel, A., 2020. Rapid Digital Prototyping with Landing Pages to test startups business model ideas: An assessment of Software Tools, Bachelorarbeit, TH Nürnberg.

Hahn, A., 2018. Digital Prototyping Tools in der betriebswirtschaftlichen Entrepreneurship Education, Präsentation und Abstract, G-Forum 2018 Conference – 22nd Annual Interdisciplinary Conference on Entrepreneurship, Innovation and SMEs, University of Hohenheim / Stuttgart Media University.

Hahn, A., Klug, K., 2021. Vernetzung digitaler und analoger Lehre: Digital Prototyping Tools in der akademischen Marketingausbildung, in: Naskrent, J., Stumpf, M., Westphal, J. (Hrsg.): Marketing / Innovation 2020, Digitalität – die Vernetzung von digital und analog, Springer Gabler, Wiesbaden.

World Economic Forum, 2016, The Future of Jobs, URL: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs>, abgerufen am 19.10.2018.

Weißhoff, N., 2019, E-Commerce Rapid Digital Prototyping: Eine vergleichende empirische Analyse gängiger Shopanwendungen unter Berücksichtigung der Nutzerfreundlichkeit und Funktionalität für Anwender in frühen Phasen der Geschäftsmodellentwicklung, Bachelorarbeit, TH Nürnberg.





Alte Geräte – neues Wissen

Prof. Dr. Beatrice Dernbach

Prof. Dr. Bruno Hauer

Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften

TH Nürnberg

Matthias Murko, ehemaliger Leiter des Museums Industriekultur, Lehrbeauftragter

Zusammenfassung

In diesem Wahlpflichtmodul des Bachelorstudienganges Technikjournalismus/Technik-PR erforschen Studierende den Zweck, die Funktionsweise und die historische Einordnung von mechanischen und elektrischen Geräten aus dem Gerätearchiv der Hochschule und dem Museum Industriekultur. Neben technischen stehen auch ökonomische und sozial-kulturelle Aspekte im Fokus. Dafür recherchieren sie in Archiven, Museen, Bibliotheken und nutzen das Internet, um sich eine Vielzahl und Vielfalt an Quellen zu erschließen, darunter auch persönliche, wie beispielsweise Experten.

In einem Steckbrief des jeweiligen Gerätes stellen die Studierenden die wesentlichen Informationen systematisch zusammen und präsentieren diese. Offen gebliebene Fragen werden als Ausgangspunkte weiterführender Arbeiten gesammelt. Darauf aufbauend wird ein Artikel verfasst, in dem die recherchierten Daten und Fakten in eine (unter Umständen fiktionale) Geschichte eingearbeitet werden. Alle Beiträge sind in einem Dossier auf der Plattform des Studienganges, die „Querschrift“, aufbereitet. Die besten mit Fotos illustrierten Artikel der vergangenen Semester sind in einer Broschüre zusammengestellt. Diese innovativen technikjournalistischen Darstellungen erreichen so weitere Leser*innenkreise.

1. Projektdaten

Fördersumme	3.700 Euro
Laufzeit	März bis Dezember 2020
Fakultät	Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
Projektleitung	Prof. Dr. Bruno Hauer, Prof. Dr. Beatrice Dernbach
Projektteam	Matthias Murko
Kontaktdaten	bruno.hauer@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Technik und ihre Entwicklung zu verstehen, ist eine zentrale Kompetenz für die Studierenden des Bachelorstudienganges Technikjournalismus/Technik-PR. Daher nehmen zahlreiche Lehrveranstaltungen zur Technik einen wesentlichen Teil im Studienplan ein und auch die Technikgeschichte hat dort ihren festen Platz. Die Studierenden befassen sich aber bisher kaum forschend mit offenen Fragen zu technischen Gegenständen und in den ersten Semestern waren sie auch selten gefordert, diese Sachkompetenz mit der technikjournalistischen Vermittlungskompetenz zu verknüpfen. Vor diesem Hintergrund wird den Studierenden mit dem Lehrforschungsprojekt im fachwissenschaftlichen Wahlpflichtbereich „Technik und Gesellschaft“ ab dem fünften Semester ein Modul mit hohem investigativen Anteil angeboten.

Die Studierenden erforschen Zweck, Funktionsweise und historische Einordnung von Geräten, die im Archiv der Hochschule oder auch im Fundus des Kooperationspartners Museum Industriekultur inventarisiert sind; dies können mechanische oder elektrische Geräte sein (siehe 3.1.). Darunter sind auch Geräte, die in der Lehre der Hochschule eingesetzt worden sind. Die Forschungsleistung beruht auf der Betrachtung und Untersuchung des Geräteaufbaus, auf Recherchen in Archiven, in der Literatur und im Internet sowie auf Befragungen von Experten.

Eine Erkenntnis, die bei den Studierenden schnell reift, ist die Tatsache, dass das Internet zwar bisweilen exotische Dokumente bietet, viele Informationen aber nicht in der digitalen, sondern der analogen Welt der Archive und gedruckten Publikationen zu finden sind. Die Einbeziehung von Zeitzeug*innen stärkt die Nachhaltigkeit des Wissens sowie journalistische Recherche- und Vermittlungskompetenzen. Die Randbedingungen in der Corona-Pandemie schränken dabei die Studierenden allerdings in ihren Recherchen sehr ein. Bibliotheken und Archive sind größtenteils geschlossen, Zeitzeug*innen können oft nur telefonisch befragt werden. Dennoch sind die Studierenden auch unter diesen schwierigen Bedingungen gefordert, sich wesentliche Informationen zu beschaffen – die Ergebnisse zeigen, dass ihnen dies gelungen ist.

Insgesamt verbinden sich im Projekt investigative Elemente der historischen Forschung mit naturwissenschaftlich-technischen Kenntnissen und journalistischer Arbeit. Dafür gibt es bisher im Feld der Technikkommunikation beziehungsweise des Technikjournalismus keine Vorbilder. Berichterstattung über Technik fokussiert nahezu ausschließlich auf die service- und ratgeberorientierte Vermittlung von technischen Fakten. Die historische Betrachtung, warum in welcher Zeit welches Gerät erfunden wurde, um welche Funktion in der jeweiligen Gesellschaft zu erfüllen, und ob und wie diese Funktion fortgesetzt worden ist, findet bis dato keinen Platz. Dabei wären diese Erkenntnisse und Perspektiven auch für den aktuellen Technikjournalismus – in populären als auch in Fachmedien – gewinnbringend, da sich dadurch ein Bewusstsein für die Technikgeschichte und den ökonomischen und kulturellen Kontext technischer Entwicklungen bilden könnte.

Die Konzeption der Lehrveranstaltung als Lehrforschung stärkt und vervollständigt daher die Kompetenzen der Studierenden in mehrfacher Hinsicht:

- Sie erweitern ihre Kenntnisse der Recherchemöglichkeiten sowohl in wissenschaftlicher als auch in journalistischer Hinsicht, zum Beispiel durch die Nutzung von spezifischen Wissensträgern wie Sammlervereinigungen;
- Sie entwickeln in der aktiven Untersuchung eines alten Gerätes ein weitergehendes Verständnis seiner technischen Funktionsweise und erhalten damit beispielhaft einen tieferen Zugang zur Technik im Allgemeinen;
- Sie betrachten die Geräte in ihrem historischen Kontext aus verschiedenen Perspektiven und ordnen sie entsprechend ein, was ein umfassendes Verständnis der Bedeutung von technischen Geräten fördert;
- Sie lernen Erfolg und Misserfolg von Forschung kennen und machen wesentliche Erfahrungen im Hinblick auf Hartnäckigkeit, Genauigkeit und Fantasie in der Verfolgung offener Fragen, gerade auch unter den schwierigen Randbedingungen der Corona-Pandemie;
- Sie stellen die erworbenen Kenntnisse in einem Artikel dar, was in diesem Kontext die kreative Umsetzung journalistischer Darstellungsformen fördert.



Abbildung 1: Technikjournalisten als Erforscher und Vermittler von naturwissenschaftlich-technischen und gesellschaftlichen Aspekten von Technik.
Grafik: Bruno Hauer

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Der Projektablauf gliedert sich in sechs Schritte:

1. Die Projektleiter und Matthias Murko, der ehemalige Leiter des Museums Industriekultur, als Lehrbeauftragter, haben aus den Sammlungsbeständen Geräte vorausgewählt. Eine studentische Hilfskraft, die im zweiten Durchlauf selbst auch Teilnehmerin des Seminars war, hat die Bewertung der Attraktivität der Geräte für studentisches Forschen unterstützt.
2. In der ersten Blockveranstaltung wird die Aufgabe vorgestellt und die Studierenden wählen jeweils ein Gerät aus. Aufgrund der Erfahrungen aus drei Runden konnten die Idee, die Lernziele und die Prüfungsleistung wesentlich konkreter dargestellt und erklärt werden. Die Studierenden sollen sowohl die technischen Grundlagen von der Idee bis zur Fertigung als auch die gesellschaftlichen Voraussetzungen und Folgen von der historischen Einordnung über den Nutzen bis zu den wirtschaftlichen Möglichkeiten erforschen.

Im Sommersemester 2020 sind folgende Geräte gewählt und bearbeitet worden (Nr. 1–10 aus dem Museum Industriekultur, Nr. 11–17 aus dem TH-Archiv):

1. Fahrradnaben-Schnittmodell
2. Schaukelstuhl von Thonet
3. Leichtkraftrad JUHÖ
4. Laufrad von Drais
5. Feuerwehr-Handdruckspritze von J. C. Braun
6. Jeep von Willys Overland
7. Werksgespann KS 601 von Zündapp
8. Kühlschrank Monitor Top SANTO von General Electric
9. Fahrrad von Bonanza
10. Moped Vicky III von Victoria
11. Drehmaschine (1910) mit moderner CNC-Steuerung von Siemens
12. Tageslichtprojektor Master Vu-Graph
13. Hitzeschreiber Helco-Skriptor von Hellige
14. Kaffeemühle von Peugeot
15. Spektrograph von Steinheil
16. Tischcomputer Wang 500
17. Lautsprecher von Siemens Klangfilm

Diese Geräte stammen aus dem 19. und 20. Jahrhundert. Dabei ist in vielen Fällen die zeitliche Einordnung von vornherein klar, bei manchen Geräten muss aber auch diese noch durch die Studierenden ermittelt werden.



Abbildung 2: Die Freilaufnabe von Sachs sowie eine Preisliste eines Nürnberger Fahrradhändlers. Foto: Oskar Sieber

3. Zwischen dem ersten und zweiten Veranstaltungsblock recherchieren die Studierenden, unterstützt vom Projektteam und dabei vor allem von Matthias Murko, der den jungen Forscher*innen Zugang zu den Geräten und dem Archiv im Museum Industriekultur verschafft. Das Gerätearchiv an der TH wird durch die studentische Hilfskraft für die Kommilitonen geöffnet. Im Unterschied zur ursprünglichen Planung konnte aufgrund der Corona-Pandemie das Archiv des Deutschen Museums in München leider nicht besucht werden.
4. Die siebzehn Teilnehmer*innen haben in der zweiten Blockveranstaltung die bis dahin erzielten Ergebnisse vorgestellt. Sie dokumentieren dabei nicht nur die Daten und Fakten des Gerätesteckbriefes, sondern die ökonomischen und sozial-kulturellen Kontexte; dazu gehören beispielsweise die Ermittlung des Kaufpreises in Relation zum damaligen Einkommen oder die Gründe der Beliebtheit von Geräten in ihrer Nutzungszeit.



Abbildung 3: In Archiven und in Museen sind die Studierenden auf alte Kataloge, Broschüren und Bedienungsanleitungen gestoßen, wie diese Victoria-Broschüre. Foto: Luca Kraus

Die Präsentationen spiegeln nicht nur im Inhalt, sondern auch im Design die jeweilige Nutzungszeit wider, vor allem über Farben und Layout. Deutlich wird dabei auch, welche unterschiedlichen Schwierigkeiten die Studierenden in ihren Recherchen bewältigen müssen: Während ein Student in detektivischer Arbeit der Geschichte eines zu Beginn fast unbekanntes Gerätes nachgehen muss, stellt sich für andere die Frage, wie man in Corona-Zeiten die Experten der oft kleinen Spezialmuseen befragen kann, wenn die Museen selbst geschlossen sind.

5. Nach den jeweils etwa 30-minütigen Präsentationen und Diskussionen gehen die Studierenden in die letzte abschließende Recherchephase; dabei klären sie offene Fragen, recherchieren Details nach und ordnen das Material im Hinblick auf den für den journalistischen Beitrag zu setzenden Fokus.



Abbildung 4: Diese Feuerlöschspritze aus dem Jahr 1899 steht im Museum Industriekultur. Foto: Lilly Fröbel

6. In der dritten und letzten Blockveranstaltung werden die Studierenden in Varianten des kreativen Schreibens, vor allem das Storytelling, eingeführt. Sie sollen einen informativen, sachgerechten und verständlichen Text schreiben, der auch unterhalten darf. Das Gerüst bilden die für den Gerätesteckbrief recherchierten Informationen. Die Geschichte über ein Gerät, das es heute nur noch im Museum zu besichtigen gibt, kann aus der Perspektive einer Person, wie beispielsweise dem/der Erfinder*in, erzählt werden. Sie kann aber auch mit Blick auf seine Verwendung synchron (innerhalb eines Zeitraumes) oder diachron (über mehrere Jahre hinweg) entwickelt werden. Nicht nur zulässig, sondern häufig notwendig sind dabei auch fiktionale Elemente, wie zum Beispiel eine Szene aus dem Leben Pablo Picassos, in der er den im Blickpunkt der Geschichte stehenden Schaukelstuhl entdeckt. Die Fakten und Daten müssen jedoch sorgfältig recherchiert sein und einer Überprüfung auf der Sachebene standhalten.

Bei der Durchführung der Lehrveranstaltung spielen zwei weitere Aspekte eine wichtige Rolle:

- die interdisziplinäre Betreuung des Projektes, in dem mit einem Museumsleiter, einem Naturwissenschaftler und einer Sozialwissenschaftlerin und Redakteurin die verschiedenen Facetten rund um die technischen

Geräte und die journalistische Umsetzung der Ergebnisse in einer sich hervorragend ergänzenden Weise behandelt werden, und

- die kombinierte Arbeit mit Geräten der Hochschule und des Museums Industriekultur, die neben der Vernetzung der Expertisen auch eine Vernetzung der Hochschule mit dem Museum als einer städtischen Institution fördert.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Die Studierenden bündeln die Forschungsergebnisse, wie erwähnt, in einem Gerätesteckbrief und verarbeiten sie darauf aufbauend in einem journalistischen Artikel. Die Rechercheergebnisse haben gezeigt, dass die Teilnehmenden in den meisten Fällen die wesentlichen Informationen, die in dem Gerätesteckbrief enthalten sein sollen, ermitteln konnten. Allerdings wird in jeder Runde deutlich, dass eine schwierige Quellenlage eine vollständige Erstellung des Gerätesteckbriefes erschweren kann. So ist die Quellenlage bei einem Spektrographen der Firma Steinheil, die nicht mehr existiert und zu dem auch keine Unterlagen beiliegen, dünn. Andererseits steht oft nicht allein das Gerät selbst im Mittelpunkt der Recherche, sondern das Lebensgefühl einer Zeit, wie es etwa bei einem Bonanza-Rad deutlich wird. Die Ergebnisse der Recherche eröffnen so den Zugang zu unterschiedlichen Erzählperspektiven. Vielfach werden die Geschichten aus der Sicht von fiktiven Personen aus der Zeit der Gerätenutzung erzählt: Die Feuerwehrmänner, die einen Brand löschen müssen, kommen ebenso zu Wort wie die Verkäuferin, die sich in einen Kaffeehausbesitzer verliebt, oder der Dreher, der ein Werkstück fertigt. Gerade in diesen Beiträgen ist nicht nur viel über die technischen Besonderheiten des untersuchten Gerätes zu erfahren, sondern auch über die Lebensumstände in der damaligen Zeit. Die Studierenden wählen historische Personen wie Pablo Picasso als Protagonisten oder bieten den Leser*innen einen überraschenden Erzähler an, indem ein Motorrad als untersuchtes Gerät aus der Ich-Perspektive spricht. Der Blick aus der heutigen Zeit zurück etwa durch die Brille von Museumsbesuchern vervollständigt die Vielfalt der gewählten Perspektiven.

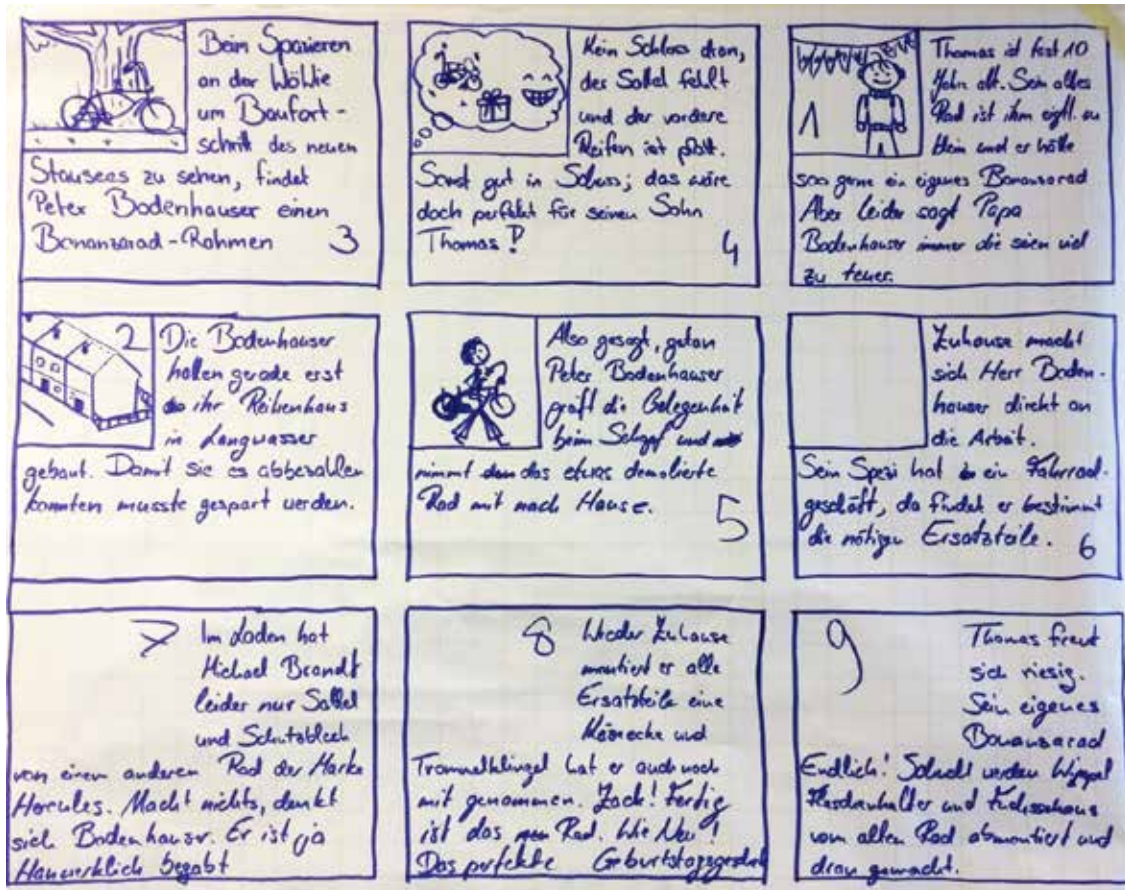


Abbildung 5: In einem Storyboard haben die Studierenden ihre Geschichten skizziert. Das Beispiel stammt von Hanna Reinert zum Bonanza-Rad. Foto: Beatrice Dernbach

5. Fazit und Ausblick

Die Studierenden verwerten die Ergebnisse – wie erläutert – für jedes der betrachteten Geräte in einem journalistischen Artikel, der auf der TJ-Plattform „Querschrift“ (www.querschrift.de) veröffentlicht wird. Zudem sind 21 Beiträge, die in insgesamt vier Durchläufen des Seminars entstanden sind, in einer (gedruckten) Broschüre veröffentlicht worden. In dieser Zusammenschau zeigt sich noch einmal in auch ästhetisch ansprechender Weise die große Vielfalt der Ideen, wie die Geschichte von alten Geräten auf neue Art und Weise erzählt werden kann.

Das Seminar bietet zudem Ansätze für weitere Forschungen auf mehreren Ebenen:

- auf der Ebene der Industriegeschichte Nürnbergs, etwa anhand spezifischer Produkte die Geschichte einzelner Unternehmen nachzuvollziehen, zum Beispiel anhand spezifischer Produkte (beispielsweise von Victoria oder Zündapp),
- für die Technische Hochschule zur Aufarbeitung des Gerätearchives, sodass langfristig auch die Ausstellung von Geräten zu entsprechenden Anlässen möglich ist, wie beispielsweise zum Jubiläum der Hochschule im Jahr 2023,
- sowie für die weitere Museumsarbeit beziehungsweise die Kooperation zwischen Museen und Hochschule in Forschung und Lehre. Der außerhochschulische Lernort Museum und die entsprechenden Kompetenzen der jeweiligen Mitarbeiter*innen ergänzen und erweitern in idealer Weise die Kompetenzen der an der TH lehrenden Forscher*innen.

Aus didaktischer Sicht vereint das Projekt die gründliche Untersuchung von Technik und ihrer Funktionsweise, die Einbettung ihrer Entwicklung in wirtschaftliche und soziale Kontexte und die Gestaltung von kreativen journalistischen Texten. Durch den Forschungsansatz liegt ein starker Fokus auf den Recherchearbeiten, die die Studierenden auch zu von ihnen bislang noch nicht genutzten Quellen führen. Die Spannung einer offenen Forschungsfragestellung verbindet sich mit der Notwendigkeit, Frustrationen in der Informationssuche zu überwinden. Die Studierenden empfinden die Projektarbeit auch deswegen als interessant, weil sie in einer abwechslungsreichen Tätigkeit Geräte behandeln, die sie selbst ausgewählt haben und zu denen sie möglicherweise einen persönlichen Bezug haben. Dies zeigt sich auch in der durchgängig positiven Bewertung der Lehrveranstaltung durch die Studierenden. Im Hinblick auf die publizistische Vermittlungskompetenz experimentieren die Studierenden mit den Grenzen journalistischer Darstellungsformen. Stand bisher die lehrbuchartige Umsetzung der Standardgenres Nachricht, Bericht, Interview und Feature im Zentrum der praktischen Lehre, so haben die Teilnehmer*innen in diesem Seminar die Gemeinsamkeiten und Unterschiede literarischer und journalistischer Narration kennengelernt. Denn die Umsetzung steht unter der Prämisse: Die Fakten müssen stimmen, die vielfach fiktionale Erzählung darf unterhalten.



Formulierungstechnik von Kleb- und Dichtstoffen

Andreas Conrad, M. Sc.
Prof. Dr. Karl-Heinz Jacob
Fakultät Angewandte Chemie
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Das im Rahmen der Lehrforschung neu etablierte Modul Formulierungstechnik von Kleb- und Dichtstoffen ist fachlich interdisziplinär aufgestellt. Es vermittelt einerseits die chemischen Grundlagen von harten, flexiblen und schäumbaren Bindemitteln, wie zum Beispiel Silikonen oder Polyurethanen, und zeigt andererseits auch auf, dass erst die Formulierung von Bindemitteln mit geeigneten Additiven und Füllstoffen zu Produkten führt.

Bedingt durch die Einschränkungen des Jahres 2020, wurde das Modul in Form eines Blockkurses mit eingeschränktem Laborteil angeboten. Den Studierenden wurden nach einer Einführungsveranstaltung, in der sie die Grundlagen zur Formulierungstechnik kennenlernten, Rezepturen einer Versuchsreihe zugeteilt. Nach diesen Rezepturen stellten sie eigenständig verschiedene Formulierungen her und prüften sie. Am nächsten Tag wurden ihre Ergebnisse vor dem zuvor vermittelten theoretischen Hintergrund im Rahmen eines Onlineseminars diskutiert. Die Studierenden lernten, wie sich durch die Wahl der Rohstoffe und die zugegebenen Massenanteile der Rohstoffe die Konsistenz, Reaktivität und Haftung von Formulierungen gezielt einstellen lassen. Die selbstständige Herstellung von Kleb- und Dichtstoffen sowie die Diskussion im Seminar in Bezug auf die Hintergründe, warum sich spezifische Eigenschaften durch Variation der Rohstoffe verändern, hat großes Interesse in den Studierenden geweckt.

1. Projektdaten

Fördersumme	9.000 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2020
Fakultät	Angewandte Chemie
Projektleitung	Andreas Conrad, M. Sc., Prof. Dr. Karl-Heinz Jacob
Kontaktdaten	andreas.conrad@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Die Fakultät Angewandte Chemie hat bislang kein Modul angeboten, das sich inhaltlich mit Kleb- und Dichtstoffen auseinandersetzt, obwohl dieses Themengebiet gerade für Chemieingenieure interessant ist und Zugang zu verschiedenen Berufsfeldern bietet. Die Möglichkeit zur Entwicklung eines Lehrforschungsmodules *Formulierungstechnik von Kleb- und Dichtstoffen* hat sich durch Andreas Conrad angeboten, der seit August 2018 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut OHM-Chemie, Material- und Produktentwicklung ist. Er war vor seinem Wechsel an die TH Nürnberg 4 Jahre als Produktentwickler für Kleb- und Dichtstoffe tätig und verfügt daher über die notwendigen fachlichen Kompetenzen.

Das Modul ist fachlich interdisziplinär. Es vermittelt einerseits die chemischen Grundlagen von harten, flexiblen und schäumbaren Bindemitteln, wie z. B. Silikonen oder Polyurethanen, und zeigt andererseits auch auf, dass erst deren Mischung mit geeigneten Additiven und Füllstoffen zu einem Produkt führt. Die Studierenden haben in diesem Zusammenhang gelernt, dass die Formulierungstechnik eine entscheidende Rolle bei der

Produktentwicklung spielt. Gerade dieser technische Aspekt spielt im Chemiestudium bislang nur eine untergeordnete Rolle. Ursprünglich sollten die Studierenden im Rahmen des Blockkurses eigene Kleb- oder Dichtstoffformulierungen entwerfen, herstellen, prüfen, beurteilen und am Ende des Kurses präsentieren. Aufgrund der immer noch andauernden Corona-Pandemie mussten die Laborzeit minimiert und die Gruppenstärken reduziert werden. Dadurch konnte jeder Student nur einen Nachmittag ins Labor und infolgedessen auch nur eine Rezeptur praktisch umsetzen. Deshalb wurden die Versuchsreihen zur Variation einzelner Rohstoffe auf alle Studierenden verteilt und anschließend im Onlineseminar besprochen. So konnten die Studierenden den Entwicklungsprozess zwar nicht vollständig selbst durchführen, haben durch das Seminar den Prozess vom Erstellen einer Kleb- bzw. Dichtstoffrezeptur über die Herstellung im Labor und Prüfung der Produkteigenschaften in allen Schritten gesehen und die notwendigen Prüfmethode kennengelernt.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

In der einwöchigen Blockveranstaltung haben die Studierenden grundlegende Kenntnisse über Anwendungsgebiete von Kleb- und Dichtstoffen sowie über die Anforderungen an Klebeverbindungen erworben. Sie erlernten grundlegende Techniken zur Herstellung von Suspensionen zusammen mit dem notwendigen theoretischen Hintergrund. Im Rahmen des Blockkurses wurden den Studierenden nach einer Einführungsveranstaltung Rezepturen einer Versuchsreihe zugeteilt, die sie dann im Labor herstellten und prüften. Jeweils am nächsten Tag wurden die Ergebnisse vor dem jeweiligen theoretischen Hintergrund in einem Onlineseminar besprochen. Zusätzlich sichten die Studierenden aktuelle Literatur und erarbeiteten Vorträge zur aktuellen Entwicklung der Klebstoffindustrie. Die Studierenden erwarben dadurch die Kompetenz, selbstständig Literatur aufzuarbeiten und daraus Methoden zur Lösung einer Forschungsfrage zu entwickeln. Dies und die Präsentation der Ergebnisse bereiten die Studierenden auf Tätigkeiten in einem forschenden Arbeitsumfeld vor.

Gespiegelt werden sollte das Erlernete bei einem Besuch der Fa. AKEMI in Nürnberg, die großtechnisch Klebe- und Dichtmittel herstellt. Dort sollten sie im Rahmen eines Seminars aktuelle Trends im Produktbereich Kleb- und Dichtstoffe kennenlernen, was die Blockveranstaltung abrunden sollte. Der Besuch konnte durch die Corona-Schutzmaßnahmen jedoch nicht stattfinden. Auch wenn die Einbindung der Fa. AKEMI nicht umgesetzt werden konnte, so funktionierte die Unterstützung durch die Firma OTTO-CHEMIE, den ehemaligen Arbeitgeber von Andreas Conrad, sehr gut. Sie unterstützte das Modul durch die Bereitstellung wichtiger Sachmittel.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Die Studierenden haben mithilfe eines SpeedMixers, dessen Anschaffung erst durch die Mittel des Lehrforschungsprojektes möglich war, funktionierende Kleb- und Dichtstoffformulierungen hergestellt und geprüft. Sie haben gelernt, wie sich durch eine geeignete Wahl von Rohstoffen und deren Massenanteilen die Konsistenz, Reaktivität und Haftung von Kleb- und Dichtstoffen gezielt einstellen lassen. Da die Formulierungsbeispiele und Rohstoffvariationen des SoSe2020 für die Vorlesung des Blockkurses im SoSe2021 verwendet werden, haben die Studierenden einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung der Lehre geleistet.

5. Fazit und Ausblick

Die selbstständige Generierung von Daten aus eigenhändig hergestellten Kleb- und Dichtstoffen sowie die Diskussion im Seminar mit Bezug auf die Hintergründe, warum sich spezifische Eigenschaften durch Variation der Rohstoffe verändern, haben großes Interesse in den Studierenden geweckt. Der Kurs wird deshalb im kommenden SoSe 2021 wieder angeboten. Die Ausgestaltung des Lehrangebotes wird von Art und Umfang der Einschränkungen in diesem Semester abhängen. Wünschenswert wäre es, wenn die Studierenden auch über Tage hinweg eigenständig im Labor eigene Rezepturen entwickeln und prüfen können, um Erfahrungen auf dem Gebiet der Industrieforschung zu sammeln.



Abbildung 1: Der SpeedMixer von der Fa. Hausschild wurde zur Herstellung der Kleb- und Dichtstoffe verwendet. Die Anschaffung war durch die Förderung der Lehrforschung erst möglich. Foto: Andreas Conrad

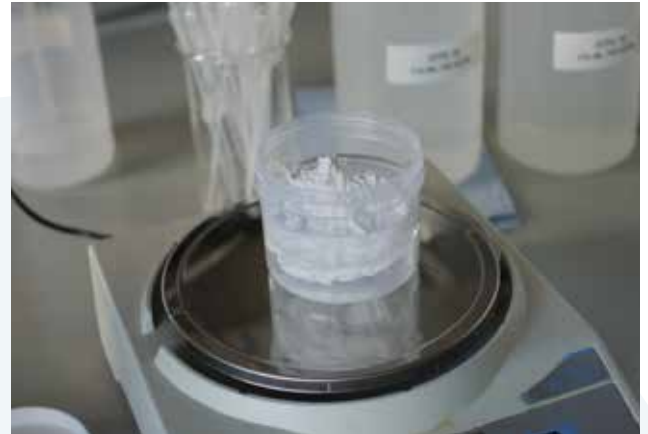


Abbildung 2: Polymer mit Calciumcarbonat als Füllstoff unmittelbar vor dem Mischprozess im SpeedMixer. Foto: Andreas Conrad



Abbildung 3: Silantermierter Polyetherklebstoff (STP-E) nach der Herstellung im SpeedMixer. Foto: Andreas Conrad



Abbildung 4: Silantermierter Polyetherklebstoff (STP-E) bei der Abfüllung in 150-ml-Kartuschen. Foto: Andreas Conrad

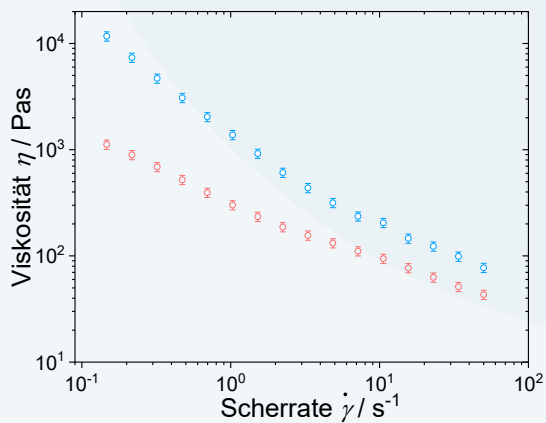


Abbildung 5: Beurteilung der Zähigkeit und Fließfähigkeit von silantermierten Polyetherklebstoffen (STP-E) unterschiedlichen Füllstoffgehaltes. Grafik: Andreas Conrad

Change Management in Medienunternehmen

Prof. Markus Kaiser
Fakultät für Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Medienunternehmen stecken aufgrund der Digitalisierung in einem tief greifenden Wandel. Oftmals werden bei neuen Ausspielkanälen, wie sozialen Netzwerken, Videoformaten oder Podcasts, und bei Umstrukturierungen zu Newsrooms allerdings die Journalist*innen zu wenig eingebunden und mitgenommen. In diesem Lehrforschungsprojekt im Bachelorstudiengang Technikjournalismus/Technik-PR haben die Studierenden anhand von Leitfadeninterviews, die wegen der aktuellen Corona-Situation remote durchgeführt worden sind, untersucht, welche Rolle Change Management in Verlagen bereits spielt und wo noch Potenziale stecken. Es wurde festgestellt, dass häufig aus Unkenntnis und aus Zeitgründen auf ein strukturiertes Veränderungsmanagement verzichtet wird.

1. Projektdaten

Fördersumme	3.000 Euro
Laufzeit	März bis Juli 2020
Fakultät	Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
Projektleitung	Prof. Markus Kaiser Studierende des Studienganges Technikjournalismus/Technik-PR
Kontaktdaten	markus.kaiser@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Die Medienbranche steht vor bzw. steckt mitten in enormen Veränderungen aufgrund der Digitalisierung. Zeitungsauflagen gehen zurück, statt Radio und Fernsehen sind vor allem bei einem jüngeren Publikum soziale Netzwerke wie Snapchat und Instagram, aber auch YouTube und Spotify immer gefragter (vgl. www.ard-zdf-onlinestudie.de). Nicht nur aufseiten der Rezipient*innen erodiert für Verlage und Rundfunksender das traditionelle Geschäftsmodell: Das „Sender-Empfänger-Modell“ sowie der Journalist als Gatekeeper haben an Bedeutung bzw. Gültigkeit verloren, für Unternehmen bietet sich im World Wide Web die Möglichkeit, am Gatekeeper traditioneller Medien (Verlage und Rundfunk) vorbei eigene Medienkanäle aufzubauen und mit Kunden direkt in Dialog zu treten. Dadurch brechen Medienunternehmen Werbeeinnahmen weg. Ein weiterer Punkt sind neue Medientechnologien, die Journalisten für sich nutzen können (wie zum Beispiel Chatbots, immersive Medien wie Virtual und Augmented Reality, Blockchain oder Automatisierung wie bei „Roboterjournalismus“). Diese gilt es, auf eigene Anwendungsmöglichkeiten zu prüfen und ggf. zu implementieren. Aus diesen Gründen stehen traditionelle Medienunternehmen vor enormen Change-Prozessen, um neue (in der Regel digitale) Geschäftsmodelle zu finden und zu implementieren. Auch entstehen immer neue Berufsbilder, wie der des Suchmaschinen-Spezialisten oder Audience-Development-Managers (vgl. Kaiser, Markus/Rückert, Maximilian/Schwertner, Nicole: Change in der Medien- und Kommunikationsbranche, München 2019: Hanns-Seidel-Stiftung).

All dies erfordert nicht nur technologische und organisatorische Überlegungen und Umsetzungen. Bei Veränderungsprozessen dürfen neben der Ebene des Projektmanagements die Mitarbeiter*innen nicht vernachlässigt werden, was durch klassisches Change Management geschieht (vgl. Kaiser, Markus/Schwertner, Nicole: Change Management in der Kommunikationsbranche, Wiesbaden 2020: SpringerVS). Über 70 Prozent aller Change-Prozesse scheitern, weil diese Ebene nicht bedacht wird. Nach dem ADKAR-Modell von Prosci gilt es, fünf Parameter zu prüfen und zunächst den Barrier Point ausfindig zu machen:

A = Awareness
D = Desire
K = Knowledge
A = Ability
R = Reinforcement

Das ADKAR-Modell von Prosci



Abbildung 1: Um herauszufinden, wo man mit Change-Management-Maßnahmen ansetzen kann, eignet sich zum Beispiel das ADKAR-Modell von Prosci. Grafik: Markus Kaiser

Häufig wird bei Change-Projekten in der Kommunikationsbranche bei der Wissensvermittlung (Knowledge) eingesetzt, statt zuvor das Bewusstsein zu vermitteln und den Wunsch beim Mitarbeiter zu wecken. Dies führt zum Scheitern der Change-Prozesse. Womöglich – so die Hypothese zur wissenschaftlichen Fragestellung – werden Change Management und Change Communication in traditionellen (häufig mittelständischen) Medienunternehmen kaum genutzt.

Hier hat das Lehrforschungsprojekt angesetzt: Es sollte zum einen herausgefunden werden, wie stark bei Veränderungsprojekten in Medienunternehmen auf Change Management gesetzt wird. Zum anderen sollte erforscht werden, zu welchen Problemen fehlendes bzw. geringes Change Management beim Veränderungsprojekt geführt hat. Die Studierenden haben einen Fragebogen für qualitative Leitfadeninterviews entwickelt, mit denen sie Redaktionsleiter*innen sowie Journalist*innen von Publikumsmedien (Tageszeitung, Radio, Fernsehen) sowie – passend zum Bachelorstudiengang Technikjournalismus/Technik-PR – von Technik-Fachzeitschriften befragt haben. Aufgrund des grassierenden Coronavirus wurden die Interviews telefonisch und per Zoom statt persönlich vor Ort geführt. In der zweiten Hälfte des Sommersemesters 2020 wurden die qualitativen Leitfadeninterviews ausgewertet.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Die Studierenden lernen ab dem ersten Semester im Fach „Wissenschaftliches Arbeiten“, das ins Modul 1 „Journalistik 1“ des Bachelorstudienganges Technikjournalismus/Technik-PR eingebunden ist, kommunikationswissenschaftliche Forschungsmethoden kennen und wenden diese am konkreten Forschungsprojekt selbst an. Sie lernen, wie man in den Sozialwissenschaften ein Studiendesign entwirft, wie man qualitative Befragungen durchführt (Leitfadeninterviews) und diese auswertet.

Im überarbeiteten Modulplan des Bachelorstudienganges Technikjournalismus/Technik-PR ist das Modul „Redaktion 2: Digitaler Journalismus“ in den vergangenen Jahren ausgeweitet worden. Hierfür war das Lehrforschungsprojekt über Change Management in Medienunternehmen geplant. Dieser Rahmen hat die perfekte Möglichkeit geboten, dass Studierende ein Forschungsprojekt von Anfang bis Ende mitgestalten konnten und durch die regelmäßige wöchentliche Lehrveranstaltung sehr gute Betreuung erhalten haben.

Die Studierenden haben zunächst das Studiendesign entworfen, anschließend den strukturierten Fragebogen für qualitative Interviews ausgearbeitet und die Interviews mit den Redaktionsleiter*innen sowie Journalist*innen per Telefon und der Videokonferenz-Plattform Zoom geführt und ausgewertet.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Change Management spielt in mittelständischen Verlagen eine untergeordnete Rolle. Eigene Mitarbeiter*innen für dieses Thema sind so gut wie nie beschäftigt. Lediglich bei größeren Transformationsprozessen bedienen sich die Redaktionen externer Berater für Change Management. Bei technischen Fachmagazinen und kleineren Lokalredaktionen spielt das Thema Change Management überhaupt keine Rolle. In der Regel wird hier für Veränderungsprojekte nicht einmal ein klassisches, strukturiertes Projektmanagement (wie zum Beispiel nach PRINCE2) aufgesetzt. Es zeigte sich, dass in den Redaktionen gar keine Kenntnis vorhanden war, wie Projektmanagement und Change Management strukturiert durchgeführt werden können und worin die Unterschiede liegen.

Der häufigste Grund für fehlendes Change Management in Verlagen war die Annahme der Chefredaktion bzw. Redaktionsleitung, dass die Journalist*innen die wirtschaftlichen Zahlen der Medienunternehmen und die digitalen Entwicklungen doch inzwischen kennen dürften und deshalb eine Begleitung des Veränderungsprozesses überflüssig sei. Auch zeigte sich in manchen Redaktionen, dass versucht wurde, über erhöhten Druck Mitarbeiter zum Wandel zu bewegen, statt sich auf die Sorgen und Ängste der Redakteur*innen einzulassen. Manche Chefredaktionen gaben an, dass sie bei ihren Mitarbeiter*innen bereits die Hoffnung aufgegeben hätten, dass sich diese bei der digitalen Transformation aktiv einbrächten.

Change-Management-Modelle, wie von Kurt Lewin, von John Kotter oder das ADKAR-Modell von Prosci, waren den meisten Befragten nicht bekannt. Kurt Lewin beispielsweise betont, dass es vor einem Veränderungsprozess erst einmal die Phase des Auftauens geben müsse, während das Bewusstsein für das Projekt geschaffen werden müsse. Nach der Veränderung müsse der neue Zustand wieder eingefroren werden, um zu einem stabilen Zustand zu führen.

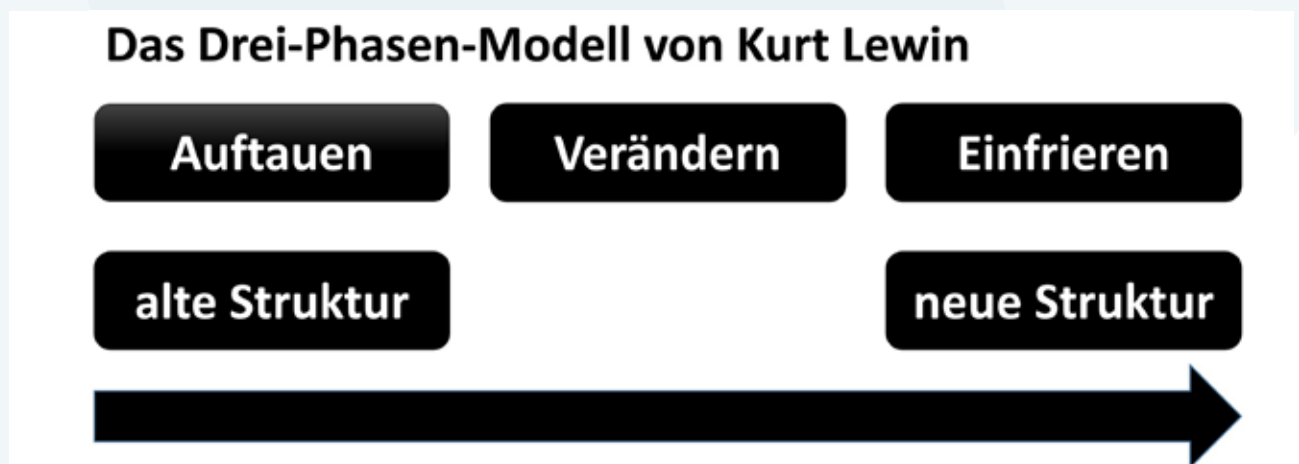


Abbildung 2: Das Drei-Phasen-Modell von Kurt Lewin. Grafik: Markus Kaiser

Acht-Phasen-Modell nach John Kotter



Abbildung 3: John Kotter nennt acht Phasen für ein gelungenes Veränderungsprojekt. Grafik: Markus Kaiser

In den Interviews gaben die Befragten an, dass sie bei ihren Veränderungsprojekten nicht nach einer gewissen Change-Management-Struktur vorgehen würden.

Als größte Veränderungsprojekte gaben die Befragten die digitale Transformation mit neuen Auspielkanälen wie Podcasts, Videos und Social Media sowie die Umstellung auf eine veränderte Produktionsweise wie in Newsrooms oder die Zusammenführung der Print- und der Online-Redaktion an. Da aufgrund des Befragungszeitraumes die meisten Journalist*innen wegen der Corona-Krise remote gearbeitet hatten, wurde diese aktuelle Veränderung bei gleichzeitig häufig verordneter Kurzarbeit als größte Herausforderung genannt.

Das Paradox der Interviews: Die Befragten gaben an, dass sie sich durchaus vorstellen könnten, dass mehr Mitarbeiter*innen engagierter nach dem Veränderungsprozess mitarbeiten würden, wenn diese stärker eingebunden gewesen wären. Als Grund, dass dies nicht geschehen sei, nannten sie vor allem fehlende Zeit und den Arbeitsdruck in den Redaktionen. Indirekt bestätigten sie das 7+3-Change-Management-Modell Kaiser//Schwertner, indem sie als wichtige, bei ihnen fehlende Komponenten für Change Management die Punkte Vision kommunizieren, Storytelling und Emotionen der Mitarbeiter*innen wecken nannten.

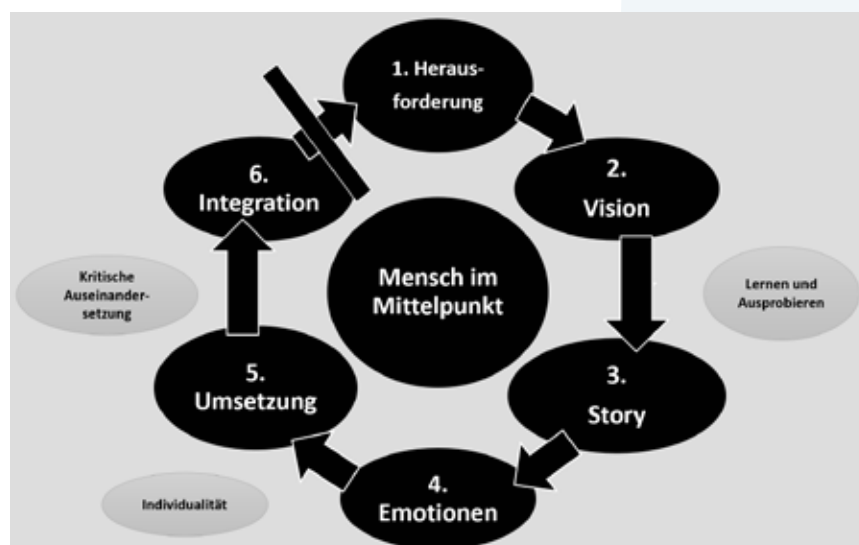


Abbildung 4: Change-Management-Model. Grafik: Markus Kaiser, Nicole Schwertner

Die Ergebnisse des Lehrforschungsprojektes konnten in eine Publikation bei SpringerVS zum Thema „Change Management in der Kommunikationsbranche“ einfließen (Wiesbaden 2020), die von Prof. Markus Kaiser und der Lehrbeauftragten Nicole Schwertner verfasst worden ist. Außerdem wurden die Ergebnisse den befragten Redaktionen zur Verfügung gestellt, um ihr Handeln bei künftigen Veränderungsprozessen verbessern zu können.

5. Fazit und Ausblick

Das Lehrforschungsprojekt hat aufgezeigt, dass das Thema Change Management in Medienunternehmen noch nicht angekommen ist. Erst allmählich gibt es spezifische Weiterbildungsangebote (wie zum Beispiel der Hamburg Media School) zu diesem Bereich. Durch die Befragungen der Studierenden wurde aber bereits ein Bewusstsein in den Chefredaktionen geschaffen, den Mitarbeiter als Mensch künftig nicht zu vernachlässigen. Aufgrund des weiter voranschreitenden Prozesses der digitalen Transformation wird es künftig von immer größerer Bedeutung sein, seine Journalist*innen bei Veränderungsprojekten mitzunehmen. In den Interviews wurde häufig genannt, dass die Redaktionsleiter*innen davon ausgehen, dass die Zahl der Veränderungsprojekte eher steigen als sinken werde.

Als Anschlussprojekt ist eine ähnliche Befragung im Bereich der Unternehmenskommunikation geplant. Auch hier gibt es aufgrund des digitalen Wandels zahlreiche neue Herausforderungen und Veränderungen: Zum einen werden Abteilungen für Unternehmenskommunikation teils selbst zu Medienunternehmen durch Corporate Publishing (zum Beispiel hat BMW im September 2020 ein eigenes Media House angekündigt). Zum anderen stehen auch hier aufgrund der neuen Ausspielkanäle und des erhöhten Bedarfes an Bewegtbildkommunikation organisatorische Umstrukturierungen hin zu mehr Newsrooms an, die zu neuen Schnittstellen mit anderen Abteilungen, wie dem Marketing, dem Vertrieb oder Kundendialog, führen werden.

Aus didaktischer Sicht hat das Lehrforschungsprojekt gezeigt, dass sich durch eigene Befragungen der Studierenden das Interesse an diesem Thema verstärkt hat. Es wurde nicht nur thematisches Wissen über Change Management und digitalen Journalismus vermittelt, sondern es wurde auch die Neugierde geweckt, den digitalen Wandel im Gespräch mit den Akteur*innen hautnah mitzuerleben.

Der Fall als Drama

Rollenspiel und szenische Inszenierung als Möglichkeiten der Fallanalyse und des Fallverstehens

Prof. Dr. Johannes Kloha
Fakultät Sozialwissenschaften
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Der Kern des beantragten Projektes besteht darin, dass Studierende in einem ersten Schritt selbst erlebte Fallsituationen aus der Praxis in Form von ethnografischen Praxisprotokollen (vgl. Riemann 2013) als Datenmaterial festhalten. Dieses Datenmaterial wird nun in einem zweiten Schritt in einem zweitägigen Blockseminar mit Methoden des szenischen Spieles aufgearbeitet und reinterpretiert. Das Ziel besteht darin, durch die szenische Reinszenierung neue Perspektiven auf Praxissituationen und so eine vielschichtige Reflexion zu ermöglichen und alternative Handlungsoptionen zu erarbeiten (vgl. Nagler 2009). Der Tutor, der professionell ausgebildeter Schauspieler ist, sollte dieses Vorgehen aus schauspielerischer Sicht unterstützen.

Im Zuge der Pandemie-Einschränkungen musste dieser Plan aufgegeben werden. Der Kern – das Blockseminar zum szenischen Spiel – wurde abgesagt. Stattdessen wurden aus den Teilnehmer*innen Interpretationsgruppen gebildet, die ihre Texte in mehreren Interpretationssitzungen nach Regeln der rekonstruktiven Forschung analysierten. Die ersten Sitzungen wurden dabei jeweils von mir und dem Tutor begleitet.

In einer Abschlusssitzung wurden zentrale Themengebiete und Problemstellungen des professionellen Handelns von Sozialarbeiter*innen herausgearbeitet.

1. Projektdaten

Fördersumme	1.600 Euro
Laufzeit	März bis Juni 2020
Fakultät	Sozialwissenschaften
Projektleitung	Prof. Dr. Johannes Kloha
Projektteam	Dipl. Schauspieler David Schirmer
Kontaktdaten	johannes.kloha@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Das Handeln von Sozialarbeiter*innen (wie auch das von Vertreter*innen anderer Professionen) ist grundsätzlich angesiedelt im Spannungsfeld zwischen dem Blick auf die konkrete Situation der Adressat*innen (etwa eine spezifische Lebenssituation) einerseits und allgemeinen, vom Einzelfall abstrahierenden Kategorisierungen andererseits (vgl. u. a. Schütze 2015). Zu Letzteren zählen etwa Problemkategorien („Multiproblemfamilie“), aber auch Interventionsmethoden („systemisches Handeln“). Dieses Spannungsfeld ist nicht einfach aufzulösen, da es sich bei pädagogisch-sozialarbeiterischen Tätigkeiten grundsätzlich um „nicht-technisierbare“ Tätigkeiten handelt. Mit anderen Worten: Professionelles Handeln erfüllt sich nicht in einer noch so „perfekten“ Umsetzung von Methoden, sondern erfordert gleichzeitig spezifische Kompetenzen im „Verstehen“ der konkreten Fallsituation. Dies soll und kann bereits in der Ausbildung eingeübt werden. Allerdings machen Studierende immer wieder die Erfahrung, dass dafür angesichts vielfältiger anderer Studieninhalte häufig zu wenig Raum geboten wird.

In den letzten Jahren hat sich eine Richtung im professionellen Diskurs herausgebildet, die explizit versucht, Verfahren der qualitativen Sozialforschung für einen solchen „verstehenden“ Zugang zur Praxis der Sozialen Arbeit

und zur Lebenswirklichkeit der Adressat*innen nutzbar zu machen (vgl. u. a. Völter 2017; Riemann 2013). Neben Verfahren, die sich auf textbasierte Methoden wie der gemeinsamen Interpretation sogenannter ethnografischer Praxisprotokolle stützen, wurden auch vielversprechende Ansätze entwickelt, bei denen Methoden des szenischen Spieles und des Rollenspieles herangezogen werden, um konkrete Praxissituationen zu reflektieren (Völter/Küster 2010). Das Ziel besteht darin, durch die szenische Reinszenierung neue Perspektiven auf Praxissituationen und so eine vielschichtige Reflexion zu ermöglichen sowie alternative Handlungsoptionen zu erarbeiten (Nagler 2009). Durch die „In-Szenierung“ von Praxissituationen eröffnen sich besondere Erkenntnismöglichkeiten: Interaktionssituationen werden konkret erfahrbar, körperliche Aspekte kommen ins Spiel, Handlungsalternativen können konkret ausprobiert werden.

Vor dem Hintergrund meiner Erfahrungen, dass Studierende ein großes Interesse und eine hohe Motivation dabei entwickeln, sich gegenseitig auf der Grundlage solcher ethnografischer Praxisprotokolle mit ihren eigenen Praxiserfahrungen auszutauschen, entstand das Ziel, hierfür auch szenische Methoden heranzuziehen und systematisch in den Seminarverlauf einzubauen.

Die Studierenden wenden sich somit ihren eigenen Praxiserfahrungen als „Forscherinnen in eigener Sache“ (Riemann 2006) zu. Neben der vertieften Reflexion der konkreten Praxissituation ist es somit ein weiteres, wichtiges Ziel, allgemeine, wiederkehrende Problemstellungen und Herausforderungen im professionellen Handeln zu erkennen – mit anderen Worten: ein – bescheidener – Prozess einer Theoriebildung „von unten“.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Für die Umsetzung des Projektes wurde ein Studierender als Tutor gewonnen, der professioneller Schauspieler mit langer Praxiserfahrung ist. Mit ihm zusammen wurde das Konzept des Seminars erarbeitet, das in zwei zentralen Phasen bestand:

- Auseinandersetzung mit selbst verfassten ethnografischen Praxisprotokollen: Die Studierenden sollten animiert und angeleitet werden, möglichst „dichte“, differenzierte Protokolle über konkrete, von ihnen erlebte Praxissituationen zu verfassen. In einer ersten Runde sollten diese Protokolle gesichtet werden und den Verfasser*innen Rückmeldungen gegeben werden.
- Workshop zur szenischen Umsetzung: Während eines Wochenend-Blockseminars sollte dann eine Auswahl dieser Texte in einem geleiteten Prozess in kleinen Gruppen szenisch erarbeitet werden.

Allerdings konnte dieses Seminar aufgrund der Corona-Situation nicht umgesetzt werden, da für ein solches Vorgehen eine gemeinsame tatsächliche Anwesenheit unabdingbar ist. Eine Verlagerung des szenischen Arbeitens in den virtuellen Raum erschien uns nicht sinnvoll.

Deshalb wurde der Schwerpunkt des Seminars ganz auf die textanalytische Arbeit mit den Praxisprotokollen verlagert. Die Studierenden wurden zunächst mit den grundsätzlichen forschungsmethodischen Grundlagen vertraut gemacht. Insbesondere die Arbeit in Forschungswerkstätten stand nun im Vordergrund. Diese wurden zunächst angeleitet und dann von den Studierenden selbstständig durchgeführt. Bei jeder Forschungswerkstatt wurde ein Praxisprotokoll intensiv diskutiert.

Die Mitarbeit des Tutors war hierbei sehr wertvoll, da er sein „szenisches“ Verständnis auch in die Auseinandersetzung mit den geschilderten, z. T. problematischen Handlungssituationen mit einbrachte.

In der Abschlusssitzung wurde die „Quintessenz“ dieser Forschungsarbeit herausgearbeitet, indem die zentralen Themen und Kernprobleme professionellen Handelns, die in den einzelnen Forschungswerkstätten auftauchten, zusammengetragen wurden und so ein Tableau professionellen Handelns entstand. Für die Studierenden war hiermit ein besonderer Lernprozess verbunden, da nun deutlich wurde, dass es möglich ist, durch ein solches forschendes Vorgehen auf zentrale Themen zu stoßen, die damit konkreter und greifbarer wurden als durch eine rein deduktive Vermittlung in Form von allgemeinen „Theorien der Sozialen Arbeit“.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Das zentrale Ergebnis dieses – modifizierten – Seminars lag meines Erachtens darin, dass die Studierenden ein Bewusstsein dafür entwickelten, dass sie selbst als „Forscher*innen“ Erkenntnisse zu ihrem späteren Berufsfeld gewinnen können. Dies erscheint mir sehr wichtig, da Studierende häufig einen zu hohen Respekt vor den „großen Theorien“ entwickeln, denen sie im Studium begegnen. Damit ist das Risiko verbunden, dass sie ihre eigenen Praxiserfahrungen entweder nur ehrfürchtig diesen Theorien unterordnen oder – weil dies nicht möglich ist – eine theoretisch-distanzierte Betrachtung des eigenen Handelns irgendwann ganz aufgeben (vgl. Kloha 2018). Damit entfällt auch die Möglichkeit, sich dem eigenen Handeln konstruktiv-kritisch, aber gleichzeitig wertschätzend zuzuwenden.

5. Fazit und Ausblick

Die Erfahrungen aus diesem Projekt veranlassen mich zu zwei Einschätzungen: Studierende der Sozialen Arbeit benötigen Raum, sich ihrem eigenen Handeln (oder dem Handeln anderer) distanziert-analytisch zu nähern. Dabei sollten jeweils konkrete Fallsituationen im Mittelpunkt stehen, weil hierbei am deutlichsten die Kernprobleme und v. a. die vielfältigen Widersprüche und „Paradoxien“ des professionellen Handelns herausgearbeitet werden können.

Dafür sind zweitens Lehrformate angezeigt, die hierfür die nötige Offenheit bieten. Das angedachte Format des szenischen Spieles, aber auch die „Alternativlösung“ dieses Seminars ermöglichten dies. Es sollte darüber nachgedacht werden, auch in anderen Modulen einen solchen Zugang des forschenden Lernens zu ermöglichen.

6. Literatur

Kloha, Johannes (2018): Die fallorientierte Praxis in der Schulsozialarbeit. Rekonstruktionen zentraler Prozesse und Problemstellungen. Wiesbaden: Springer VS.

Nagler, Brigitte (2009): Rollenspiel. In: Kühl, Stefan/Strodtholz, Petra/Taffertshofer, Andreas (Hrsg.): Handbuch Methoden der Organisationsforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. S. 124–144.

Riemann, Gerhard (2006): Ethnographers of their own affairs. In: White, Sue/Fook, Jan/Gardner, Fiona (Hrsg.): Critical reflection in health and social care. repr. Maidenhead, Berkshire: Open University Press. S. 187–200.

Riemann, Gerhard (2013): Der Beitrag interaktionistischer Fallanalysen professionellen Handelns zur sozialwissenschaftlichen Fundierung und Selbstkritik der Sozialen Arbeit. In: Becker-Lenz, Roland/Busse, Stefan/Ehlert, Gudrun/Müller-Hermann, Silke (Hrsg.): Professionalität in der Sozialen Arbeit. Standpunkte, Kontroversen, Perspektiven. 3., durchgesehene Auflage. Wiesbaden: Springer VS. S. 297–316.

Schütze, Fritz (2015): Sozialarbeit als professionelles Handeln auf der Basis von Fallanalyse. In: Neue Praxis 45, H. 3, S. 280–308.

Völter, Bettina (2017): Das Konzept der Rekonstruktiven Sozialen Arbeit in der beruflichen Praxis. In: Völter, Bettina/Reichmann, Ute (Hrsg.): Rekonstruktiv denken und handeln. Rekonstruktive Soziale Arbeit als professionelle Praxis. Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. S. 19–56.

Völter, Bettina/Küster, Marion (2010): Ethnographische Praxisprotokolle und Rollenspiel. Eine Methode zur Projektreflexion in der transkulturellen Gemeinwesenarbeit. In: Heinzl, Friederike/Thole, Werner/Cloos, Peter/Königeter, Stefan (Hrsg.): „Auf unsicherem Terrain“. Ethnographische Forschung im Kontext des Bildungs- und Sozialwesens. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. S. 255–265.



Die nachhaltigen Entwicklungsziele im Kontext der Sozialen Arbeit

Kerstin Seeger, M. A., Bluepingu e.V. / Katrin Schwanke, M. A., Bluepingu e.V. / Prof. Dr. Markus Kosuch,
Fakultät Sozialwissenschaften
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Viele der Sustainable Development Goals sind genuine Themenbereiche der Sozialen Arbeit. Die Kernfrage ist, wie eine nachhaltigkeitsorientierte Transformation der Gesamtgesellschaft gestaltet werden kann. Die Projekt-Seminare sind auf die Verknüpfung von Theorie und Praxis ausgerichtet und sollen das kritische Denkvermögen sowie die Eigenverantwortlichkeit der Studierenden fördern.

Insgesamt waren 86 Studierende vom 1. bis 7. Fachsemester des Bachelorstudiengangs Soziale Arbeit in vier Seminaren beteiligt¹.

Zwei Seminare wurden im Sommersemester online gestartet. Anschließend fand die Arbeit teilweise in dezentralen, selbstständig arbeitenden Kleingruppen coronakonform statt. In den zwei Seminaren des Wintersemesters wurde didaktisch mit dem von Prof. Dr. Kosuch entwickelten „Wanderseminar-Konzept“ gearbeitet. Die thematischen Inputs und Workshops wurden in hybrider Form umgesetzt und konnten eine transferorientierte Praxisarbeit ermöglichen. Umfangreiche Bezüge zwischen der Sozialen Arbeit und den nachhaltigen Entwicklungszielen wurden hergestellt. Die Haltung der Lehrenden und Lernenden war geprägt von Eigenverantwortlichkeit und Vertrauen, was eine hohe Motivation bei Studierenden sowie auch bei den Lehrenden erzeugte.

1. Projektdaten

Fördersumme	7.600 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2020
Fakultät	Sozialwissenschaften
Projektleitung	Prof. Dr. Markus Kosuch
Projektteam	Katrin Schwanke, Kerstin Seeger (Bluepingu e.V.), gemeinsam mit den Tutor*innen Katja Altmann und David Schmierer
Kontaktdaten	markus.kosuch@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Die nachhaltigen Entwicklungsziele (Sustainable Development Goals SDGs, auch bekannt unter der Agenda 2030) umfassen 17 Themenbereiche, die genuine Aufgabenbereiche und Themengebiete der Sozialen Arbeit umfassen. Kernfrage aller Seminare ist, wie der notwendige Wandel ressourcenorientiert in und mit der Sozialen Arbeit gestaltet werden kann. Herausforderung dabei ist, wie in konkreten lokalen Projekten (z. B. Urban Gardening) neben der Handlungskompetenz auch eine Reflexionskompetenz gefördert werden kann, die den systemischen Zusammenhang zwischen diesen Themen herstellen und damit zum Bewusstsein einer nachhaltigen Entwicklung beitragen kann. Bluepingu e.V. ist durch unterschiedlichste Projekte in der Stadtgesellschaft vernetzt und arbeitet inhaltlich an der Umsetzung der nachhaltigen Entwicklungsziele. Das Modellprojekt „SDGs go local“ fokussiert insbesondere in den Stadtteilen Nürnberg St. Johannis und Fürth Südstadt die Umsetzung der SDGs. Allzu oft sind Synergieeffekte und Transfermöglichkeiten jedoch den Studierenden und auch vielen Fachwissenschaftler*innen kaum bewusst. Studierende entwickeln, lernen und lehren in diesen konkreten Settings, die

Projektarbeit mit den Beteiligten in einen Zusammenhang mit den SDGs zu stellen. Dadurch entsteht eine reflexiv begleitete kokreative Arbeit mit allen beteiligten Akteur*innen – Lehrenden, Studierenden und Menschen der Stadtgesellschaft. Die Rollen wechseln kontinuierlich zwischen Lehren, Lernen und Forschen.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Während einer Konzeptionsphase wurde das AW-Fach 4.4. „Nachhaltig Studieren“ gemeinsam mit Studierenden, ehemaligen Studierenden und Lehrenden entwickelt. In der Aufbau-Phase wurde das AW-Fach im Sommer-Semester 2020 angeboten und umgesetzt. Im KÄB-Fach 2.1. Urban Gardening wurden im Sommer-Semester 2020 ebenfalls die SDGs sowie die Themen nachhaltige Bildung und Entwicklung eingeflochten. Für das Winter-Semester 2020/21 wurde das AW-Fach 4.4. „Nachhaltig studieren“ in einer Evaluations- und Reflexionsphase während der vorlesungsfreien Zeit weiterentwickelt und im Winter-Semester in einem weiteren Durchlauf angeboten. Zudem wurde das Querschnitts-Fach 4.2.13. Kulturelle Bildung in der Sozialen Arbeit weiterentwickelt.

Fokus: AW-Fach 4.4. Nachhaltig studieren – Möglichkeitsraum für die Entfaltung der 17 nachhaltigen Entwicklungsziele

Das allgemeine Wahlpflichtfach „Nachhaltig studieren“ wurde entwickelt. Methodisch ging es darum, ko-kreativ zu studieren, d. h., die Studierenden wurden angeleitet, in konkreten Projekten dialogisch mit anderen Menschen zu arbeiten. Ziel war es, Methoden und Werkzeuge zu entwickeln und zu erproben, die es den Studierenden ermöglichen, die Verantwortung für ihren Lernprozess reflexiv begleitet selbst zu übernehmen. Die aktuellen gesellschaftlichen Herausforderungen bilden dabei das „Real-Labor“ für das Forschen und Entwickeln, das Lernen und Lehren. Mit dialogischen Lehr-Lern-Methoden wird der Spur der intrinsischen Motivation für nachhaltige Entwicklung Rechnung getragen.

Zudem war es ein Ziel, die Persönlichkeit der Studierenden zu fördern, indem sie frühzeitig eine kritische Haltung entwickeln und reflektiert mit den Erfahrungen in Seminar und Praxisanwendung umgehen. Das innovative Seminarkonzept trägt zu einer strukturierten und fachlich hochwertigen Auseinandersetzung mit dem späteren Berufsalltag bei. Durch die Verknüpfung von fachwissenschaftlichen Inhalten und praxisorientierter Methodologie, erhielten unsere Studierenden die Chance, reale Anwendungsmöglichkeiten und Schnittstellen der einzelnen Bereiche ihres Studienfaches sowie Verbindungen zu den nachhaltigen Entwicklungszielen bereits in einer frühen Phase ihres Studiums zu erfahren. Dies hat den großen Vorteil, dass sich so die häufig vorhandene Trennung in universitäre Theorie und berufliche Praxis auflösen lässt. Durch die engmaschige Vernetzung aller Beteiligten (Studierende, Lehrende, Kooperationspartner*innen) wurde der Grundstein für eine umfassende und wertschätzende Feedbackkultur gelegt und die Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis gestärkt.

Thematische Verknüpfung und Andockstellen im KÄB-Fach 2.1. Urban Gardening

Im KÄB-Urban Gardening wurden der Bezug zur nachhaltigen Entwicklung dargestellt und Urban Gardening-Projekte und -Aktivitäten in einen größeren Kontext gestellt: Die Kultur des Zusammenlebens in der Stadtgesellschaft, Quartiersgestaltung, Nachbarschaftskultur, Begegnungsorte sowie nachhaltige Lebensraum-Gestaltung wurden thematisiert. Dabei entwickelte sich das Bewusstsein für natürliche Prozesse, die Achtung gegenüber kleinen Pflänzchen und Wertschätzung für Lebensmittel.

Wichtige Aushandlungsprozesse innerhalb eines Urban-Gardening-Projektes sowie die soziale Einbettung ins Quartier wurden anhand verschiedener Projekte diskutiert.

Durch asynchrone Präsenz- sowie gemeinsame virtuelle Reflexionsformate konnte das Seminar coronakonform umgesetzt werden. Auch hier lag ein didaktischer Schwerpunkt auf einem vertrauensvollen, wertschätzenden Umgang miteinander.



Abbildung 1: Lernsetting – Urban-Gardening. Foto: Kerstin Seeger

Thematische Verknüpfung im Querschnittsmodul 4.2.13 Kulturelle Bildung in der Sozialen Arbeit

Dieses Seminar wurde im WiSe 2020/21 konzeptionell kokreativ erneuert. Studierende entwickelten und erprobten in konkreten Projekten Rituale und Räume, die es braucht, um nachhaltige Bildung und Entwicklung zu ermöglichen, und bezogen dabei auch theoretische Ansätze wie z. B. Theorie U (Otto Scharmer, MIT Boston, USA) mit ein. Erprobt wurden Formen und Formate des kulturellen Wandels hin zu einer nachhaltigen Entwicklung, in der Soziale Arbeit die Rolle einer reflexiv begleiteten nachhaltigen Gesellschaftsgestaltungsaufgabe übernimmt.

Falls Sie Ihr Konzept maßgeblich verändern mussten, gehen Sie bitte kurz auf diese Änderungen ein.

Aufgrund der Pandemie waren im Rahmen des AW-Fachs leider keine Vor-Ort-Besuche von Projekten möglich. Die Begegnung mit Menschen aus der Stadtgesellschaft musste leider ausbleiben. Durch die Expertise der Projektmitarbeiter*innen von SDGs go local konnten dennoch einige exemplarische Teilprojekte in virtueller Form praxisorientiert dargestellt und diskutiert werden.

Das Urban-Gardening-Seminar konnte mit kreativen Lösungen coronakonform stattfinden. Der Umgang mit den sich wöchentlich verändernden Corona-Regelungen wurde in die Seminararbeit integriert und bildete damit einen zusätzlichen Fokus für die Auseinandersetzung mit dem Thema Nachhaltigkeit.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Studierende entwickelten eigene Fragestellungen und Handlungsmöglichkeiten im Hinblick auf eine nachhaltigere Zukunft und stellten einen fundierten Bezug zwischen den nachhaltigen Entwicklungszielen (Sustainable Development Goals – SDGs) und der Perspektive der Sozialen Arbeit her. Eigene Handlungsspielräume und erste Synergieeffekte und Transfermöglichkeiten im Prozess der öko-sozialen Transformation wurden erkannt. Die Eigenmotivation wurde herausgearbeitet und konstruktiv in den Lehr-Lern-Prozess eingebracht. So wurde Selbstwirksamkeit erfahrbar.

Diese konkreten Projekte und Umsetzungs-Ergebnisse sind im AW-Fach 4.4. „Nachhaltig studieren – Möglichkeitsraum für die Entfaltung der 17 nachhaltigen Entwicklungsziele“ entstanden:

- Exposé zu hochwertiger Bildung an der TH – Ideen für mehr Transparenz beim Studienführer, mit Bezug zum SDG 4 „Hochwertige Bildung“ -> daraus entstand ein 92 Seiten umfassender Studienführer für den Bereich 2.1. Kultur-Ästhetik-Bewegung (KÄB).

- Bienenwachstücher selbst herstellen, mit Bezug zum SDG 12 „Nachhaltiger Konsum und Produktion“.
- SDG-Fahrradtour in Nürnberg mit Bezug zu mehreren SDGs.
- Instagram-Seite, die zu nachhaltigem Konsum, Selbermachen, Selberkochen anregt, mit Bezug zum SDG 12 „Nachhaltiger Konsum und Produktion“.
- Ein Januar-Kalender für einen achtsamen Start ins Neue Jahr, mit Bezug zum SDG 3 „Gesundheit und Wohlergehen“ in der studentischen Prüfungszeit.
- Ein Plakat für Schulen, um Secondhand-Kleidung salonfähiger zu machen, mit Bezug zum SDG 12 „Nachhaltiger Konsum und Produktion“.

Auf den Projekt-Ergebnissen kann in Folge-Seminaren aufgebaut werden. Es können Anknüpfungsprojekte bzw. eine Weiterentwicklung entstehen. Das Projekt zur Hochwertigen Bildung und mehr Transparenz beim Studierführer hat bereits ganz konkrete Auswirkungen innerhalb der Fakultät Sozialwissenschaften. Darüber hinaus strahlen die Projekte über den universitären Rahmen hinaus, da sie in Zusammenarbeit mit den Studierenden in das Modellprojekt „SDGs go local“ einfließen können. Beispielhaft sei hier das Plakat für Schulen genannt, welches über Vernetzung an mehrere Schulen adressiert werden könnte.

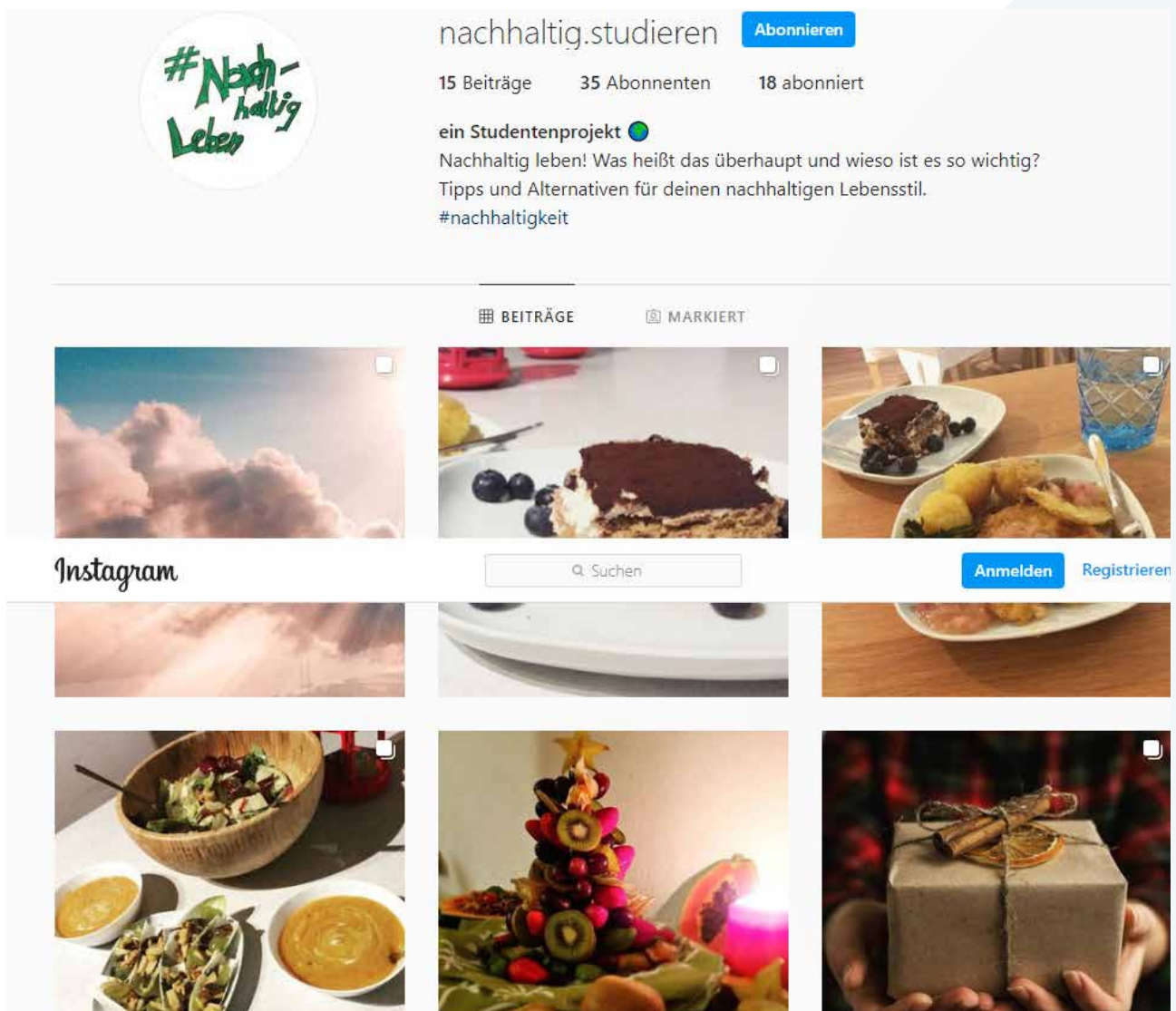


Abbildung 2: Screenshot des Instagram Kanals. Quelle: <https://instagram.com/nachhaltig.studieren?igshid=YmMyMTA2M2Y>

Diese konkreten Projekte und Umsetzungs-Ergebnisse sind im KÄB-Fach 2.1. Urban Gardening entstanden:

- Zwei filmische Dokumentationen zu eigenen Urban-Gardening-Projekten
- Dokumentationen zu Begrünungs-Projekten, der Vermehrung von Setzlingen
- Eine Foto-Anleitung zum Bau eines Upcycling-Blumentopfes, u. v. m.



Abbildung 3: Urban -Gardening in Aktion. Foto: Kerstin Seeger

Übergeordnete Erkenntnisse

Neben den konkreten Projekt-Ergebnissen der Studierenden gibt es im Rahmen des Forschungsprojektes folgende übergeordnete Erkenntnisse, welche in die weitere Entwicklung bereits eingeflossen sind, bzw. in das Folgeprojekt einfließen werden:

Die Erforschung der Fragestellung „Was ist mir wirklich wichtig?“ trägt zur Selbstreflexion und einer hohen Eigenmotivation bei und unterstützt Studierende darin, sich zu einer eigenverantwortlichen Studierendenpersönlichkeit zu entwickeln.

In der Weiterentwicklung der beteiligten Seminare wurde auch das Bedürfnis nach Orientierung und Sicherheit deutlich. Ein sehr offener Rahmen mit der Ambition des gemeinsamen Forschens und Lernens bewirkt zunächst Unsicherheit und wird als zu frei wahrgenommen. Deshalb ist es auch in einem möglichst offen gestalteten Lehr-Lern-Forschungsprojekt wichtig, zu Beginn einen klaren Rahmen und Orientierung zu bieten. Dieser Raum kann dann im weiteren Verlauf mehr und mehr geöffnet werden. Diese Erkenntnis ist bereits in die Seminar-Konzeption im Wintersemester 2020/21 eingeflossen. Demgegenüber steht die Beobachtung, dass eine gewisse Unsicherheit auch notwendig ist, um Gewohnheiten und Reflexe einer vertrauten Lehr-Umgebung zu durchbrechen und für die neue Form eines Lehr-Lern-Forschungsprojektes einen Raum zu öffnen. Hier gilt es, die richtige Balance zu finden, in der die etablierten Rollen Dozierende-Studierende hinterfragt werden.

Dabei ist die Grundhaltung des Vertrauens als methodisch/didaktischer Ausgangspunkt eine wichtige Komponente. Das Vertrauen der Dozent*innen in die Fragen und Themen der Studierenden stärkt das Vertrauen der Studierenden in die eigenen Fragen und Themen.

Austauschräume für (Selbst-)Wahrnehmung und Entschleunigung sind am Ende wichtige Treiber einer nachhaltigen Entwicklung und Zusammenarbeit. Sie tragen zur Motivation bei und bewirken paradoxerweise einen Prozess-Antrieb (Entschleunigung führt zur Beschleunigung des Essenziellen).

Die Vernetzung der Studierenden untereinander und mit nachhaltigen Institutionen hat für eine nachhaltige Bildung eine essenzielle Bedeutung.

Wenn den folgenden Fragen Raum gegeben wird, können Studierende Nachhaltigkeit im Studium erfahren: Wo erlebe und spüre ich wirkliches Interesse und Neugierde? (Ich-Bezug). An welcher Zukunft möchte ich mitarbeiten? (Wir-Bezug). Entscheidend ist dabei der Sinn-Zusammenhang (Warum mache ich das?).

5. Fazit und Ausblick

Das Lehrforschungsprojekt „Die Nachhaltigkeitsziele (SDGs) im Kontext des Studiums an der Technischen Hochschule Nürnberg“ (2021) baut mit nunmehr interdisziplinärer Ausrichtung auf dem Vorhaben auf. Die Weiterführung der Themen wird insbesondere von den Studierenden als absolut notwendig erachtet. Hierbei sind auch auf struktureller Ebene thematische Bezüge herzustellen.

Der didaktische Schwerpunkt wird weiterhin auf der Erforschung des eigenen Interesses und potenzieller Umsetzungsmöglichkeiten liegen, sowie auf einem vertrauensvollen, wertschätzenden Umgang miteinander. Im Fokus steht u. a. eine reflexiv begleitete Auflösung der tradierten Rollenzuweisungen Studierende-Dozierende. Das Vertrauen in die eigenen Forschungsfragen, die Arbeit an überschaubaren Projekten und die somit entstehende Selbstwirksamkeitserfahrung bewirken eine enorme Motivationssteigerung bei allen Beteiligten – bei Studierenden und Lehrenden gleichermaßen – und tragen so u. a. zu einer nachhaltigen Bildung und einer nachhaltigkeitsorientierten Transformation der Gesamtgesellschaft bei.

¹ Seminare: 2.1. Kultur-Ästhetik-Bewegung (KÄB) Urban-Gardening (30 im SoSe); 4.4. AW Nachhaltig studieren (15 SoSe + 23 WiSe); 4-2-13 Querschnitt Kulturelle Bildung (18 im WiSe)





KIPUKA KANOHINA CAVE SYSTEM – MAELSTROM SECTION – Hawaii 2020

Einbringung ingenieurwissenschaftlicher Expertise zur Lösung geographischer
Problemstellungen – Ein interdisziplinäres Projektseminar
der Technischen Hochschule Nürnberg – Fakultät Bauingenieurwesen und
der Ruhr Universität Bochum – Geographie – Arbeitsgruppe Höhlen-
und U-Bahn-Klimatologie

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Killing, Michael Kögel, M. Eng., Dipl.-Ing. (FH) Michael Buschbacher
Fakultät Bauingenieurwesen
TH Nürnberg

Zusammenfassung



Abbildung 1: Dreidimensionale Erfassung einer Lavahöhle mittels Terrestrischem Laser Scanning TLS (links) und Structure from Motion SfM (rechts).
Foto: Michael Kögel

Vom 27.2. bis zum 12.3.2020 hatten fünf Studierende des Bachelorstudienganges Bauingenieurwesen Gelegenheit, an einem interdisziplinären Projektseminar mit 15 Studierenden des Studienganges Geographie der Ruhr Universität Bochum (RUB) auf Big Island, Hawaii, teilzunehmen. Im Jahr 2017 wurden dort bereits im Rahmen eines gemeinsamen Projektseminars Höhlensysteme durch Kombination der Aufnahmetechniken Terrestrisches Laserscanning (TLS) und Luftbildphotogrammetrie/Structure from Motion (SfM) dreidimensional erfasst, um lokale Höhlenüberdeckungen der Lavadecke zu ermitteln. Nun wurde ein weiteres Höhlensystem (Maelstrom) vermessen, in dem klimatologische und biologische Fragestellungen beantwortet werden sollen. Ergänzend zu den Aufnahmetechniken aus dem vorherigen Forschungsaufenthalt wurden von den Studierenden diesmal auch lokale Bereiche innerhalb der Höhle photogrammetrisch erfasst und mit den Laserscandaten kombiniert, wodurch die Mikrobiologie an der Wandoberfläche optisch aufgenommen wurde. In Kombination mit den klimatologischen Messungen der Geographen soll auf diese Weise ein Gesamtmodell entstehen, durch welches biologische Prozesse innerhalb der Höhle erklärt werden können. Die Ergebnisse des Lehrforschungsprojektes werden in Kooperation mit den beteiligten Hochschulen und der University of New Mexico im Rahmen von internationalen Publikationen veröffentlicht

1. Projektdaten

Fördersumme	8.500 Euro
Laufzeit	Februar bis Dezember 2020
Fakultät	Bauingenieurwesen
Projektleitung	Prof. Dipl.-Ing. Werner Krick
Projektteam	Dipl.-Ing. (FH) Michael Buschbacher (EDV), Dipl.-Ing. (FH) Thomas Killing (Photogrammetrie), Michael Kögel, M. Eng. (Laserscanning)
Kontaktdaten	thomas.killing@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Prof. Dr. Andreas Pflitsch, Leiter der Arbeitsgruppe Höhlen- und U-Bahn-Klimatologie an der RUB, betreibt auf Big Island, Hawaii, das Akeakamai-Forschungscamp. In verschiedenen Lavahöhlen mit fest installierten Klimasensoren werden grundlegende Daten zur Höhlenklimatologie erfasst und analysiert. Bereits im Jahr 2017 hatten vier Studierende der Fakultät Bauingenieurwesen zusammen mit Prof. Dipl.-Ing. W. Krick und Dipl.-Ing. (TH) T. Killing im Rahmen eines Lehrforschungsprojektes Gelegenheit, an einem gemeinsamen Projektseminar auf Hawaii teilzunehmen. Aufbauend auf die dabei gesammelten, äußerst positiven Erfahrungen der interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen Studierenden des Bauingenieurwesens und der Geographie, sollten in diesem Projekt weiterführende Fragestellungen bearbeitet werden.

In manchen Lavahöhlen befinden sich sogenannte Biomatten (lava tube microbial mats) an den Höhlenwänden, aus denen u. a. Grundstoffe für Medikamente gewonnen werden. Die Biologin Prof. Dr. Diana E. Northup von der University of New Mexico, Expertin für den Mikробenbewuchs in Höhlen, stellte nach Sichtung der beim letzten Projektseminar entstandenen 3D-Raummodelle die Anfrage auf weiterführende Untersuchungen. Das Ziel sollte es dieses Mal sein, mit den im Lehrforschungsprojekt 2017 von den Studierenden der TH Nürnberg entwickelten Vermessungsmethoden eine genaue, dreidimensionale Kartographierung der Biomatten vorzunehmen. Dieses wurde nun im Rahmen eines zweiten interdisziplinären Projektseminars gemeinsam untersucht.

Aus den Untersuchungen sollte ein räumliches Höhlenmodell erzeugt werden, welches die Biomatten visuell erkennbar darstellt. Terrestrisches Laserscanning erzeugt eine dreidimensionale Punktwolke, indem die Umgebung mit einem Laserstrahl hochfrequent abgetastet wird. In einem zweiten Arbeitsschritt können manche Scanner den abgetasteten Bereich zusätzlich abfotografieren. Aus der Punktwolke und den aufgenommenen Bildern können dann mithilfe der Auswertungssoftware fotorealistische Darstellungen des gescannten Bereiches angefertigt werden.

Da der Laserscanner in den Höhlen jedoch bei völliger Dunkelheit arbeiten musste und ein großräumiges Ausleuchten der Höhlen nicht möglich war, konnte die Fotofunktion des Scanners nicht genutzt werden.

Hier sollten die Studierenden nun versuchen, mithilfe einer handgeführten Spiegelreflexkamera und mobiler LED-Panelstrahler überlappende Bilderserien, sogenannte Bildblöcke, zu erzeugen, aus denen dann photogrammetrisch farbige Punktwolken der Biomatten erzeugt werden. Die so erzeugten Punktwolken sollten dann mit den Punktwolken des Laserscanners zusammengeführt werden.

Diese Aufgabe war eine der primären Herausforderungen des Projektseminars 2020.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Studierende des Bauingenieurwesens (BI) sind in ihrem Studium in erster Linie planend, kalkulierend und bemessend tätig. Durch das Lehrforschungsprojekt und die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Studierenden der Geographie, die während ihres Studiums überwiegend forschend tätig sind, bekamen die teilnehmenden Studierenden der TH Nürnberg die Gelegenheit, an wissenschaftliches Arbeiten herangeführt zu werden. Im Gegenzug dazu lernten die Geograph*innen verschiedene Arbeitsweisen und Vermessungsmethoden der Ingenieur*innen kennen. Sowohl der fachliche als auch der persönliche Austausch zwischen den Studierenden der unterschiedlichen Studienrichtungen bereicherte stets die Zusammenarbeit.

An der Fakultät Bauingenieurwesen gibt es zur Förderung wissenschaftlichen Arbeitens seit vielen Jahren die Studentische Forschungsgruppe STUFO. In Form eines ab dem 3. Semester regelmäßig angebotenen Wahlfaches können Studierende unterschiedlichste Laborprojekte eigenständig bearbeiten. Auch die gewonnenen Daten aus diesem Forschungsprojekt sollten im Rahmen eines STUFO-Projektes ausgewertet werden, was jedoch aufgrund der Corona-Pandemie leider kaum möglich war. Somit erfolgte die bisherige Auswertung durch die Studierenden beider Hochschulen, die am Projektseminar teilgenommen haben, in Abstimmung mit den Projektteams.

Vorbereitung:

Das Wahlfach „3D Gelände- und Gebäudeaufnahme mittels luftbildgestützter Photogrammetrie und Laserscanner“ vermittelte den beteiligten BI-Studierenden bereits im Vorfeld die erforderlichen Grundlagen beider Vermessungsverfahren.

Terrestrisches Laser Scanning (TLS):

Das TLS sollte grundsätzlich in ähnlicher Weise durchgeführt werden wie bereits beim vorherigen Projektseminar. Die weiterführenden Untersuchungen erforderten allerdings die Entwicklung eines spezifischeren Konzeptes zur Zusammenführung mit den Daten aus der Nahbereichsphotogrammetrie. In diesem Zuge wurden, in Vorbereitung zu den Aufnahmen vor Ort, unterschiedliche Referenzierungsmöglichkeiten der Daten diskutiert und untersucht.

Structure from Motion:

■ **Luftbildphotogrammetrie:**

Im Bereich der Luftbildphotogrammetrie wurde ein großer Wissenszuwachs im letzten Projektseminar gewonnen. Zur Verbesserung der photogrammetrischen Bearbeitungsprozesse wurden die erforderlichen Schachbrettmarker (Ground Control Points, GCP) in ihrer Größe und ihrer farblichen Markierung modifiziert. Durch die extreme Helligkeit bei Tageslicht kam es bei den bisher verwendeten schwarz-weißen GCP häufig zu Überbelichtungen. Schwarz-grüne und schwarz-rote GCP sind noch aus Höhen von über 50 m sehr gut zu erkennen, weshalb diese dann im zweiten Projektseminar eingesetzt wurden.

■ **Nahbereichsphotogrammetrie:**

Eine photogrammetrische Aufnahme im Inneren einer Lavahöhle wurde von den Teilnehmern bisher noch nicht durchgeführt. Die Aufnahme erfolgte mit Spiegelreflexkameras. Neben einer guten und schattenfreien Ausleuchtung der Fotos musste auch eine große Tiefenschärfe erreicht werden, um die Wandoberflächen detailliert und mit minimierter Verzerrung/Unschärfe darstellen zu können. Hierfür haben sich die Studierenden im Vorfeld mit den Kameras vertraut gemacht und die Zusammenhänge zwischen Blendenöffnung und erreichbarer Tiefenschärfe untersucht. Ebenso musste sichergestellt werden, dass je nach aufzunehmender Oberfläche das geeignete Fokussierverfahren gewählt wurde. Nicht immer führt ein Autofokus sicher zu scharfen Fotos. Auch das wurde im Vorfeld ausgiebig untersucht.

Zur Ausleuchtung wurden zwei lichtstarke LED-Flächenleuchten mit jeweils 5.500 Lux maximaler Lichtintensität und einer Farbtemperatur von 5.500 Kelvin verwendet, welche eine neutrale Farbwiedergabe der Biomatten gewährleisten. Wichtig war, dass die Leuchtpaneele autark mit Akkus betrieben werden konnten.

Flug-Genehmigungen: Da der Kopter für die Luftbildphotogrammetrie im Luftraum der USA eingesetzt wurde, mussten einige rechtliche Punkte bereits vor der Beantragung dieses Forschungsprojektes mit der FAA (Federal Aviation Administration) geklärt werden. Seit dem letzten Projektseminar hatten sich die Regelungen für Vermessungsflüge mit sogenannten „Unmanned Aerial Systems“ (UAS) deutlich verschärft. Da das Projektteam die Flüge wieder im Rahmen der Studentenausbildung durchführen wollte, stufte die FAA den Einsatz erneut kulant als „Foreign Educational Use“ ein. Somit waren die Befliegungen auf Hawaii auch ohne Drohnenführerschein möglich.

Durchführung: Höhlen- und Geländevermessungen

Die Geometrie der Höhle wurde mit einem FARO Focus 3D 120 Laserscanner vermessen. Als optisches Gerät kann ein Scanner immer nur die Bereiche erfassen, die ein Betrachter vom selben Standort aus auch sehen würde. Das bedeutet, der Scanner muss zum Aufnehmen der vollständigen Geometrie häufig umgesetzt werden. Es sind also viele Einzelscans erforderlich, die anschließend numerisch zu einem Gesamtmodell zusammengesetzt werden. Damit die Einzelscans bei der Modellerstellung lagerichtig zueinander stationiert werden können, werden Referenzkugeln verwendet, die über den Erfassungsbereich eines Einzelscans verteilt angeordnet und mit gescannt werden. Versetzt man dann den Scanner an seinen nächsten Standpunkt, müssen mindes-

tens drei Referenzkugeln am alten Standort verbleiben, die restlichen werden um die neue Laserposition herum verteilt. Die drei verbleibenden Kugeln müssen so gewählt werden, dass sie vom neuen Standort aus miterfasst werden können. Im freien Gelände reichen in der Regel fünf bis sechs Referenzkugeln für einen reibungslosen Scanablauf aus. Im Projektseminar 2017 hatte sich gezeigt, dass mit zehn Referenzkugeln ein schnelles und sicheres Aufnehmen der Höhlen möglich war, weshalb auch in diesem Projektseminar wieder zehn Kugeln zur Verfügung standen.

In der Maelstrom-Höhle gab es für die Studierenden jedoch eine unerwartete Herausforderung. Im Gegensatz zu den bisher gescannten Lavahöhlen war diese Höhle sehr verzweigt. Die komplexe Geometrie erforderte es, dass an einigen Knotenpunkten Referenzobjekte für mehrere Scans an einem Standort verbleiben mussten, sodass die zehn vorhandenen Kugeln nicht mehr ausgereicht hätten. Es gelang den Studierenden jedoch, vorhandene Bodenkontrollpunkte (GCP), die eigentlich für die Photogrammetrie vorgesehen waren, als Referenzpunkte zu verwenden. Kugeln haben als räumliche Objekte den Vorteil, dass man sie von jedem Standpunkt aus gleich gut und verzerrungsfrei sieht. Bodenkontrollpunkte in Form von Schachbrettmarkern sind ebene Objekte. Sie werden nur in einem begrenzten Blickwinkel erkannt. Daher war es erforderlich, die einzelnen Scannerstandpunkte in Bezug zu den GCP-Standorten vorab genau und vorausschauend zu planen.

Zusätzlich zu diesen Referenzzielen wurden verschiedene Ground Control Points in Gebieten von hohem biologischen und klimatologischen Interesse innerhalb der Maelstrom-Höhle platziert.

Diese zusätzlichen Punkte wurden verwendet, um die Daten aus der Nahbereichsphotogrammetrie mit den Ergebnissen aus dem TLS in der Auswertung zu kombinieren.

Der im Projektseminar aufgenommene Höhlenbereich wurde mit 121 Einzelscans erfasst. Jeder dieser Einzelscans bestand aus ca. 11 Millionen Messpunkten. Die zusammengesetzte Gesamtpunktwolke umfasste 1,33 Milliarden Messpunkte (ungefiltert).



Abbildung 2: Anordnung der Referenzkugeln und des 3D-Laserscanners während eines Aufnahmeprozesses. Foto: Michael Kögel



Abbildung 3: Festlegen des Scanbereiches. Foto: Michael Buschbacher

An lokalen Oberflächen im Inneren der Höhle konnten bei früheren Untersuchungen sowohl visuell als auch durch Labortests unterschiedliche mikrobiologische Organismen festgestellt werden. Das Vorkommen solcher Organismen konnte durch unterschiedliche Farbgebung an den Wandoberflächen identifiziert werden. Im Rahmen dieser Untersuchungen sollte geprüft werden, ob durch photogrammetrische Aufnahmen diese Farbinformationen im Inneren der Höhle erkennbar sind. Dazu wurden lokale Bereiche mit einer Spiegelreflexkamera fotografisch aufgenommen. Ähnlich wie bereits bei der luftbildgestützten Aufnahme der Geländeoberfläche wurde auf eine bereichsweise Überlappung der Aufnahmen geachtet, die durch zusätzliche externe Belichtungsquellen auszuleuchten waren. Die Beleuchtung der Höhlenwände und die Fotoaufnahmen erfolgten so, dass die Lichtquelle und das Kameraobjektiv in etwa dieselbe räumliche Ausrichtung besaßen. Auf diese Weise wurde die Schattenbildung an der Höhlenwandung, welche das Endergebnis negativ beeinflussen kann, minimiert. Insgesamt entstanden hierfür rund 2.000 Fotoaufnahmen.



Abbildung 4: Photogrammetrische Erfassung der Wandoberfläche
Beleuchtung mit einer 5.500-K-LED-Flächenleuchte. Foto: Thomas Killing



Abbildung 5: Eine Studentin der RUB erfasst Mikroorganismen an der
Wandoberfläche durch Farbvergleich. Foto: Michael Kögel

Das Gelände über der Höhle wurde mit einer handelsüblichen DJI-Phantom-4-Drohne der RUB befliegen, da die speziellen Vermessungsdrohnen der Fakultät BI, die sich über Real Time Kinematik (RTK: Positionskorrekturdaten über Funkverbindung) mit einer Genauigkeit von 2 bis 3 cm positionieren können, nur mit europäischen Frequenzbändern arbeiten und daher die amerikanischen RTK-Korrekturdaten nicht empfangen konnten. Die Befliegung erfolgte wie bereits im letzten Projekt autonom unter Verwendung der Ground-Station-Pro-Software von DJI. Der Bereich wurde in zwei Flügen kreuzweise in unterschiedlicher Höhe befliegen, da eine Georeferenzierung mit eingemessenen Kontrollpunkten nicht möglich war. Um die Punktwolke aus der Befliegung mit der Punktwolke aus dem TLS verbinden zu können, wurden im Eingangsbereich der Höhle vier GCP ausgelegt, die sowohl von der Drohne als auch vom Scanner aufgenommen wurden. Bei der Befliegung entstanden 608 Fotos, aus denen eine 3D-Punktwolke des Geländes mit 630 Millionen Punkten berechnet wurde.



Abbildung 6: Phantom 4 mit einer 20-MP-Kamera und einem 1 Zoll großen
Fotosensor. Foto: Thomas Killing



Abbildung 7: Luftaufnahme des Eingangsbereiches mit ausgelegten
Ground Control Points. Foto: Thomas Killing

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

TLS

Die Laserscans der einzelnen Höhlenabschnitte wurden mit FARO Scene zu einer Gesamtpunktwolke zusammengeführt. Als Verbesserung des bisherigen Verfahrens hat sich der Einsatz eines elektronischen Filters herausgestellt, der bei jedem Einzelscan Punkte mit mehr als 20 m Abstand vom jeweiligen Scannerstandort herausfiltert. Hierdurch konnte das Datenrauschen aufgrund sich überlappender Messungen deutlich reduziert werden. Verschiedene Filterabstände sind untersucht worden. Für die sich in den Höhlen ergebenden Abstände der einzelnen Scannerpositionen lieferte ein Filterabstand von 20 m die besten Resultate. Die finale, gefilterte Gesamtpunktwolke der Höhle umfasste 1,22 Milliarden Punkte.

Luftbild- und Nahbereichsphotogrammetrie

Bei der Photogrammetrie muss die Punktwolke zunächst aus den einzelnen Fotos berechnet werden. Hierzu wurde Agisoft Metashape verwendet. Als Nachfolgesoftware der bewährten Agisoft- PhotoscanPro-Software ermöglicht sie eine deutlich schnellere Verarbeitung auch einer größeren Anzahl von Fotos. In hoher Auflösung bestand die fertige Punktwolke der Geländeoberfläche aus den bereits erwähnten 630 Millionen Punkten. Um eine flüssige Darstellung und Weiterverarbeitung mit CloudCompare zu ermöglichen, musste die Punktwolke auf 151 Millionen Punkte reduziert werden.

Aus der Verarbeitung der Fotoaufnahmen im Inneren der Höhle entstanden einzelne 3D-Modelle, welche anschließend mit den TLS-Daten kombiniert wurden.

Kombination von TLS mit Photogrammetrie

Die Daten aus Photogrammetrie und TLS wurden anhand von GCP mit der Open-Source-Software CloudCompare aneinander ausgerichtet. Wie in Kapitel 3 beschrieben, wurden an der Geländeoberfläche im Bereich des Eingangs insgesamt 4 GCP platziert, welche sowohl auf den luftbildgestützten Fotoaufnahmen als auch auf den Punktwolken des TLS erkennbar waren und sich jeweils an derselben definierten Position befanden.

Das Verfahren der Photogrammetrie wird zur mathematischen Berechnung von geometrischen Größen aus Fotoaufnahmen verwendet, während beim TLS eine tatsächliche Entfernungsmessung durchgeführt wird. Durch die mathematische Berechnung können Skalierungseffekte beim errechneten 3D-Modell entstehen. Aus diesem Grund wurde die Referenzierung der photogrammetrischen Messdaten anhand der lokalen Koordinaten der GCP des Laserscanning durchgeführt.

In gleicher Weise wurde die Referenzierung der Nahbereichsphotogrammetrie-Punktwolken mit mindestens drei GCP vorgenommen. Somit ist ein Gesamtmodell auf Basis des TLS entstanden, welches sowohl die Geländeoberfläche, die Höhlengeometrie als auch die Wandtextur in lokalen Bereichen im Inneren der Höhle dreidimensional abbildet.

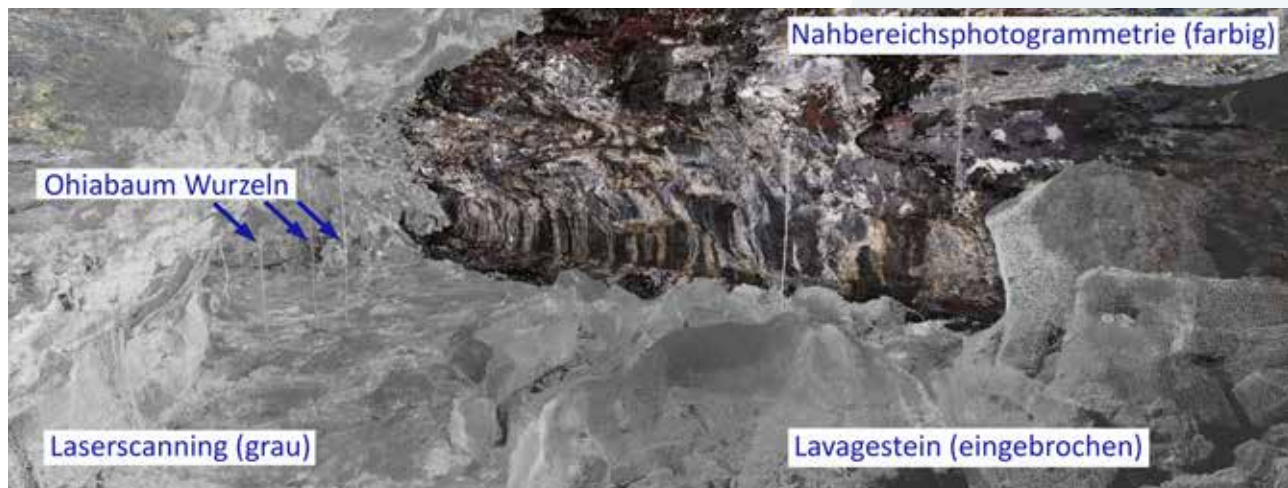
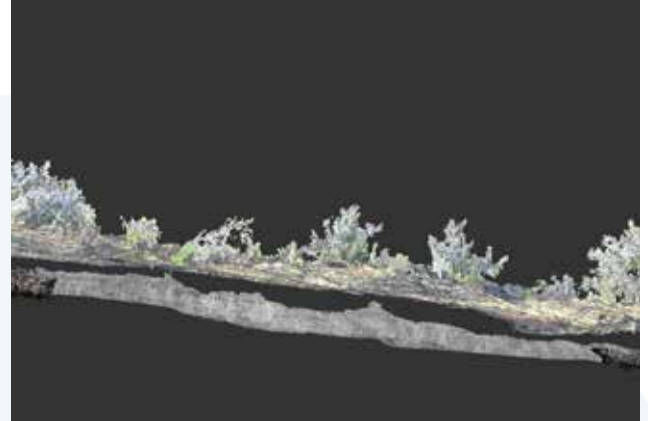
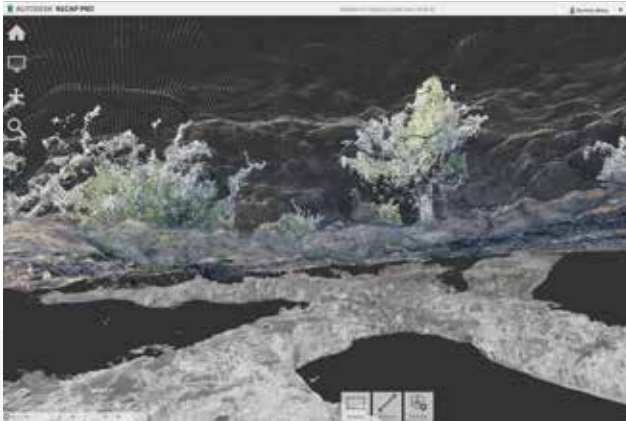


Abbildung 8: Texturiertes 3D-Modell bestehend aus Laserpunktvolke (grau) und Nahbereichspunktwolke (farbig). Foto: Michael Kögel



Abbildungen 9 und 10: Lage der Höhle unter der Geländeoberfläche. Fotos: Thomas Killing

Vorversuche mit UV-Beleuchtung

Durch Ultraviolettstrahlung ist es grundsätzlich möglich, Abstrahlung von sichtbarem Licht (Fluoreszenz) oder ein Nachleuchten mit sichtbarem Licht (Lumineszenz) an Objekten hervorzurufen. Die Wirkung auf gewisse Substanzen und Organismen variiert dabei stark und ist unter anderem vom Lichtspektrum des Leuchtmittels abhängig. Durch diese Methodik ist es möglich, das Vorhandensein von Mikroorganismen, welche teilweise für das menschliche Auge nicht sichtbar sind, visuell erfassbar zu machen. Für künftige Untersuchungen sollte während der Datenaufnahme geprüft werden, ob die photogrammetrische Verarbeitung von mit UV-Licht beleuchteten Bereichen grundsätzlich möglich ist. In einem orientierenden Test wurde ein circa 10 m² großer Wandbereich in der Maelstrom-Höhle, analog zur Vorgehensweise beim Ausleuchten mit herkömmlichem Lichtspektrum, diesmal mit UV-Ausleuchtung erfasst. Da das intensive Beleuchten mit UV-Licht zur Zerstörung mancher Mikroorganismen führen kann, wurde der bestrahlte Bereich entsprechend so gewählt, dass eine Zerstörungswirkung von Mikroorganismen weitestgehend ausgeschlossen werden konnte. Die Fotoaufnahmen des Wandbereiches konnten photogrammetrisch zu einer 3D-Punktwolke verarbeitet werden. Anhand der Aufnahmen wurde außerdem eine Textur der Oberfläche generiert, welche mit den 3D-Informationen überlagert wurde.



Abbildung 11: Photogrammetrische Erfassung der Wandoberfläche Beleuchtung mit einem LED-UV-Strahler. Foto: Thomas Killing

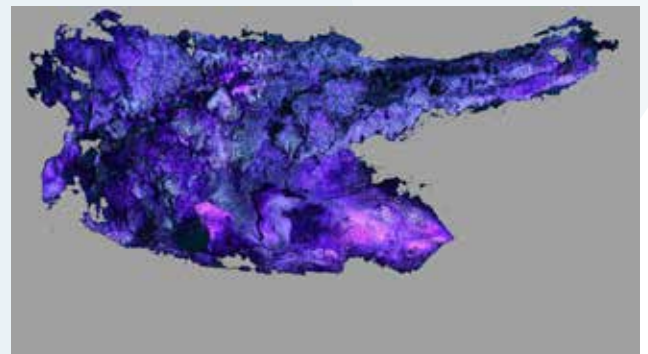


Abbildung 12: Texturiertes 3D-Modell des UV-beleuchteten Testfeldes. Foto: Michael Kögel

Durch fehlende Referenzpunkte konnte eine Referenzierung anhand der Laserscandaten und damit eine Validierung der geometrischen Größen nicht stattfinden. Allerdings wurde das Potenzial zur Verwendung von ultraviolettem Licht in Verbindung mit photogrammetrischen Prozessen bei diesen Untersuchungen ersichtlich, weshalb diese Thematik in weiteren Forschungsthemen behandelt werden soll.

Verwertung:

Das angestrebte Raummodell der Maelstrom-Höhle ist erst ansatzweise fertiggestellt und dient nun als Basis für weitere Abschlussarbeiten und zukünftige Projekte innerhalb der STUFO. Es wird fortlaufend erweitert. So beschäftigt sich eine Studentin der RUB und ein Doktorand von Prof. Dr. Diana E. Nortup mit der Kartierung der Biomatten, die dann in das Modell implementiert werden soll. Eine weitere

Studentin der RUB schreibt in Zusammenarbeit mit der Fakultät BI ihre Masterarbeit mit dem Ziel, die entstandenen Punktwolken in ein 3D-Modell zu überführen, in dem dreidimensionale hydronumerische Untersuchungen durchgeführt werden können. Dabei sollen verschiedene Randbedingungen im Rahmen von Strömungssimulationen mit Luft getestet werden. Diese Untersuchungen liefern wertvolle Informationen, die auch der Fakultät BI im Bereich des Wasserbaus von großem Nutzen sind.

Im Rahmen dieser Arbeiten finden regelmäßige Zoom-Konferenzen aller Beteiligten mit Prof. Dr. Northup und ihrem Doktoranden statt, in denen das Modell kontinuierlich weiterentwickelt wird.

Ein Student der Fakultät BI nutzt die im Projektseminar gemachten Erfahrungen für seine eigene Bachelorarbeit, indem er mit Unterstützung des Institutes für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TH Nürnberg (IWWN) ein Entlastungsbauwerk im Bereich des Wasserbaus mit TLS und SfM aufnimmt und die Resultate mit herkömmlicher Tachymetrie verifiziert.

5. Fazit und Ausblick

In diesem Lehrforschungsprojekt hat sich erneut gezeigt, wie wertvoll und bereichernd eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen zwei völlig verschiedenen Fachrichtungen wie Bauingenieurwesen und Geographie sein kann. Beide Fachrichtungen benutzten mitunter völlig verschiedene Ansätze zur Lösung auftretender Probleme, die sich aber teilweise ideal ergänzten.

Im Rahmen des gemeinsamen Projektseminars konnten Studierende auch eigene Projektideen bearbeiten. So nutzten zwei Geographiestudentinnen die Möglichkeit der Luftbildphotogrammetrie, um die Entwicklung und Verbreitung der Vegetation auf den verschiedenen Lava-Arten zu untersuchen.

Zwei weitere Studentinnen untersuchten, warum genau an einem Strand auf Big Island große Mengen von Plastikmüll angeschwemmt wurden, an Stränden in seiner unmittelbaren Umgebung jedoch nicht. Auch sie nutzten das Structure-from-Motion-Verfahren, um die exakte Topografie des Strandbereiches zu erfassen. Zusätzlich filmte eine BI-Studentin den Strandbereich mit ihrer Drohne, um die vorhandene Brandung und Wasserströmungen genauer zu analysieren, indem Bewegungen der aufgenommenen, im Wasser schwimmenden Plastikteilchen verfolgt wurden.

Im Bereich des Bauingenieurwesens gewinnt die Gebäude- und Geländeaufnahme mit den Verfahren TLS und SfM immer mehr an Bedeutung. Da in diesem Projektseminar beide Verfahren unter schwierigsten Bedingungen getestet und angewendet wurden, sammelten sowohl die teilnehmenden Studierenden als auch das betreuende Projektteam wertvolle Erfahrungen, die durch die anschließende Aufbereitung und Auswertung der Daten noch vertieft wurden.

Da die Teilnehmer vor Ort ständig mit neu auftretenden Herausforderungen konfrontiert wurden, lernten sie, selbstständig kreative Lösungen zu finden und anzuwenden.

Die so gewonnenen Erkenntnisse fließen sowohl in die Lehre als auch in weitere Forschungsprojekte mit ein. Ein Video des entstandenen Raummodells kann durch Scannen des QR-Codes oder über folgenden Link betrachtet werden: <https://vimeo.com/508420112>

Zum Anschauen benötigen Sie das Kennwort: Hawaii

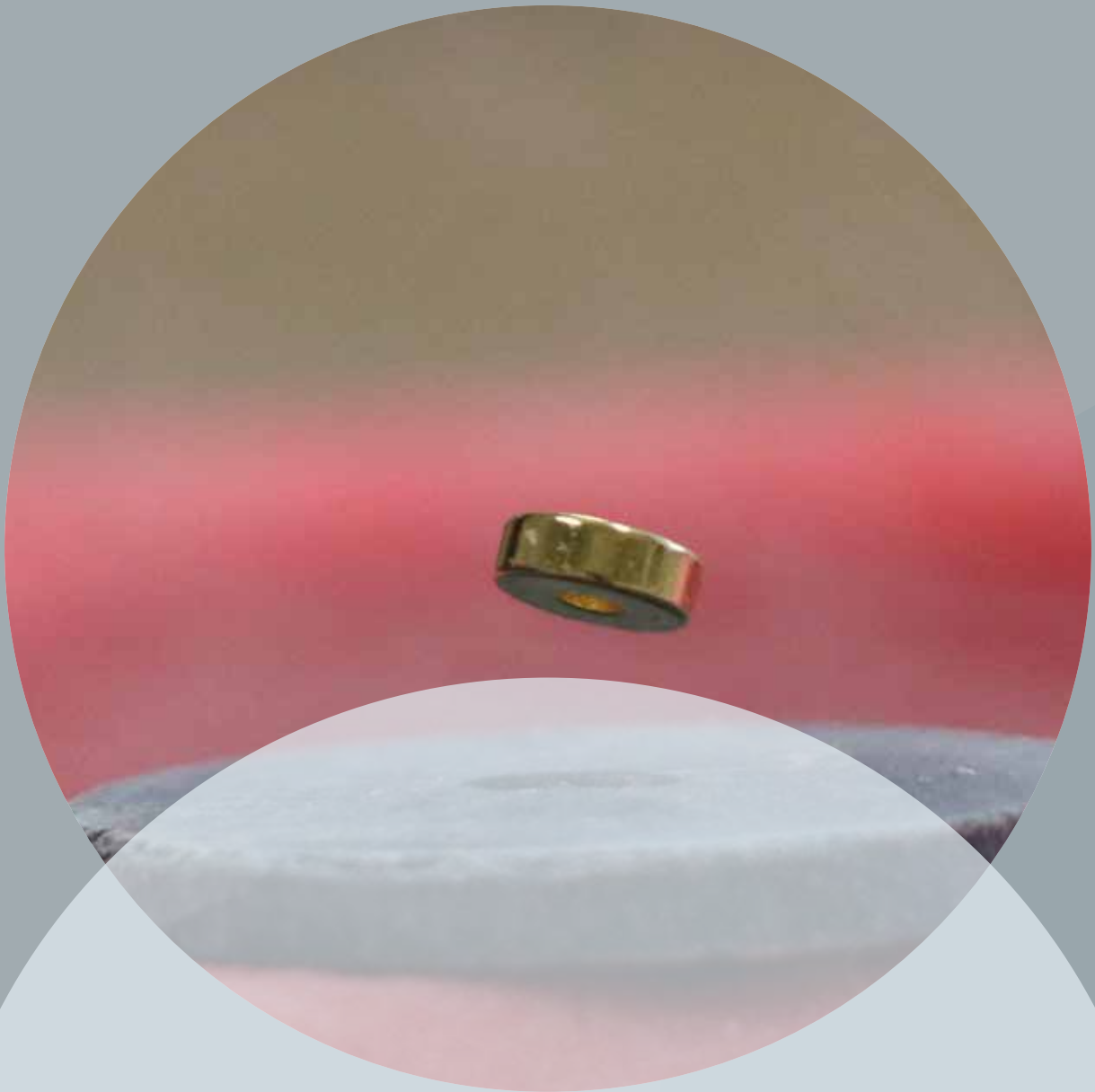




Abbildung 13: Prof. Dr. Diana E. Northup (University of New Mexico) untersucht mit der Studentin Linda Treier (RUB) den Mikobenbewuchs.
Foto: Michael Kögel



Abbildung 14: Das Team der TH Nürnberg (v. links): Dipl.-Ing. (FH) Thomas Killing, Achilles Kynatidis, Julian Falkner, Valentin Ott, Michael Kögel, M. Eng., Simon Regler, Helena Angerer, Dipl.-Ing. (FH) Michael Buschbacher. Foto: Team TH Nürnberg



Supraleitende Eisenbahn

Prof. Dr. Hannes Kühl
Fakultät Werkstofftechnik
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Ziel des Projektes war der Aufbau einer supraleitenden Eisenbahn auf Grundlage des Meißner-Ochsenfeld-Effektes. Dabei wird ein Magnetfeld aus dem Inneren eines Supraleiters verdrängt, wodurch ein Supraleiter über einem Magneten schwebt. Voraussetzung ist jedoch, dass der Supraleiter hierfür sehr stark gekühlt werden muss, sodass die sog. Sprungtemperatur (-181 °C) des Supraleiters unterschritten wird. Da die Aufgabe ursprünglich von mehreren Studierenden im Rahmen einer Präsenzveranstaltung im Sommersemester 2020 hätte durchgeführt werden sollen, was pandemiebedingt nicht möglich war, wurde die Thematik als Bachelorarbeiten an Studierende der Fakultät WT im Wintersemester 20/21 vergeben.

Die Aufgabe bestand zunächst darin, einen Supraleiter aus dem keramischen Material $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ zu synthetisieren und als Tablette zu formen. Gleichzeitig wurde eine Magnetschiene konzipiert, auf der der Supraleiter später schweben sollte. Außerdem wurde mittels 3D-Druck ein Kunststoff-Zug hergestellt, der mittels flüssigen Stickstoffs befüllt und in den die supraleitende Tablette gelegt wurde. Als erfolgreiches Endresultat schwebte der gesamte tiefgekühlte Zug mit Supraleitertablette im Inneren über die Magnetschiene. Dies wurde u. a. auf Video festgehalten und soll künftig als Werbefilm für die Fakultät Werkstofftechnik dienen.

1. Projektdaten

Fördersumme	6.300 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2020
Fakultät	Werkstofftechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Hannes Kühl
Kontaktdaten	hannes.kuehl@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Supraleitende Werkstoffe zeichnen sich durch zwei herausragende Eigenschaften aus: Unterhalb einer materialspezifischen Temperatur, der sog. Sprungtemperatur, verlieren diese Werkstoffe ihren Widerstand vollständig. Das heißt, dass Strom verlustfrei geleitet werden kann. Außerdem wird ein Magnetfeld aus dem Inneren des Werkstoffs vollständig verdrängt. Diese Eigenschaft kann man sich zum Beispiel bei Magnetschwebbahnen zunutze machen. Der wesentliche Nachteil dieser Technik ist jedoch die Tatsache, dass die Sprungtemperatur, unterhalb der diese Effekte zum Tragen kommen, extrem niedrig ist. Bei vielen Supraleitern liegt diese Temperatur bei wenigen Kelvin, bei keramischen Supraleitern, wie dem Material $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$, immerhin bei 92 K (-181 °C). Diese niedrige Temperatur kann durch Kühlung mit flüssigem Stickstoff erreicht werden.

Ziel dieses Projektes war die Konzipierung einer Schwebbahn auf Basis der Supraleitung. Hierfür mussten drei Unterthemen bearbeitet werden: zunächst die Synthese und Herstellung des supraleitenden Materials. Zweitens der Aufbau der Magnetschiene, über die der supraleitende Zug schweben soll, und drittens die Herstellung des Zuges, der mittels 3D-Druck aus Kunststoff hergestellt werden soll. Das Endresultat sollte ein spektakulärer

Demonstrator in Form einer Schwebebahn, bestehend aus einem mit flüssigem Stickstoff gekühlten Zug und einer ringförmigen Magnetschiene, sein, der z. B. für Werbezwecke (Lange Nacht der Wissenschaften, Schülerbesuche, Werbefilme) der Fakultät Werkstofftechnik dienen soll.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Ursprünglich war geplant, das Projekt im Rahmen der Lehrveranstaltung „Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten“ von einer größeren Studierendengruppe bearbeiten zu lassen. Diese Veranstaltung wird seit mehreren Jahren in der Fakultät Werkstofftechnik angeboten, um Studierende den Einstieg in die wissenschaftsbasierte Forschungstätigkeit zu vermitteln. Aufgrund der Corona-Pandemie konnte dieses Wahlpflichtfach im Sommersemester 2020 leider nicht angeboten werden und es musste kurzfristig umgeplant werden. Deshalb wurde die Thematik im Rahmen von Bachelorarbeiten im Wintersemester 2020/21 in den Laboren der Fakultät Werkstofftechnik bearbeitet. Dabei wurden die Studierenden intensiv von Prof. Dr. Kühl betreut.

In einem ersten Schritt musste das supraleitende Material $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ synthetisiert und zu einer keramischen Tablette gepresst und gesintert werden. Die Funktion der Schwebebahn basiert darauf, dass ein Magnetfeld aus dem Inneren des Supraleiters verdrängt wird. Senkt man den stark gekühlten Supraleiter über einem Magneten ab, wird er über diesem schweben, da das Magnetfeld nicht in den Supraleiter eindringen kann (sog. Meißner-Ochsenfeld-Effekt, siehe Abbildung 1). Übersteigt die Temperatur jedoch die Sprungtemperatur des Supraleiters von -181 °C , so bricht dieser Effekt zusammen und der Supraleiter schwebt nicht mehr über dem Magneten, da das Magnetfeld nun in den Supraleiter eindringen kann. Die Voraussetzung ist daher, dass es einer ständigen Kühlung des Supraleiters mit flüssigem Stickstoff bedarf, sodass der Supraleiter dauerhaft über dem Magneten schweben kann. Daher war das Ziel, den Supraleiter in einen Behälter in Form eines Zuges zu legen, den man mit flüssigem Stickstoff füllen kann. Dieser Zug sollte mittels 3D-Druck selbst hergestellt werden. Ein weiterer Schritt war die Auswahl geeigneter Magneten und der Aufbau der Magnetschiene.

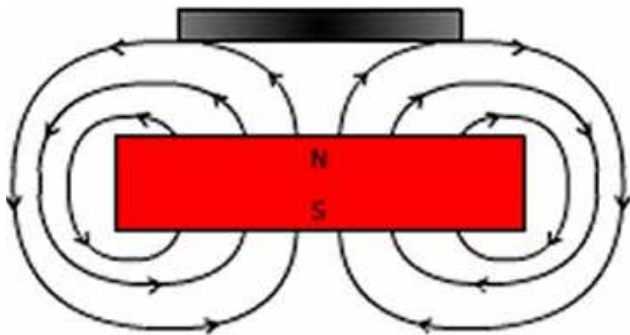


Abbildung 1: Supraleiter (schwarz) schwebt über einem Magneten (rot): Meißner-Ochsenfeld-Effekt [1]. Grafik: Mertkan Özcan

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Der Supraleiter wurde von einem Bacheloranden aus den Ausgangsrohstoffen Y_2O_3 , BaCO_3 und CuO im sog. Mixed-Oxide-Verfahren synthetisiert. Dabei wurden alle drei Rohstoffe im stöchiometrisch passenden Verhältnis miteinander vermischt und bei 900 °C kalziniert. Anschließend wurde das so hergestellte Pulver fein aufgemahlen, zu einer Tablette mit ca. 30-mm-Durchmesser gepresst und erneut gesintert. Die supraleitende Phase stellte sich mit einem Temperschnitt bei 600 °C ein.

Parallel dazu bestellte der Bachelorand verschiedene Magneten aus unterschiedlichen Magnetwerkstoffen und in unterschiedlichen Formen, um die Schwebewirkung mit dem hergestellten Supraleiter zu testen. Dabei kamen ferritische Magneten, AlNiCo , SmCo und NdFeB , zum Einsatz. Die mit Abstand beste Schwebewirkung wurde bei den Neodym-Magneten erzielt. Um eine komplette ringförmige Magnetschiene aufzubauen, wurden ca. 150 Magneten dieses Typs in der Größe $40 \times 20 \times 5\text{ mm}^3$ (L x B x H) gekauft und ringförmig angeordnet. Um ein Schweben über die gesamte Magnetschiene ohne Entgleisen in den Kurven zu gewährleisten, war es wich-

tig, die Magneten wie folgt anzuordnen: Es müssen 3 Magneten nebeneinander mit der nach oben gerichteten Polung N – S – N angeordnet werden, wobei die Magneten der Länge nach (also in Fahrtrichtung) die Polung nicht wechseln dürfen. Das heißt, dass die innere Magnetreihe stets nach oben mit dem Südpol liegen muss. Das ist nicht trivial, da so gleich gepolte Magneten direkt nebeneinanderliegen müssen. Diese Schwierigkeit, die vorher nicht beachtet wurde, konnte gelöst werden, indem der gesamte Aufbau vom Studierenden auf einer Stahlplatte aufgebaut wurde, was die relativ dichte Anordnung der Magnete nebeneinander ermöglichte. Abbildung 2 zeigt eine Skizze der Magnetschiene in Drauf- und Seitenansicht, Abbildung 3 die realisierte Magnetschiene in Realität.

Außerdem wurde mittels 3D-Druck der Zugkörper aus Kunststoff gedruckt. Der Körper dient einerseits dazu, den Supraleiter im Inneren aufzunehmen, und andererseits, die langfristige Kühlung mit flüssigem Stickstoff zu ermöglichen, da der Behälter als Stickstoffreservoir dient. Auch dieses Thema stellte sich als nicht trivial heraus, da es durch die starke Kühlung zu einem massiven Verzug des Kunststoffkörpers kam und Risse in der Wand vermieden werden mussten, sodass kein Stickstoff auslaufen konnte. Durch geschickte Konstruktion des Behälters und Auswahl eines geeigneten Kunststoff-Materials konnte auch dieses Problem vom Studierenden erfolgreich gelöst werden.

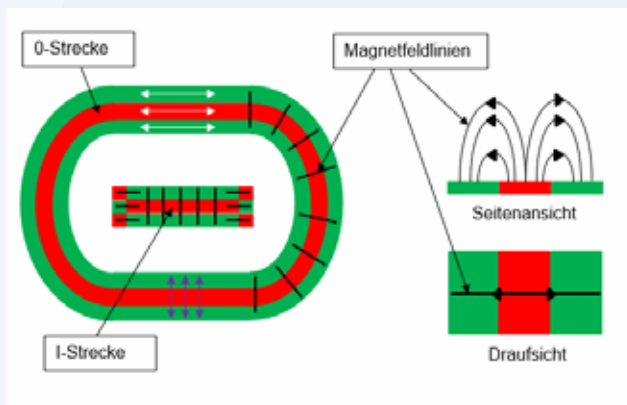


Abbildung 2: Ringförmige Magnetschiene (links); Seitenansicht und Draufsicht (rechts). Grafik: Mertkan Özcan



Abbildung 3: Ringförmige Magnetschiene auf Metallplatte. Foto: Mertkan Özcan

Ein Problem konnte jedoch nicht gelöst werden: Der selbst, mit dem oben genannten Verfahren hergestellte Supraleiter zeigte leider nur eine zu geringe Schwebewirkung (Abbildung 4). Das hatte zur Folge, dass der Supraleiter nicht in der Lage war, den mit flüssigem Stickstoff gefüllten Zug in ausreichender Höhe über der Magnetschiene zu halten. Eine intensive Literaturrecherche ergab, dass dies daran lag, dass der selbst hergestellte Supraleiter polykristallin aufgebaut ist, wodurch die Magnetfeldverdrängung im Inneren nicht optimal ist. Die Lösung war die, einen Supraleiter mit einer gerichteten Struktur (ähnlich einem Einkristall) zu kaufen. Leider konnte ein derartiger

Supraleiter nicht selbst hergestellt werden, da die Herstellung extrem aufwendig ist und die Ausrüstung dafür in der Fakultät Werkstofftechnik nicht vorhanden ist. Abbildung 5 zeigt den gekauften Supraleiter, der eine hervorragende Schwebewirkung zeigt.

Dieser Supraleiter wurde letztendlich in den Kunststoff-Zug eingelegt und mit flüssigem Stickstoff gefüllt (Abbildung 6). Der Zug schwebte mit einer Höhe von ca. 1 cm über der Magnetschiene und konnte durch Anstoßen vollkommen reibungsfrei über die Magnetschienen schweben. Abbildung 7 zeigt den schwebenden Zug.



Abbildung 4 und 5: selbst hergestellter polykristalliner Supraleiter (links); gekaufter, gerichteter Supraleiter (rechts). Fotos: Mertkan Özcan



Abbildung 6: Befüllen des Zuges mit flüssigem Stickstoff.
Foto: Mertkan Özcan

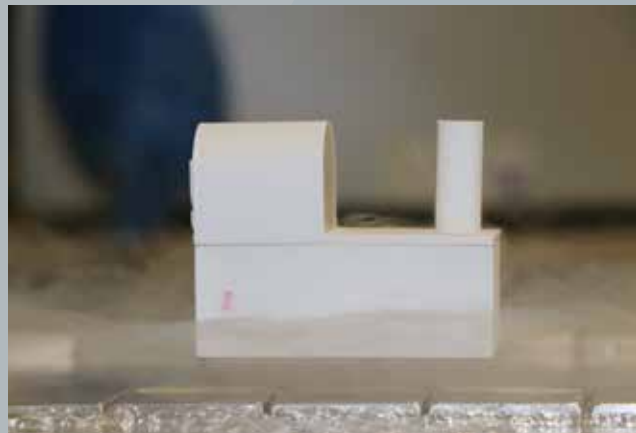


Abbildung 7: schwebender Zug über den Magnetschienen.
Foto: Mertkan Özcan

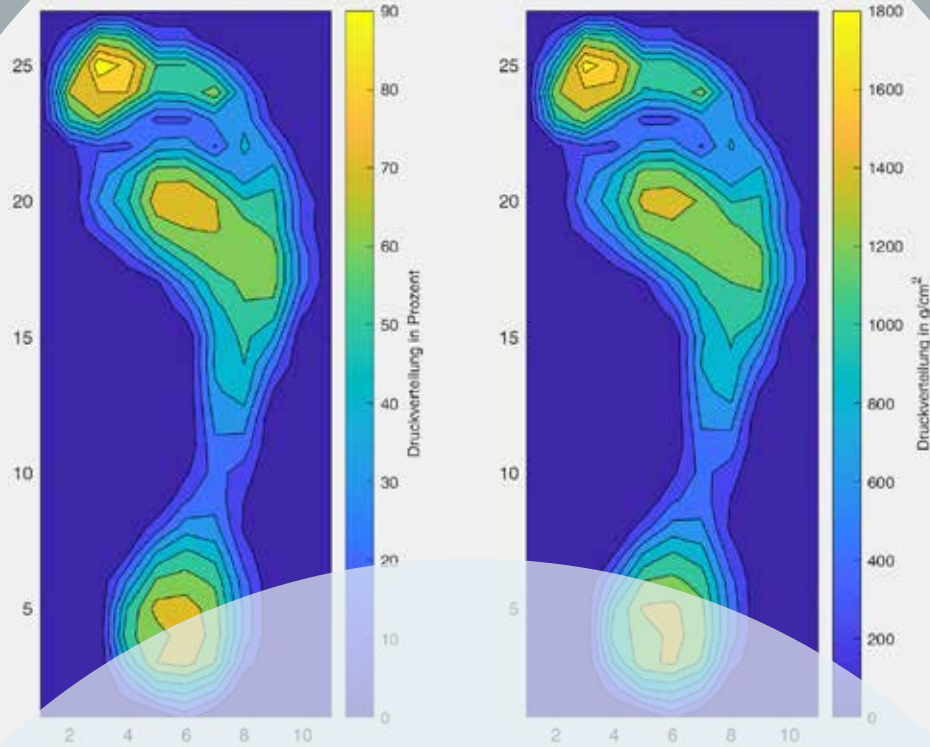
5. Fazit und Ausblick

Im Rahmen des Lehrforschungsprojektes ist es gelungen, eine Magnetschwebbahn auf Basis eines Supraleiters aufzubauen, die u. a. als Demonstrator für Werbefilme, Schülerbesuche oder die Lange Nacht der Wissenschaften dienen kann. Leider konnte das Thema pandemiebedingt nicht in der ursprünglich geplanten Veranstaltung „Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten“ mit einer Vielzahl an Studierenden umgesetzt werden. Trotzdem ist es gelungen, das Projekt sehr erfolgreich im Rahmen von Bachelorarbeiten in den Laboren der Fakultät Werkstofftechnik umzusetzen. Die dafür tätigen Studierenden waren von der Themenstellung fasziniert und haben sehr viel dazugelernt. Außerdem waren sie sehr froh, ein Thema für ihre Abschlussarbeit zu erhalten, da es pandemiebedingt in der Industrie einen Mangel an Arbeitsplätzen gab.

Im Nachgang dieses Projektes sollen professionelle Bilder sowie ein Film erstellt werden, bei dem die beteiligten Studierenden über dieses Projekt berichten werden. Der Film soll als Erfahrungsbericht aus studentischer Sicht das praktische Studium in der Fakultät Werkstofftechnik darstellen und zeigen, welche spannenden Themen man in der Fakultät Werkstofftechnik bearbeiten kann.

6. Literatur

[[1] D. Samm, Der Meißner-Ochsenfeld-Effekt, Hochschule Aachen: http://www.physik.fh-aachen.de/startseite/physik-fuer-informatik/_praktikum/supraleiter00/12/, 2020-02-09, 15.20



„Lauf-Lab“ – Simulation von Laufschuhen mit Matlab

Prof. Dr. Areti Papastavrou
Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Im Projekt wurden die Dämpfungseigenschaften von verschiedenen Laufschuhen und die Druckverteilung am Fuß durch Studierende untersucht, gemessen, grafisch dargestellt und simuliert. Das Projekt wurde sowohl im Sommersemester 2020 als auch im Wintersemester 2020/21 in das Wahlfach „Programmierung von Fragestellungen des Maschinenbaus in Matlab“ im Bachelorstudiengang Maschinenbau (6./7. Semester) eingebettet. Lernziel des Moduls ist die Fähigkeit zur Programmierung von anwendungsnahen Problemstellungen in der neu eingeführten Programmiersprache Matlab.

Im Projektverlauf setzten sich die Studierenden mit verschiedenen Laufschuhtypen auseinander, wählten Testmodelle aus und recherchierten und spezifizierten Messmöglichkeiten sowie -methoden. Nach der Anschaffung von In-Shoe-Messsohlen wurden von freiwilligen Testläufern die diskutierten und festgelegten Läufe durchgeführt sowie Daten aufgezeichnet. Diese wurden durch alle Studierenden mittels selbst programmierter Matlab-Programme ausgewertet und grafisch dargestellt. Flankierend wurde jeweils ein Lauf-Lab-Team-Shirt entworfen. Leider konnten aufgrund der COVID-Pandemie keine Laufgruppen gebildet werden. Auch die geplanten Exkursionen zu Adidas/Puma mussten entfallen. Die an der Fakultät bearbeiteten biomechanischen Forschungsprojekte wurden in einer Veranstaltung online vorgestellt.

Die Studierenden durchliefen in dem Projekt wesentliche Phasen eines Forschungsprojektes (Recherche-Beschaffung-Konzeption-Testplanung-Durchführung-Auswertung mit eigens entwickelter Software-Analyse) und absolvierten diese sehr erfolgreich.

1. Projektdaten

Fördersumme	9.950 Euro
Laufzeit	Februar bis Dezember 2020
Fakultät	Maschinenbau und Versorgungstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Areti Papastavrou
Projektteam	Ina Schmidt, M. Sc., Prof. Dr. Berthold von Großmann
Kontaktdaten	aretι.papastavrou@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Die Idee zu dem Projekt ergab sich aus dem Kontext eines Forschungsprojektes der Biomechanik an der Fakultät, in dessen Rahmen ein Simulationstool in der Programmiersprache Matlab entwickelt wird, und der Beobachtung, dass sehr viele Studierende Sportschuhe tragen und viele von ihnen diese auch für Laufsport bzw. Jogging nutzen. Es gibt eine große Vielfalt von Sportschuhen mit verschiedenen Dämpfungseigenschaften. Im Alltag sind diese sehr präsent, sei es durch eigene Benutzung oder durch Werbung. Weniger bekannt sind

vielleicht der tatsächliche Aufbau bzw. die unterschiedlichen Schichten in den Schuhen und ihre Wirkung auf den Körper, insbesondere die Muskulatur und Knochen.

In dem Lauf-Lab-Projekt kommen also verschiedenste Aspekte zusammen:

- persönliche, auch sportliche Erfahrungen mit Laufschuhen als quasi-alltägliche Anwendung,
- (bio-)mechanische Ansätze, die z. T. in anderen Lehrveranstaltungen kennengelernt wurden,
- Erlernen der Programmiersprache Matlab in der Lehrveranstaltung und
- aktuelle Forschungsthemen, wie die Simulation der Knochendichteentwicklung, bedingt durch mechanische Belastungen (Laufen).

Das Ziel des Projektes war es, die Studierenden anhand eines attraktiven Anwendungsbeispiels die wesentlichen Phasen eines Forschungsprojektes im Kontext einer Lehrveranstaltung durchlaufen und umsetzen zu lassen und dabei die Programmiersprache Matlab zu lernen und anzuwenden.



Abbildung 1: loadsol-Drucksensorsohle. Fotos: Areti Papastavrou

3. Herangehensweise und Lehrkontext

In dem Projekt „Lauf-Lab“ sollten die Dämpfungseigenschaften von Laufschuhen und die Druckverteilung am Fuß untersucht, gemessen und simuliert werden. Das Projekt war in das Wahlfach „Programmierung von Fragestellungen des Maschinenbaus in Matlab“ mit jeweils 24 eingeschriebenen Studierenden integriert. Lernziel des Wahlfaches ist die Fähigkeit zur Programmierung von anwendungsnahen und übersichtlichen Problemstellungen. Zu diesen Fragestellungen gehören z. B. Pendelbewegungen oder einfache Deformationsprobleme, welche aus der Technischen Mechanik bekannt sind. Des Weiteren sind relevante Probleme z. B. die Erfassung, Verarbeitung, statistische Auswertung und Darstellung von Messreihen oder numerische Verfahren. Dies sind Themen aus der Mathematik und Messtechnik bzw. speziellen Praktika. Darüber hinaus werden in dem Modul die Grundlagen aus der Ingenieurinformatik in eine neue Programmiersprache, Matlab, überführt und in dem Projekt auf ein alltagstaugliches Problem mit sportmedizinischem bzw. biomechanischem Hintergrund angewendet.

Die Veranstaltung wurde in beiden Semestern über Moodle und Zoom ausschließlich online gestaltet. Die Dozentin hat zu Beginn der Semester Lernvideos und Screencasts zu den Matlab-Grundlagen und Programmierübungen zur Verfügung gestellt. In wöchentlichen Live-Meetings wurden die Übungslösungsvorschläge der Studierenden ausführlich diskutiert. Zusätzlich stand während der gesamten Vorlesungszeit ein Tutor für Fragen, zur Unterstützung und gegebenenfalls Anleitung in wöchentlichen Online-Terminen bereit.

Für die einzelnen kleineren Projektteile wurden jeweils Kleingruppen gebildet. Um immer wieder neue Diskussionen anzuregen und die Vorarbeiten breit über die Gruppen zu streuen, wurden die Kleingruppen für jedes Teilprojekt neu zusammengesetzt. In den coronabedingten Online-Semestern sollte dadurch auch die Kommunikation innerhalb der Gesamtgruppe gefördert werden.

Das Projektvorhaben sollte den Teilnehmern neben den Programmierfähigkeiten in Matlab zugleich die Anwendbarkeit auf Detailprobleme des Maschinenbaus wie auch komplexere interdisziplinäre Fragestellungen aufzeigen bzw. erfahrbar machen. Insbesondere sollte der übliche Ablauf von Forschungsprojekten durchlaufen werden, von der Einarbeitung in Theorie, über Messkonzepte, Gerätebeschaffung, Datenerhebung und -auswertung hin zur Programmierung von speziellen Modellen und deren Bewertung. Diese Schritte wurden zunächst in den Kleingruppen erarbeitet und in der Gesamtgruppe diskutiert.

In einem der ersten Teilprojekte verglichen die Studierenden zunächst handelsübliche Schuhe namhafter Hersteller hinsichtlich ihrer Eigenschaften. Es war vorgesehen, ausgewählte Schuhe bezüglich ihrer Härte und Dämpfung im Labor zu testen. Dabei werden Vorkenntnisse aus der Werkstoffkunde und Messtechnik benötigt. Die Messreihen sollten mithilfe von Wissen aus der Mathematik zur statistischen Auswertung und der in der Lehrveranstaltung erlernten Matlab-Programmierfähigkeiten in einem für die Studierenden neuen Software-Tool umgesetzt, ausgewertet und in Diagrammen grafisch dargestellt werden. Aufgrund der Corona-Pandemie und der damit einhergehenden Kontaktbeschränkungen waren Arbeiten im Labor leider nicht möglich.

Ein folgendes Teilprojekt war der Messtechnik u. a. zum Erfassen von Fußdrücken gewidmet. Die Studierenden-Kleingruppen recherchierten Messmöglichkeiten, Sensorvarianten und Lösungen auf dem Markt, fassten diese zusammen und präsentierten sie einander. Im Plenum wurde eine Auswahl getroffen und schließlich das loadsol-System der Firma Novel (Abbildung 1) beschafft.

Im Folgeprojekt entwickelten die Studierenden ein passendes Messkonzept und einen zugehörigen Testplan. Drei Freiwillige probierten die ausgewählten Testschuhe (Abbildung 2) und führten in ihrer Freizeit die geplanten Testläufe auf verschiedenen Untergründen, mit verschiedenen Geschwindigkeiten und Schuhen mit den Messsohlen durch.

Zwischenzeitlich erfolgte die Programmierung eines ersten Visualisierungstools für eine statische Fußdruckmessung (Abbildung 3, links). Im nächsten Softwareprojekt wurden bereits die Auswertung und grafische Darstellung der dynamischen Messungen aus den Testläufen realisiert (Abbildung 3, rechts). Aufbauend darauf, wurde schließlich ein weiteres selbst programmiertes Tool zum Vergleich von zwei Messungen realisiert.



Abbildung 2: Laufbandtest mit Probeschuh, Testläufer in Lauf-Lab-Team-Shirts. Fotos: Areti Papastavrou

In der ursprünglichen Planung war beabsichtigt, im Rahmen der Lehrforschung einen Sportorthopäden einzuladen, um die medizinischen Aspekte des Projektes kompetent erläutern zu lassen. Außerdem war eine Exkursion zu einem der in der Region ansässigen namhaften Sportschuh-Hersteller geplant. Dabei hätte ein Einblick in die Entwicklung und Produktion von Sportschuhen gewonnen werden können und sich eventuell ein weiterer Austausch mit der Industrie ergeben. Flankierend zu dem Projekt war zudem geplant, auf freiwilliger Basis eine Lauf-Lab-Trainingsgruppe aus Studierenden und Dozentin zu bilden und an einem Lauf-Event in der Region, z. B. dem Tiergartenlauf oder Nürnberger Stadtlaf, teilzunehmen. Dabei hätten zum einen Daten mit den In-Shoe-Messsohlen unter Wettbewerbsbedingungen erhoben werden und zum anderen das Lauf-Lab-Team-Shirt inkl. Ohm-Logo der Öffentlichkeit präsentiert werden können. Dies konnte leider im Jahr 2020 wegen der Pandemie nicht realisiert werden.

An der Fakultät werden bereits biomechanische Forschungsprojekte insbesondere zu Knochenumbauprozessen bearbeitet. Diese wurden durch die wissenschaftliche Mitarbeiterin Ina Schmidt vorgestellt, um den Studierenden aufzuzeigen, dass basierend auf dem mechanischen, werkstofftechnischen und mathematischen Grundlagewissen aus dem Maschinenbaustudium, gepaart mit Programmierfähigkeiten, auch andere Problemklassen angegangen werden können.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Im Rahmen des Lauf-Lab-Projektes wurden geeignete Messmöglichkeiten identifiziert und Sensorsohlen beschafft. Diese wurden durch Studierende selbstständig erprobt und eine Menge von Messdaten erhoben. Die Kleingruppen in der Lehrveranstaltung haben die Daten mittels eigens programmierter Matlab-Programme transferiert, ausgewertet und visualisiert. Durch Diskussion der verschiedenen, sehr innovativen Softwarelösungen aus den Gruppen, insgesamt fünf, wurde eine Masterlösung mit den jeweils gelungensten Ansätzen entwickelt.

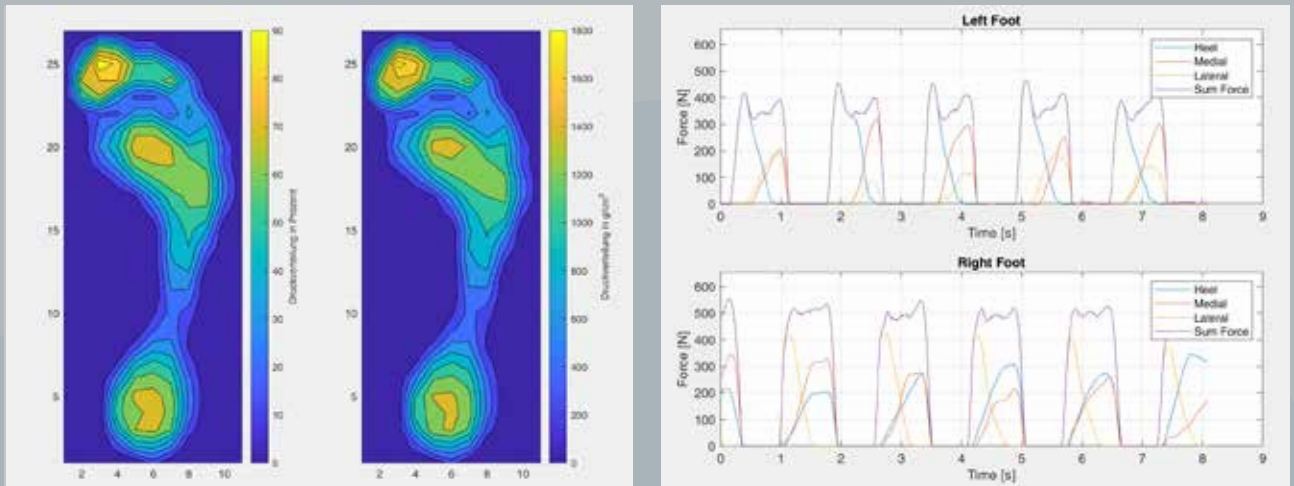


Abbildung 3: statische Fußdruckverteilung, dynamische Fußdruckmessung, visualisiert mit Matlab. Grafiken: Areti Papstavrou

Aktuell finden die Messsohlen weitere Anwendung in einem interdisziplinären, vom Leonardo-Zentrum geförderten Projekt. In diesem Vorhaben werden Bewegungen, insbesondere Gehen und Hüpfen, mithilfe eines Sensoriksystems in Klänge übersetzt. Aus den Klängen sollen einerseits diagnostische Erkenntnisse und andererseits künstlerische Möglichkeiten gezogen werden.

Darüber hinaus sollen die Ergebnisse und Programmideen aus dem Lehrforschungsprojekt Eingang in weitere biomechanische Forschungsprojekte finden. Dabei sind insbesondere die mechanischen Lasten auf den Bewegungsapparat, und vor allem die Knochen, bspw. im Zuge von Frakturheilung, von großem Interesse.

5. Fazit und Ausblick

Im Rückblick auf die Durchführung des Lauf-Lab-Projektes ist anzumerken, dass es einen hohen Zeitaufwand im Modul und vor allem bei Studierenden gefordert hat. In den Kontext des Wahlfaches passte die Thematik prinzipiell sehr gut, da dort ohnehin konkrete Anwendungen in den Blick genommen werden sollen. Einige Studierende äußerten allerdings, dass gerade im Sommersemester 2020 durch die Ad-hoc-Online-Lehre ihr Zeitmanagement schwierig war. Auch konnte der Projektlauf durch die Pandemielage nicht so umgesetzt werden wie im Antrag geplant. Wegen der fehlenden Präsenz und hygienebedingter Maßnahmen mussten einige Punkte entfallen. Die Gruppenarbeit im Onlineformat musste zunächst gelernt werden und entbehrte gewohnte und geschätzte Möglichkeiten. Nichtsdestotrotz waren in beiden Semestern das Interesse, die Aufgeschlossenheit und Diskussionsfreude der Studierenden sehr groß und das Engagement und die erzielten Ergebnisse äußerst erfreulich. Der Vorschlag eines Studierenden, das Projekt in einer eigenen Veranstaltung wieder aufzugreifen und weiterzuführen, wird überdacht. Auf jeden Fall bieten Aspekte des Lauf-Lab-Projektes das Potenzial, entsprechende weiterführende Masterprojekte zu formulieren und von Studierenden bearbeiten zu lassen. Das Leonardo-Projekt bietet dazu die Möglichkeit, bspw. die Nutzung von Druckdaten für Klangerzeugung, die Verbesserung der Sensorik und Umrechnung der erhobenen Daten auf Belastungen des Bewegungsapparates.

Kontinuierliche Synthese von 2,5-Furancarbonsäure als nachhaltiges Monomer zur Herstellung „grüner“ Polymere

Yvonne Ilmberger, M. Sc.
Prof. Dr. Jens Pesch
Fakultät Angewandte Chemie
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Im ersten Teil des Projektes wurde die Entwicklung eines kontinuierlichen Herstellungsverfahrens der Basischemikalie Furan-2,5-dicarbonsäure aus nachhaltigen Rohstoffen in der flüssigen Phase vorbereitet. Dazu wurde ein Mikroreaktoraufbau aus teilweise bereits vorhandenen Bauteilen zusammengesetzt und getestet (siehe Abbildung 4), der es ermöglicht, CO₂-Gas und eine Lösung von 2 Furancarbonsäure mit einer Base zur Reaktion zu bringen. Im zweiten Teil sollten verschiedene Lösungsmittel-Base-Kombinationen im Wahlpflichtmodul „Nachhaltige organische Chemie“ im 6. Semester des Bachelorstudienganges Angewandte Chemie untersucht werden. Durch die COVID-19-Pandemie seit 2020 konnte nur der erste Teil des Projektes, aufbauend auf einem Masterprojekt aus dem Jahr 2019, bearbeitet werden. Der zweite Teil im Wahlpflichtmodul konnte nicht mehr umgesetzt werden. Die nicht genutzten Mittel wurden zur Teilfinanzierung einer speziellen Autoklav-Apparatur verwendet, die den bisher bekannten Prozess ideal mit dem neuen Prozess vergleichbar machen wird. Dadurch wird die Entwicklung des kontinuierlichen Prozesses im Wahlpflichtmodul ideal ergänzt und die Umsetzung des Projektes in Zukunft noch ermöglicht und zusätzlich unterstützt.

1. Projektdaten

Fördersumme	10.000 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2020
Fakultät	Angewandte Chemie
Projektleitung	Prof. Dr. Jens Pesch
Projektteam	Yvonne Ilmberger, M. Sc., Dipl. Ing. Gerhard Schwarz TH Nürnberg
Kontaktdaten	jens.pesch@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Die Notwendigkeit, die Menge an ausgestoßenem Kohlendioxid CO₂ und die Verwendung von fossilen Rohstoffquellen wie Erdöl und Erdgas zu reduzieren, ist gesellschaftlich anerkannt. Die Chemie leistet hierbei einen der wichtigsten Beiträge. Das Lehrforschungsprojekt sollte die Entwicklung neuer, nachhaltiger chemischer Methoden und Materialien in die Lehre an der TH Nürnberg einführen.

In den letzten Jahrzehnten wurde intensiv an der Umwandlung von Biomasse für die Herstellung biobasierter Basischemikalien in Bioraffinerien¹ geforscht. Lignocellulose zeigt sich mit ca. 200 Millionen jährlich im Kreislauf befindlichen Tonnen bereits als idealer Biomasse-Rohstoff². Ein weiterer Ansatz ist die direkte Umsetzung von CO₂ zu Basischemikalien, zu der es ebenfalls bereits zahlreiche Technologien³ gibt. CO₂ hat den Vorteil, dass es im Überfluss und billig erhältlich ist und seine Verarbeitung zur Verringerung des Treibhauseffektes beitragen kann. Seit einigen Jahren erregt die Basischemikalie Furan-2,5-dicarbonsäure (FDCA) größeres Interesse in der Polymerwelt. FDCA dient als Hauptrohstoff für die Herstellung des Kunststoffes PEF (Polyethylen-furandicarboxylat), der derzeit als das biobasierte Substitut für PET gilt⁴. Die bisher verfolgte industrielle Herstellungsmetho-

de von FDCA in einem teilweise biotechnologischen 5-Stufen-Prozess geht von Fruktose aus Zuckerrohr, Zuckerrüben oder Mais aus. Allerdings birgt diese Methode noch viele Nachteile, sodass eine großtechnische Produktion auf diesem Weg noch nicht umgesetzt werden konnte. Klassisch kann FDCA aus 2-Furancarbonsäure (FCA) mit Kohlendioxid in Lösung in Gegenwart von starken Basen hergestellt werden⁵. FCA wird durch einfache Oxidation aus Furfural hergestellt, das wiederum bereits seit Jahrzehnten großtechnisch durch Bioraffination aus billigen Bioabfällen (Lignocellulose) gewonnen wird². Einer großtechnischen Umsetzung nach der klassischen Methode steht bisher noch der Einsatz starker Basen im Wege, die teuer sind und in wasserfreier Inertgasatmosphäre aufwendig gehandhabt werden müssen. Kanan et al.⁶ beschrieben in ihrem Patent aus dem Jahr 2016, dass FDCA aus der festen FCA und CO₂-Gas in Gegenwart von Cäsiumcarbonat auch ohne Lösungsmittel und teure, toxische Reagenzien allerdings bei erhöhtem Gasdruck und hohen Temperaturen hergestellt werden kann. Durch Arbeiten des Labors für Organische Chemie der TH Nürnberg⁷ konnte dieses Verfahren zwar optimiert werden, die Reaktion in fester Phase lässt aber noch immer keine großtechnische Umsetzung in einem kontinuierlichen Prozess zu. Hier sollte das Lehrforschungsprojekt ansetzen.

Ein vielversprechender Lösungsansatz wäre, diese Reaktion wieder in die flüssige Phase zu bringen, dabei aber keine starken, wasserempfindlichen Basen einsetzen zu müssen. Die Reaktion könnte dann im klassischen Durchflussverfahren kontinuierlich, z. B. in sogenannten Mikroreaktoren, durchgeführt werden. In diesem Lehrforschungsprojekt sollte zunächst mit den Studierenden eine Mikroreaktoranlage aus teilweise bereits vorhandenen Bauteilen zusammengesetzt werden, die es ermöglicht, CO₂-Gas und 2 Furancarbonsäure mit einer geeigneten Base in einem grünen Lösungsmittel zur Reaktion zu bringen. Im nächsten Schritt sollten verschiedene grüne Lösungsmittel-Base-Kombinationen zur Findung eines idealen Reaktionssystems im Wahlpflichtmodul erprobt werden.

Aufgrund der COVID-19-Pandemie, der damit einhergehenden Umstellung der Lehre und der dadurch fehlenden Möglichkeit für praktische Arbeiten im Rahmen eines Wahlpflichtfaches konnte das Projekt nicht wie geplant durchgeführt werden. Der erste Teil des Projektes wurde, aufbauend auf Vorarbeiten aus einem Masterprojekt⁸, abgeschlossen. Der zweite Teil des Projektes im Wahlpflichtfach konnte nicht mehr umgesetzt werden. Es wurde aber ein zusätzlicher Forschungsbedarf identifiziert, der die Anschaffung eines speziellen Autoklav-Reaktors erforderte.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Im Wahlpflichtfach WPM „Nachhaltige organische Chemie“ werden die Grundlagen und moderne Verfahren der nachhaltigen organischen Chemie vermittelt. Es werden grüne Lösungsmittel, Kohlendioxid als Rohstoff und nachwachsende Rohstoffe auf Pflanzenbasis vorgestellt. Verschiedene nachhaltige Syntheseverfahren zu wichtigen chemischen Produkten unter Verwendung von alternativen Energiequellen wie Mikrowellen, Licht (Photochemie) und ausgewählte Beispiele zum Einsatz der Mikroreaktortechnik runden das Spektrum nachhaltiger Methoden ab.

Im Zuge des Lehrforschungsprojektes sollte zunächst eine Mikroreaktorapparatur von Master- und Bachelorstudierenden zusammengesetzt und eine Betriebsanweisung zur Verwendung im WPM verfasst werden. Anschließend sollten sich die Bachelorstudierenden im WPM mithilfe des Dozenten damit vertraut machen, wie, ausgehend von aktuellen Forschungsergebnissen aus der Primärliteratur, ein Forschungsprojekt aufgebaut, Forschungsziele formuliert und ein Projektplan erarbeitet werden können. Die selbst definierten Arbeitspakete sollten dann in kleinen Gruppen von 2–3 Studierenden im Praktikum abgearbeitet werden. Anschließend sollten die Ergebnisse der Arbeitspakete von den Studierenden im Seminar in Form einer Präsentation in der Gruppe vermittelt und gemeinschaftlich daraus ein Projektfazit mit weiteren Schritten für zukünftige Projekte formuliert werden. Ein Poster zur Präsentation der Projektergebnisse sollte die schriftliche Leistung abrunden. Das Wahlpflichtfach kam innerhalb des geförderten Zeitraumes aufgrund der COVID-19-Pandemie nicht zustande.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Im ersten Teil des Projektes wurden, ausgehend von einem bereits vorhandenen Mikroreaktorsystem der Fa. Little Things Factory für flüssige, einphasige Reaktionssysteme (siehe Abb. 1), zunächst weitere Bauteile zur Umsetzung von Gasen definiert. Die benötigten niedrigen CO_2 -Volumenströme von maximal 2 mL/min können allein über einen Druckminderer an einer CO_2 -Gasflasche nicht gesteuert werden. Daher musste ein Durchflussregler zwischen den Druckminderer der Gasdruckflasche und den Mikroreaktor geschaltet werden. Nach eingehender Recherche stellte sich der EL-FLOW[®] Prestige der Firma Bronkhorst für diese Aufgabe als ideal geeignet heraus. Der Massendurchflussregler besteht aus Edelstahl 316L und kann einen Gasfluss bis max. 10 mL/min regeln. Der Eingangsanschluss ist eine 1/4" Klemmringverschraubung, an der der Gasschlauch des Druckminderers angeschlossen wird.



Abbildung 1: Mikroreaktorsystem Fa. LTF. Foto: Yvonne Ilmberger



Abbildung 2: Massendurchflussregler EL-FLOW[®] Prestige. Foto: Yvonne Ilmberger

Der Ausgangsanschluss ist eine 3 mm-Klemmringverschraubung mit PTFE-Schlauch, der speziell für Versuche mit den LTF Mikroreaktoren ausgelegt wurde. In Abbildung 2 ist der EL-FLOW[®] Prestige mit seinen Anschlussschläuchen gezeigt. Nach verschiedenen Optimierungsversuchen zeigte sich, dass die für das LTF-Mikroreaktorsystem vorgesehenen Spritzenpumpen keinen hinreichend kontinuierlichen Stofftransport gewährleisten konnten, wodurch diese durch eine HPLC-Pumpe ersetzt werden mussten. Ebenfalls zeigte sich, dass für Durch-

flüssigkeitsreaktionen mit CO_2 -Gas der MV Mikromischer (Abbildung 3, links) dem MX-Mikromischer vorzuziehen ist (Abbildung 3, rechts). Das Gas wählt beim Durchfluss durch den Mischer den direkten Weg am Rand der Mischerwendeln, wodurch keine vollständige Durchmischung der flüssigen Phase mit der Gasphase in der Mitte der Mischerwendeln gewährleistet ist.



Abbildung 4: Aufbau für Reaktionen mit einer flüssigen und einer gasförmigen Phase. Foto: Yvonne Ilmberger

Der Mikromischer wurde stirnseitig über eine Aluminiumprofilschiene und 1/4"-UNF-Verschraubungen mit den Zu- und Ableitungsschläuchen verbunden. Es wurden Verschraubungen mit Dichtkonusen für die Schläuche verwendet. Die Reaktoreingangsschläuche wurden auf der einen Seite mit der HPLC-Pumpe und auf der anderen Seite direkt mit dem Massendurchflussregler EL FLOW[®]Prestige verbunden. Um den Massendurchflussregler mit dem Druckminderer zur CO_2 -Druckgasflasche zu verbinden, wurde der Gasschlauch auf die Klemmringverschraubung aufgesteckt und gesichert. Der Ausgang des Reaktors wurde über einen Schlauch in ein Auffanggefäß geführt. Die gesamte Anlage ist in Abbildung 5 gezeigt. Der detaillierte Aufbau und die Reinigung der Anlagenteile wurden für den zweiten Teil des Projektes in einer Betriebsanweisung „Reaktionen mit CO_2 -Gas im LTF-Mikroreaktor“ ausformuliert.

Bereits bei vorangegangenen Projekten⁹ konnte bestätigt werden, dass die Festphasenreaktion nach Kanan et al.¹⁰ wahrscheinlich in der Salzschnmelze stattfindet. Neuere Erkenntnisse zu sogenannten stark eutektischen Lösungsmitteln¹¹ geben Hoffnung, dass auch die Reaktion der FCA mit einer Base und CO_2 -Gas in einem solchen System bei moderateren Temperaturen stattfinden könnte. Um solche Systeme gezielt untersuchen zu können, wurde der Bedarf für eine spezielle Autoklav-Apparatur mit Sichtfenstern identifiziert. Ziel ist es nun, ein stark eutektisches System zu entwickeln, das ebenfalls in der hierin beschriebenen Mikroreaktorapparatur kontinuierlich zur Reaktion gebracht werden könnte. Entsprechende Folgeprojekte sind bereits in den organisch-chemischen Laboren der TH Nürnberg geplant.

5. Fazit und Ausblick

Der erste Teil des Projektes konnte trotz der erschwerten Bedingungen durch die COVID-19-Pandemie erfolgreich abgeschlossen werden. Es konnte eine Mikroreaktorapparatur für 2-Phasen-Reaktionen von Kohlendioxidgas mit z. B. 2-Furancarbonsäure in einem Lösungsmittel bereitgestellt werden. Der zweite Teil des Projektes kann nun jederzeit im Rahmen des WPM „Nachhaltige organische Chemie“ mit Bachelorstudierenden der Angewandten Chemie durchgeführt werden. Außerdem konnte eine spezielle Autoklav-Apparatur für die Weiterentwicklung der Reaktion von 2-Furancarbonsäure mit Kohlendioxidgas in basischen, stark eutektischen Lösungsmitteln beschafft werden. Diese Apparatur wird in Folgeprojekten mit Studierenden nun derart vorbereitet, dass in einem zukünftigen Lehrforschungsprojekt im Rahmen des WPM „Nachhaltige organische Chemie“ im Bache-

lor Angewandte Chemie mit den Studierenden Versuchsreihen entwickelt, geplant und durchgeführt werden können, um die Reaktion so weit zu optimieren, dass diese auch in Mikroreaktoren durchgeführt werden kann.

-
- ¹ J. Clark, F. Deswarte, Introduction to Chemicals from Biomass, 1.Ed. 2008 Wiley & Sons, Ltd.
 - ² O. Türk, Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe, 1. Aufl. 2014 Springer Vieweg, S. 68.
 - ³ E. J. Beckman, Nature 2016, 531, 180–181; J. M. D. MacElroy, Ambio 2016, 45, 5–14; Q. Liu, L. Wu, R. Jackstell, M. Beller, Nature Comm. 2015, 6, 1–15.
 - ⁴ J. van Haveren, S. Thiyagarajan, A. Teruo Morita, Patent 2013, WO 2013096998A1.
 - ⁵ C. Severins, S. Buchholz, K. Tellmann, J. Wieschemeyer, K. Weidemann, Patent 2009, DE102009060033A1.
 - ⁶ A. Banerjee, M. W. Kanan, Patent 2016, WO2016153937A1.
 - ⁷ Janine Kienle „Herstellung von 2,5-Furandicarbonsäure als nachhaltiges Monomer für PEF – Optimierung der Synthese aus 2-Furancarbonsäure und Kohlenstoffdioxid“, Bachelorarbeit 2018, TH Nürnberg.
 - ⁸ Yvonne Ilmberger „Entwicklung eines Mikroreaktoraufbaus für Reaktionen mit CO₂-Gas“, Masterprojekt 2019, TH Nürnberg.
 - ⁹ Janine Kienle „Herstellung von 2,5-Furandicarbonsäure als nachhaltiges Monomer für PEF – Optimierung der Synthese aus 2-Furancarbonsäure und Kohlenstoffdioxid“, Bachelorarbeit 2018, TH Nürnberg.
 - ¹⁰ A. Banerjee, M. W. Kanan, Patent 2016, WO2016153937A1.
 - ¹¹ A. P. Abbott, G. Capper, D. L. Davies, R. K. Rasheed, V. Tambyrajah, Chem. Commun. 2003, 70–71.

Publikationsorientierte Vermittlung von Schreibkompetenzen

Prof. Dr. Frank Sowa
Fakultät Sozialwissenschaften
Dzifa Vode, M. A.
Leitung des Schreibzentrums
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Ziel des Lehrforschungsprojektes „Publikationsorientierte Vermittlung von Schreibkompetenzen“ war es, Studierende anzuleiten, Interviewdaten qualitativ auszuwerten, die Ergebnisse in einem Fachartikel zu verschriftlichen und bei einer Fachzeitschrift einzureichen. Zehn Studierende des Bachelorstudienganges Soziale Arbeit nahmen an dem an der Fakultät Sozialwissenschaften angesiedelten Projekt teil. Sie bildeten fünf Schreibteams, die im Sommersemester 2020 an ihren eigenen Forschungsprojekten zu entkoppelten Jugendlichen und zu Wohnungslosigkeit arbeiteten. Die Studierenden wurden bei der Formulierung einer relevanten Forschungsfrage und der Datenauswertung sowie bei der Verschriftlichung der Ergebnisse begleitet. Zusätzlich unterstützt wurden sie u. a. durch Inputs zum wissenschaftlichen Schreiben, Schreibtutor*innen und einem externen Lektorat. Alle Aktivitäten erfolgten aufgrund der Corona-Pandemie online. Die Teilnehmer*innen werteten intensiv die Daten aus und berichteten über hohe Kompetenzergebnisse im Bereich qualitativer Forschungsmethoden. Aufgrund des ambitionierten Zeitrahmens sowie pandemiebedingter Probleme gelang es nur einem Team, einen Fachartikel fertigzustellen. Für zukünftige derartige Projekte wäre ein Zeitrahmen von mindestens zwei Semestern sinnvoll, der allerdings mit momentanen Studien- und Prüfungsordnungen unvereinbar ist.

1. Projektdaten

Fördersumme	10.000 Euro
Laufzeit	März bis Dezember 2020
Fakultät	Sozialwissenschaften
Projektleitung	Prof. Dr. Frank Sowa
Projektteam	Dzifa Vode, M. A.
Kontaktdaten	frank.sowa@th-nuernberg.de, dzifa.vode@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Die wissenschaftliche Hausarbeit in Form einer Prüfungsstudienarbeit stellt für viele Studierenden im Bachelorstudium der Sozialen Arbeit eine hohe Hürde dar. Den Studierenden fehlt häufig ein routiniertes Vorgehen beim Verfassen von eigenen wissenschaftlichen Arbeiten; ihnen fehlt es an Wissen, wie wissenschaftliche Abfassungen strukturiert werden, wie ihre eigene Argumentation stringent aufgebaut werden muss, wie sie verhindern, empirische oder theoretische Texte nur nachzuerzählen, wie sie durch die Diskussion von konträrer, wissenschaftlicher Literatur zu einer eigenen Position kommen oder wie sie ihre persönlichen Befindlichkeiten und Meinungen aus den Texten exkludieren. Ein Grund hierfür könnte die zu kurz gekommene Vermittlung von Schreibkompetenzen im akademischen Sozialisationsprozess sein. Dies ist der Fall, obwohl die Fakultät Sozialwissenschaften bereits mit dem verpflichtenden Modul 1.1 Propädeutik (insbesondere der durch Tutor*innen unterstützten Lehrveranstaltung: Einführung in das Wissenschaftliche Arbeiten, Methoden und Strategien des Lernens) sowie dem Leitfaden zum Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten (Gröhlich et al. 2018a) in vorbildlicher Weise in die Schreibfähigkeiten ihrer Studierenden investiert. Tatsächlich liefern die bisherigen Aktivitäten eine Grundlage, auf der das beantragte Lehrforschungsprojekt aufbauen möchte. Für ein tief gehendes

Verständnis wissenschaftlicher Kommunikation im eigenen Fach sowie für eine nachhaltigere Vermittlung von Schreibkompetenzen sollten studentische Schreibprojekte nicht nur eigene Forschungsergebnisse verarbeiten, sondern diese in Form eines Aufsatzes an ein Fachpublikum adressieren.

„Ohne zu schreiben kann man nicht denken; jedenfalls nicht in anspruchsvoller, anschlussfähiger Weise“ (Luhmann 1992: 53). Diese viel zitierte Einsicht von Niklas Luhmann wird jedem Schreibenden bewusst, da erst im Schreibprozess klar wird, wie eine Position eingenommen werden kann, wie sie sich von anderen unterscheidet und abgrenzt. Schreiben bedeutet, sich das zuvor Gelesene anzueignen, es zu paraphrasieren und zu überprüfen, ob es auch verstanden wurde. Schreiben bedeutet, die eigenen Gedanken zu ordnen, sie zu präzisieren und logisch in eine Reihung zu bringen. Schreiben bedeutet, in systematischer Art und Weise einen eigenen (wissenschaftsbasierten) Standpunkt zu finden, der sich begründen lässt und für andere nachvollziehbar ist. Schreiben bedeutet, eigene Überlegungen zum wissenschaftlichen Diskurs beizutragen, die nicht auf der Grundlage von subjektiven Bewertungen basieren, sondern sich empirisch oder theoretisch fundieren lassen. Schreiben bedeutet, eigene Forschungsfragen zu beantworten und neue differenzierte Einsichten zu gewinnen, die sich erst in der tiefer gehenden Auseinandersetzung mit dem vorhandenen wissenschaftlichen Schrifttum ergeben und der Komplexität von gesellschaftlichen Phänomenen gerecht werden. Stefan Köhl ist zudem der Auffassung, dass fehlende Schreibkompetenzen die Leistungsentwicklung von Studierenden behindern, wissenschaftliches Lernen findet seiner Auffassung nach über das Verfassen von Texten statt, daher würden Schreibhemmungen den studentischen Lernprozess behindern (Köhl 2015). Als Hochschule für angewandte Wissenschaften ist es darüber hinaus Aufgabe der TH Nürnberg, durch eine anwendungsbezogene Lehre eine Bildung zu ermöglichen, die u. a. zu selbstständiger Anwendung wissenschaftlicher Methoden in der Berufspraxis befähigt. Bezogen auf das Berufsfeld der Sozialen Arbeit heißt dies, dass für die Entwicklung von zukunftsfähigen Praxiskonzepten eine kundige Aufarbeitung des Forschungsstandes und Positionierung im aktuellen wissenschaftlichen Diskurs notwendig ist. Da Schreiben die Gedanken nicht nur ordnet, sondern erst das Denken ermöglicht, gehört die Vermittlung von Schreibkompetenzen zu einer der bedeutsamsten Aufgabe von Hochschulen.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

In dem Lehrforschungsprojekt sollten Studierende systematisch an das wissenschaftliche Schreiben herangeführt werden, indem die Arbeitsbedingungen, die in der Wissenschaft existent sind, hergestellt werden. Diese Form der Lehrforschung orientiert sich an dem Konzept der „publikationsorientierte[n] Vermittlung von Schreibkompetenzen“ von Köhl (2009, 2015): „Das Grundprinzip des Konzeptes ist, dass Studierende von Beginn des Studiums an nicht für die Schublade, sondern für Leser schreiben sollen und diese Leserschaft nicht nur aus einem einzigen Lehrenden besteht [...]. Studierende [werden] im Rahmen ihres Studiums an das wissenschaftliche Publizieren herangeführt“ (Köhl 2015: 59). Diese Orientierung soll dazu führen, dass Studierende eine intensive und fortwährende Rückmeldung zu ihren Texten erhalten, dass sie kontinuierlich an ihren Texten weiterarbeiten, die eigene Position dadurch schärfen, aber auch, dass sie lernen, die von ihnen während ihres Studiums gelesenen Texte als Modelle für eigene Texte zu nehmen (Köhl 2015). Dabei schwebt Köhl keine Eliteförderung für begabte Studierende oder eine Bereicherung der Wissenschaft durch studentische Forschung und Publikationen an. Die Orientierung am Publikationsprozess soll vielmehr die Schreibkompetenzen der an der Lehrforschung beteiligten Studierenden verbessern. Konkret wird dies erreicht, indem Studierende einen wissenschaftlichen Artikel für eine Fachzeitschrift verfassen und einreichen (ebd.). Dieser Aufsatz orientiert sich hinsichtlich der Zeichenzahl, der Gliederung, der Formatierung, des Abstracts, der Zitierweise an den Vorgaben der Fachzeitschrift. Gerade die Zusammenfassung am Anfang des Beitrages hält Köhl für wichtig, da sie „nicht nur den Lesern eine schnelle Orientierung ermöglicht, sondern auch die Studierenden dazu zwingt, ihre Fragestellung und ihre These knapp zusammenzufassen. Durch die Orientierung an wissenschaftlichen Artikeln soll nicht die Fähigkeit zur Abfassung von Texten geschult werden, sondern insbesondere sollen Studierende angehalten werden, ihre Gedanken über die schriftliche Darlegung systematisch zu ordnen“ (Köhl 2015: 61). Um überhaupt in die Lage zu kommen, einen Beitrag für eine Fachzeitschrift einzureichen, muss für ein Thema nicht nur der relevante Forschungsstand referiert werden, vielmehr muss darauf aufbauend eine eigene neue Beobachtung oder Gedanken artikuliert werden (ebd.).

Damit die Studierenden eine kommunizierbare „Neuheit“ entdecken können, war das Lehrforschungsprojekt als Auswertungs- und Schreibprojekt konzipiert. Die Teilnehmenden sollten in der Auswertungsphase befähigt werden, qualitative Interviews, die im Modul 1.5 Forschungsmethoden zu den Themenfeldern „Entkoppelte Jugendliche“ und „Wohnungslosigkeit“ erhoben wurden, fokussiert auszuwerten und die Analyseergebnisse unter Berücksichtigung der relevanten Literatur in der Schreibphase zu verschriftlichen. Auf diese Weise sollten Aufsätze entstehen, die bei Fachzeitschriften eingereicht werden. Diese realen statt simulierten Bedingungen – so zeigen die Erfahrungen aus vergangenen Lehrforschungsprojekten (Sowa 2018, 2020; Sowa & Zitzmann 2020) – führen zu einer hohen Motivation der teilnehmenden Studierenden. Das Lehrforschungsprojekt stand allen Studierenden im Bachelor Soziale Arbeit offen, die ihre Schreibkompetenzen verbessern möchten. Insbesondere wurden Studierende aus dem Modul 1.5 angesprochen, damit diese die Möglichkeit haben, ihre eigenen Daten auszuwerten und somit kontinuierlich an Forschung beteiligt zu werden.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Insgesamt nahmen im Sommersemester 2020 zehn Studierende am Projekt teil, die in fünf Forschungsteams zunächst in der Auswertungsphase Interviewdaten methodisch kontrolliert mit der Grounded Theory bzw. der Sequenzanalyse auswerteten. Auf Online-Interpretationssitzungen, die der Antragsteller Prof. Dr. Frank Sowa unterstützte, analysierten die Studierenden die Interviews und entwickelten aus dem empirischen Material erste Thesen. Die Ergebnisse wurden mit der vorhandenen Forschungsliteratur in Verbindung gebracht, um Forschungslücken und den Neuigkeitswert der eigenen Forschungsergebnisse herauszuarbeiten.

Danach erhielten die Forschungsteams in der Schreibphase Unterstützung von der Leiterin des Schreibzentrums, Dzifa Vode, die mehrere Online-Schreibworkshops für die teilnehmenden Studierenden durchführte. Auch diese Workshops fanden pandemiebedingt online per Zoom statt. Insgesamt wurden vier Workshops im Umfang von 90 Minuten durchgeführt. Folgende Themen wurden behandelt:

- Forschendes Schreiben: Vermittelt wurde hier der Gegensatz zwischen einem autor*innenzentrierten Schreiben, bei dem das Schreiben als Denk- und Forschungswerkzeug dient, und einem publikumsorientierten Schreiben, bei dem der Text so überarbeitet wird, dass er den Erwartungen der Zielgruppe entspricht. Dazu wurden verschiedene Schreibstrategien wie Focus und Free Writing, Reflexives Schreiben, Forschungstagebuch und Memos vorgestellt, ihre Wirkungen diskutiert und ausprobiert.
- Schreibstrategien und kollaboratives Schreiben: Vermittelt wurde hier das Wissen, dass es verschiedene Schreibtypen (auch Schreibstrategien genannt) gibt, die auf einem Kontinuum zwischen den Extremen Top-down und Bottom-up eingeordnet werden können. Die Teilnehmenden konnten ihre eigene Vorgehensweise bestimmen und Vor- und Nachteile reflektieren. Zudem wurden Herausforderungen und Lösungen des kollaborativen Schreibens, insbesondere mithilfe von digitalen Werkzeugen, diskutiert.
- Struktur und rhetorische Muster in Fachartikeln: Anhand ausgewählter Beispielartikel aus den Ziel-Fachzeitschriften erarbeiteten die Studierenden selbst die typische Struktur eines qualitativen Fachartikels und visualisierten diese. Dabei wurde auf das typische rhetorische Muster in der Einleitung Creating a research space hingewiesen.
- Stil in qualitativen Forschungsartikeln: Einleitend wurden Merkmale des Stils von qualitativen Forschungsartikeln gesammelt. Einzelne Merkmale wie Fachbegriffe, Autor*innenreferenz, Nominalisierung, Hedging und Belege wurden anhand von Beispielen aus den bereits im vorherigen Workshop ausgewählten Beispielartikeln vertiefend behandelt.

Die Workshops wurden gut angenommen. Als Herausforderung erwies sich das geringe Vorwissen der Teilnehmer*innen in Kombination mit der Heterogenität der anvisierten Fachzeitschriften, die im Grad der Wissenschaftlichkeit stark variierten. Hier war es schwer, in den zur Verfügung stehenden 90 Minuten sowohl die Standards von empirischen Fachartikeln zu erarbeiten als auch Abweichungen davon einordnend zu diskutieren. Für die Zukunft wäre es wohl sinnvoll, hier anstelle der teilnahmezentrierten Didaktik einen Vortrag zu wählen, um in der kurzen verfügbaren Zeit mehr Grundlagenwissen zu vermitteln.

Die ersten Textversionen der Studierenden wurden von den extra für das Projekt eingestellten Writing Fellows

mit Feedback versehen. Bei den Writing Fellows handelt es sich um Studierende, die im Schreibzentrum zu Schreibtutor*innen ausgebildet wurden und diesem Lehrforschungsprojekt zugeordnet wurden. Die Fellows erhielten eine Einführung in die Ziele des Projektes und nahmen an allen Sitzungen und Workshops teil. Sie boten Textwerkstätten an, in denen die Studierenden die Gelegenheit hatten, ihren Text zu präsentieren und aufgrund der Rückmeldungen zu überarbeiten. Aufgrund des ambitionierten Zeitrahmens sowie pandemiebedingter Herausforderungen gelang es nur einem Team, einen Fachartikel fertigzustellen, der von einer externen professionellen Schreibtrainerin überarbeitet und in einer einschlägigen Fachzeitschrift der Sozialen Arbeit eingereicht wurde. Ein weiteres Team konnte einen eigenen Forschungsbericht anfertigen, der ebenfalls veröffentlicht werden soll.

Die Nachhaltigkeit des Projektes gewährleistet der Sammelband Schreiben publikationsorientiert: Hochschuli-sche Schreiblehrkonzepte aus der Praxis, der beim Verlag wbv in der Reihe Schreibwissenschaft veröffentlicht wurde (Vode/Sowa 2022). Der Sammelband stellt gelungene (oder auch lehrreich gescheiterte) Lehrkonzepte vor, die Schreibkompetenz an deutschen Universitäten und Hochschulen publikationsorientiert vermitteln. Das Ziel war es, theoretische und empirische sowie interdisziplinäre oder praxisorientierte Beiträge zu vereinen, die jetzt und in Zukunft interessierten Schreibforscher*innen, Hochschulforscher*innen, Schreibdidaktiker*innen, Hochschuldidaktiker*innen und interessierten Lehrenden aller Fächer als Anregung dienen können. Dazu vereint der Sammelband verschiedene Textsorten (Fachartikel, Blog, Social-Media-Posts, Broschüre, Sammelband, Broschüre etc.), Fächer (Sozial-, Literatur-, Ingenieur-, Naturwissenschaften) und aus didaktischer Perspektive vielseitige Lehrkonzepte.

5. Fazit und Ausblick

Das Forschungsprojekt ist aus zwei Gründen anders verlaufen als geplant. Aus den insgesamt zehn Studierenden, die sich für die Lehrveranstaltung „Publikationsorientierte Vermittlung von Schreibkompetenzen“ angemeldet haben, bildeten sich fünf Schreibteams, von denen nur zwei Schreibteams – insgesamt fünf Studierende – Texte für den Leistungsnachweis einreichten. Diesen unerwarteten Ausgang führen wir auf zwei Gründe zurück:

1. Zu ambitioniertes Vorhaben: Studierende im Rahmen eines Semesters so zu begleiten, dass sie ein eigenes Forschungsvorhaben zur Publikationsreife bringen, müssen wir als zu ambitioniert bewerten. Trotz der bereits abgeschlossenen Datenerhebung war der Aufwand für die Datenanalyse so hoch, dass die Studierenden am Ende des Semesters meist diese Phase noch nicht abgeschlossen hatten. Selbst durch eine Verlängerung entschieden sich nur zwei Teams für eine Verschriftlichung der Ergebnisse.
2. COVID-19: Erschwerend kamen die veränderten Studienbedingungen durch die Pandemie hinzu (vgl. Habelt et al. 2022; Sowa 2021), die zumindest in einem Fall zu Existenzsorgen führten, die wiederum zu einem Abbruch des Projektes führten. Aber auch in anderen Fällen wurde der hohe Zeitaufwand für die Datenanalyse als Grund für einen Abbruch der Forschung benannt – auch wenn hier COVID-19 vielleicht nur begleitend eine Rolle spielte.

Um ein solches Projekt zum Erfolg zu führen – so unsere Schlussfolgerungen –, müsste die Auswertungsphase von der Schreibphase gesplittet werden und als zwei aufeinander aufbauende Lehrveranstaltungen in zwei Semestern aneinandergereiht werden. Sollen die Daten von den Studierenden selbst erhoben werden, wären sogar drei Semester notwendig: Im ersten Semester könnten die Studierenden beispielsweise im Rahmen eines Moduls zu Forschungsmethoden die Daten erheben, im zweiten Semester würde in einem Allgemeinwissenschaftlichen Wahlpflichtfach (AW-Fach) die intensive Analyse der Daten erfolgen und erst in einem dritten Semester das Schreiben in einem weiteren AW-Fach. Beibehalten würden wir in einem hypothetischen zukünftigen Projekt die Begleitung der einzelnen Forschungsphasen durch Wissens-Inputs, Werkstätten und Tutor*innen. Leider ist ein solches Vorgehen an einer Massenhochschule im Rahmen eines ECTS-Bachelorsystem aktuell nicht denkbar.

6 Literatur

Gröhlich, Carola/Heidenreich, Susanne/von Rautenfeld, Erika/Vode, Dzifa (2018a): Leitfaden zum Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten an der Fakultät Sozialwissenschaften, Nürnberg: Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm.

Gröhlich, Carola/Heidenreich, Susanne/von Rautenfeld, Erika/Vode, Dzifa (2018b): Die Initiative „Schreibkompetenzen fördern“ an der Fakultät Sozialwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, in: Waldherr, Franz/Walter, Claudia (Hrsg.): Forum der Lehre. Digitale Akzente setzen. Tagungsband zum Forum der Lehre an der TH Ingolstadt, 16. April 2018. Ingolstadt: DiZ – Zentrum für Hochschuldidaktik.

Habelt, Lisa/Herzog, Marissa/Morozov, Marina/Sowa, Frank/Wiesneth-Astner, Astrid (2022): Pandemische Protokolle der Wirklichkeit: Mit studentischen Tagebüchern die Auswirkungen des Lockdowns verstehen und bewältigen, in: Bartmann, Sylke/Erdmann, Nina/Haefker, Meike/Schörmann, Christin/Streblow-Poser, Claudia (Hrsg.): Verstehendes Forschen in der Pandemie und anderen Ausnahmesituationen: Praktische und methodologische Erkenntnisse der Rekonstruktiven Sozialen Arbeit Budrich, S. 95–113.

Kühl, Stefan (2009): Forschendes Lernen und Wissenschaftsbetrieb. Zur Erfahrung mit einem soziologischen Lehrforschungsprojekt. in: Huber, Ludwig/Hellmer, Julia/Schneider, Friederike (Hrsg.): Forschendes Lernen im Studium. Aktuelle Konzepte und Erfahrungen, Bielefeld: Universitätsverlag Webler, S. 99–113.

Kühl, Stefan (2015): Die publikationsorientierte Vermittlung von Schreibkompetenzen. Zur Orientierung des studentischen Schreibens in der Soziologie am wissenschaftlichen Veröffentlichungsprozess, in: Soziologie, Jg. 44, Heft 1, S. 56–77.

Luhmann, Niklas (1992): Kommunikation mit Zettelkästen: Ein Erfahrungsbericht, in: Kieserling, André (Hrsg.), Universität als Milieu. Kleine Schriften, Bielefeld: Haux, S. 53–61.

Sowa, Frank (2018): Engagiert die Lebenswelten von Wohnungslosen entdecken, in: Die Neue Hochschule (DNH), Heft 03, S. 26–29.

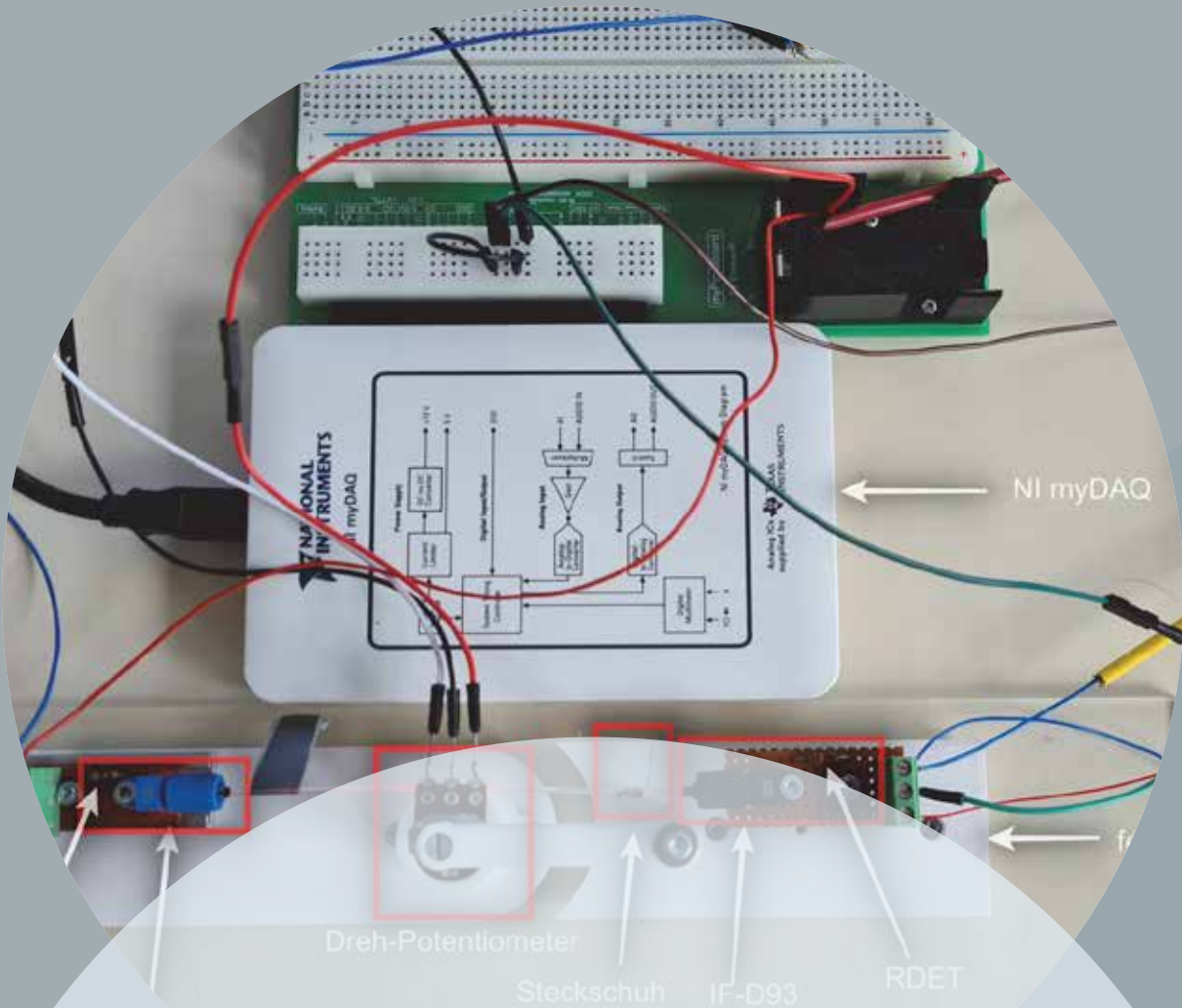
Sowa, Frank (2020): „Meine Vorstellungen von Obdachlosen [wurden] (...) komplett zerstört“. Studentische Feldforschung als Beitrag zur Persönlichkeitsentwicklung? in: Sowa, Frank/Zitzmann, Christina (Hrsg.): Anders lehren und lernen. Forschendes Service Learning über Lebenswelten von Menschen in Wohnungsnot, Frankfurt am Main: Wochenschau Verlag, S. 34–58.

Sowa, Frank (2021): #TH_Diary: Studentisches Leben im Ausnahmezustand, in: LEONARDO – Zentrum für Kreativität und Innovation (Hrsg.): Pandemie in Pixeln. Fotografiwettbewerb 2020, Nürnberg, S. 40–44.

Sowa, Frank/Zitzmann, Christina (Hrsg.) (2020): Anders lehren und lernen. Forschendes Service Learning über Lebenswelten von Menschen in Wohnungsnot, Frankfurt am Main: Wochenschau Verlag.

Vode, Dzifa/Sowa, Frank (Hrsg.) (2022): Schreiben publikationsorientiert lehren: Hochschulische Schreiblehrkonzepte aus der Praxis, Bielefeld: wbv.

¹ So wurde denn auch die Initiative „Schreibkompetenzen fördern“ an der Fakultät Sozialwissenschaften von Carola Gröhlich, Susanne Heidenreich, Erika von Rautenfeld sowie der Leitung des Schreibzentrums, Dzifa Vode, mit dem Preis für herausragende Lehre 2018 durch das Bayerische Staatsministerium ausgezeichnet (Gröhlich et al. 2018b).



BraceSens

Prof. Dr. Sebastian Walter
 Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
 TH Nürnberg

Zusammenfassung

In der Rehabilitation nach Knieverletzungen (Meniskus, hinteres/vorderes Kreuzband) werden sogenannte Orthesen (engl. brace) eingesetzt. Ziel ist die Ergebnissicherung, solange eine ausreichende Stabilität und auch die Stabilisierung durch den zunächst ruhig gestellten aktiven Bewegungsapparat nicht sichergestellt sind. Wann die Stabilisierung erreicht ist, wird über Zeitvorgaben oder durch fachkundigen Augenschein beurteilt. Welchen Bewegungsradius der/die Proband*in während des Rehabilitationsprozesses ausnutzt, kann nur punktuell beurteilt werden. Um den Beurteilungsprozess zu objektivieren und zeitlich auszudehnen, soll eine zunächst passive (also nur stützende) Orthese mit neuartigen und etablierten Sensoren zur Winkel- und Belastungsdetektion versehen werden. Darüber hinaus wird – vor allem, um während der Corona-Pandemie während des Jahres 2020 Gruppen durch thematische Trennung auch räumlich unabhängig zu machen – das Ziel verfolgt, eine prototypische aktive Knieorthese zu entwickeln, die z. B. das Aufstehen aus dem Sitzen motorgestützt aktiv unterstützt. Die im Gesamtprojekt verorteten Aufgaben wurden durch Studierende ab dem 6. Semester der Bachelorstudiengänge Mechatronik / Feinwerktechnik und Medizintechnik bearbeitet.

1. Projektdaten

Fördersumme	5.360 Euro
Laufzeit	März bis Dezember 2020
Fakultät	Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Sebastian Walter
Kontakt Daten	sebastian.walter@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Innerhalb des Projektes gab es drei (beinahe) unabhängige Aspekte: i) Sensorentwicklung zur Winkelmessung, ii) Integration von Sensorik in die Orthese, iii) prototypische Entwicklung einer aktiven Orthese

- i) **POF als Winkelsensor:** Polymeroptische Fasern (POF) können durch Modifikationen als Winkelsensoren z. B. im medizinischen Bereich oder im Feld der sog. Soft robotics, eingesetzt werden¹. Aus Vorarbeiten ist der Projektleitung bekannt, dass die bislang unveröffentlichte Modifikation mit einem einfachen kommerziellen Lasercutter Erfolg versprechend ist. Das Potenzial dieses vielversprechenden Prinzips sollte untersucht werden.
- ii) **Sensorintegration Orthese:** Winkel- und Kraft-/Druck-Sensoren zur Quantifizierung des Patientenstatus sollen physiologisch sinnvolle Messwerte ausreichend schnell, genau und preisgünstig ermitteln und gleichzeitig die praktische Nutzung der Orthese nicht einschränken. Hier gab es Anknüpfungspunkte zu einem früheren Lehrforschungsprojekt (s. Walter, 2017).
- iii) **Aktive Knie-Orthese:** Die Integration eines Antriebes in eine Orthese hat großes gesundheitliches Potenzial zur alltagsnahen Rehabilitation insbesondere von Älteren. Während die Erfüllung maximaler Anforderungen (maximale Kraft, Gangbild und Reaktionszeiten wie beim natürlichen Vorbild bei geringstem Gewicht für

Antrieb und Energiebereitstellung) eine sehr große Herausforderung ist, können einfachere Beispielanwendungen, z. B. Aufstehen aus dem Sitzen, leichter realisiert oder angenähert werden. Gleichzeitig findet sich hier eine praxisnahe Herausforderung an der Schnittstelle zwischen Mechatronik und Medizintechnik. Ziel war es, eine prototypische Plattform für weitere Projekte zu entwickeln.

Zum Erreichen (oder Annähern) an die gewählten Ziele war bei allen Punkten das kritische Durchdringen aktueller Fachliteratur notwendig, um neues (i) oder subjektiv neues (ii), (iii) Wissen zu schaffen.



Abbildung 1: Prototypische Realisierung des Antriebes einer aktiven Knieorthese. Symbolhaft dargestellt ist eine denkbare mech. Kopplung an die eigentliche Orthese bei einem zweiachsigen Antrieb. Foto: Pirmin Hilbrand, Julius-Paul Poppendörfer, Elias Sinz

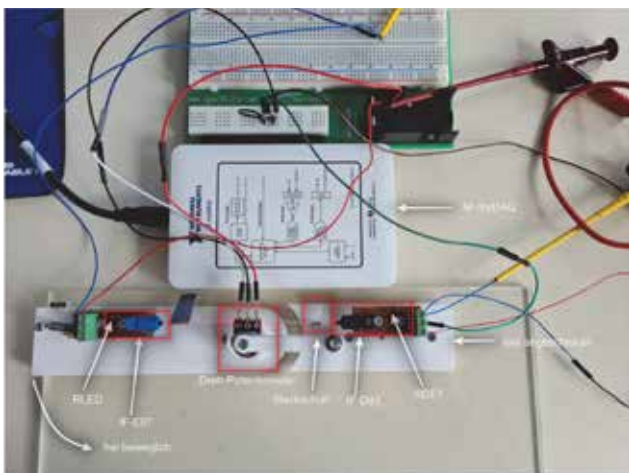


Abbildung 2: Prüfvorrichtung für Winkelsensor mit einfacher einachsiger Kinematik und zusätzlichem Potentiometer zur Winkelbestimmung. Foto: Alexander Resch

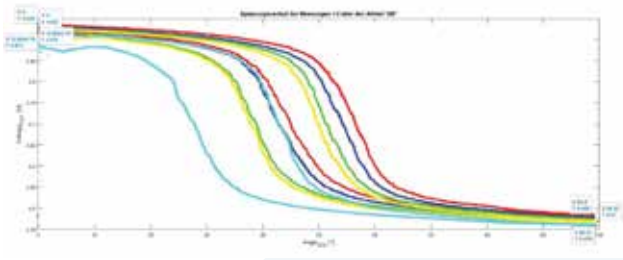


Abbildung 3: Resultate der Winkelmessung mit lasermodifizierter PO-Faser. Die Ursache der großen Hysterese soll weiter untersucht werden. Grafik: Alexander Resch

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Die Studierenden aus den Studiengängen Medizintechnik und Mechatronik/Feinwerktechnik arbeiteten an dem Projekt, in dem sie z. T. aus Vorlesungen Bekanntes (Medizin, Konstruktion, Werkstofftechnik, Sensorprinzipien, Mikrokontroller-Technologien ...) in einen gesellschaftlich relevanten Kontext (Gesundheit, Prävention) brachten und dabei (nicht nur subjektiv) Neues schafften. Unter Anleitung des Dozenten (wöchentliche Gruppentreffen, Einzeltreffen) lernten sie, Literaturrecherchen zu dokumentieren (Nutzung von Citavi) und daraus strukturiert Schlüsse zu ziehen. Dabei erlebten sie, dass einerseits ihre recherchierten oder selbst geschaffenen Erkenntnisse relevant sind (Bericht an Partner), andererseits aber der kritischen Diskussion innerhalb der Gruppe standhalten mussten. Die Erkenntnisse wurden – um Weiterverwendung und kritische Diskussion zu ermöglichen – in Projektbericht und weiterführenden Publikationen dargestellt. Eine Vorstellung der Ergebnisse auf einer „Konferenz für Studentische Forschung“ war geplant, konnte aber leider pandemiebedingt nicht stattfinden.

Ebenfalls anders als geplant war eine strengere Trennung der Teilprojekte notwendig, um die Strukturierung in kleine Gruppen zu gewährleisten. Praktisch wurden zum Teil Aufgaben parallel vergeben und gelöst und somit konkurrierende, aber gleichwertige Konzepte zur späteren Erprobung realisiert. Leider war damit die Diskussion über die Teilprojekte hinaus – eigentlich ein wichtiger Aspekt des forschenden Lernens – nur in kleinem Rahmen möglich. Aber immerhin konnte eine (eingeschränkte) Nutzung von Labor- und Werkstattinfrastruktur trotz Hygiene- und Abstandsregeln realisiert werden, wenn auch in kleinerem Ausmaß als im Idealfall. Dennoch konnten unverzichtbare praktische Aspekte der Ingenieurwissenschaft erprobt und so wichtige, nicht digital ersetzbare Erfahrungen gemacht werden.

Die ursprünglich geplanten Vernetzungsaktivitäten konnten aufgrund der Maßnahmen während der Corona-Pandemie nicht wie geplant durchgeführt werden.

Im Lehrforschungsprojekt begegneten die Studierenden wissenschaftlichen Arbeiten (z. B. zur POF-Sensorik oder zu den aktiven Knieorthesen) erstmalig nicht als „Konsument*innen“ dieser Werke, sondern – mit dem Ziel der praktischen Umsetzung und Verbesserung – als Produzent*innen auf Augenhöhe mit den Autor*innen und damit inhärent kritisch. Dieser Schritt im Reifeprozess des Wissenschaftlers und der Wissenschaftlerin ist wichtig und unverzichtbar.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Zum Aspekt i): POF als Winkelsensor: Die Modifikation der Faser durch Laser führt hinsichtlich der Signalgröße zu weit besseren Resultaten als in der Literatur bekannt. Eine Veröffentlichung dieser Ergebnisse aber auch hinsichtlich der Integration in ein Exoskelett ist in Vorbereitung. Die Herausforderung der scheinbar großen Hysterese im Sensorsignal ist Gegenstand weiterer Untersuchungen. Zum Aspekt ii): Sensorintegration Orthese: Hier gibt es aufgrund von pandemiebedingten Verzögerungen nur vorläufige Resultate. Eine ausreichend schnelle Mikrokontroller-Plattform mit acht analogen Eingängen mit 12-Bit-Auflösung wurde entwickelt; sie sendet die Messdaten via Bluetooth an z. B. ein Android-Smartphone. Zum Aspekt iii): aktive Orthese: Hier wurden zwei Antriebskonzepte entwickelt und aufgebaut, die die wesentlichen Spezifikationen realisieren. Damit ist eine

Plattform geschaffen, auf deren Basis in kurzer Zeit eine beispielhafte Anwendung verwirklicht und wichtige Anschlussfragestellungen untersucht werden können. Mit diesen Plattformen soll auf potenzielle Industriepartner aus der Region für eine weitere Zusammenarbeit zugegangen werden.

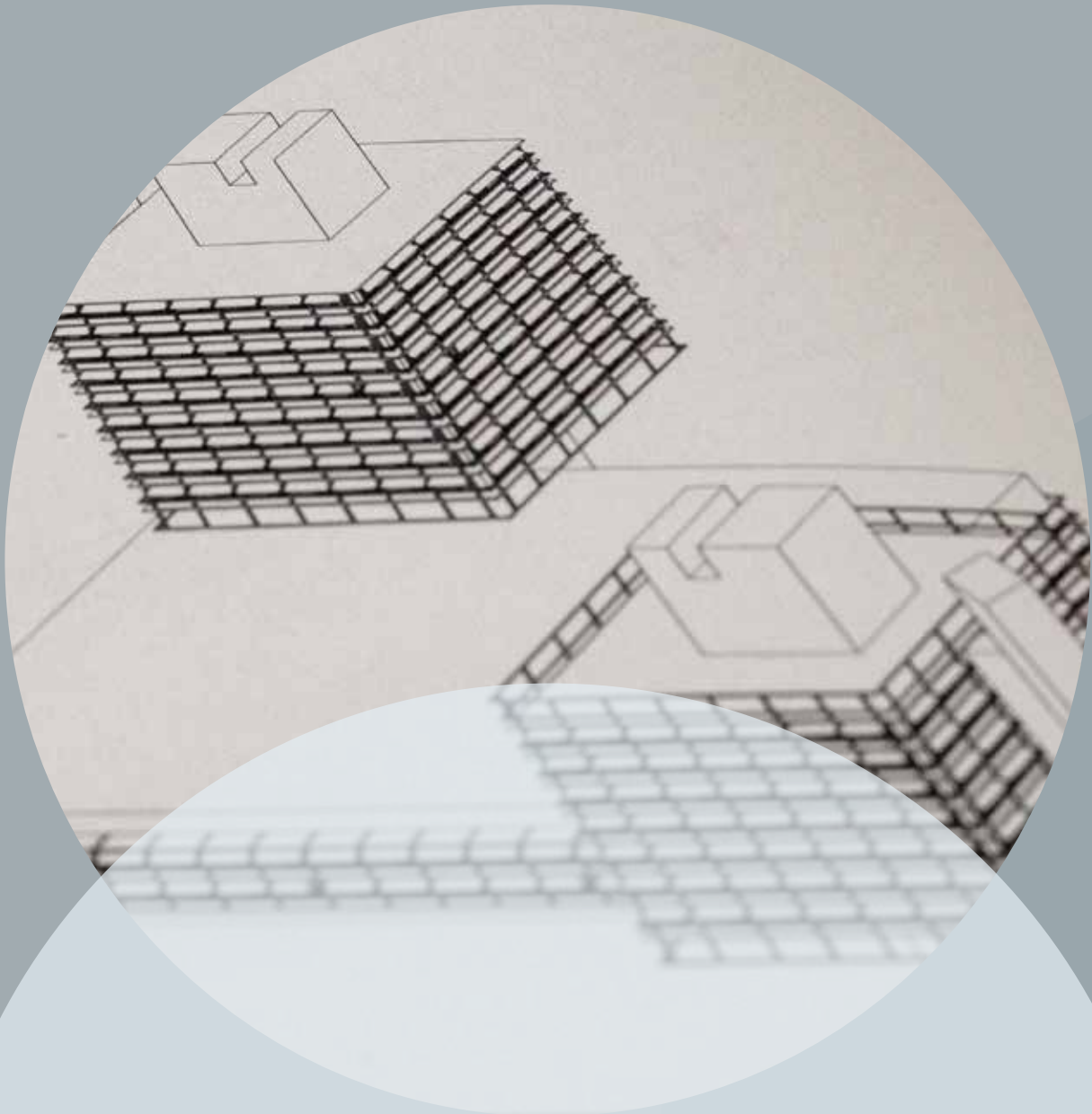
5. Fazit und Ausblick

Didaktisch zeigte sich die Qualität des Settings „Forschendes Lernen in der Projektarbeit“ auch und besonders in diesem Jahr. Relativ eigenständig bewegten sich die Studierenden in einem anspruchsvollen Umfeld. Herausforderungen und Krisen sind da unvermeidlich – und diese Krisen (akademisch, praktisch, organisatorisch, zwischenmenschlich ...) sind so bunt und heterogen wie die Studierenden an einer HAW. Die Maßnahmen zur Einschränkung der Corona-Pandemie vergrößerten manche Schwierigkeiten aufseiten der Studierenden (keine Kinderbetreuung, keine gemeinsamen Wohnorte, längere Lieferzeiten, knappe Werkstatt- und Laborressourcen). Doch aufgrund der Identifikation mit einem gemeinsamen, sinnvollen und gestaltbaren Projekt und durch eine individuelle, Freiheiten zugestehende und konstruktive Betreuung konnten (fast) alle Krisen gemeistert und dies als Erfolg empfunden werden.

Inhaltlich ist insbesondere die Thematik im Umfeld der aktiven Knieorthese sehr fruchtbar. Hier werden Themen aus der Lehre in einem lebensnahen und relevanten Beispiel realisiert. Ausgehend von den bislang gefertigten beispielhaften Prototypen, können nun Teilaspekte weiterverfolgt und vervollkommen werden. Insbesondere interessant sind Details bei der Komponentenwahl, fertigungstechnische und regelungstechnische Fragestellungen und die Erprobung im anwendungsnahen Umfeld. Durch die Vorarbeiten ist nun auch die Basis geschaffen, die eigenen Ideen Studierender – mögen sie nun subjektiv neu oder im strengen Sinn wissenschaftliches Neuland sein – zeitnah umzusetzen und wissenschaftlich kritisch auszuprobieren. Hierauf aufbauend, ist die Fortsetzung dieses Projektes vorgesehen.

¹ Zum Beispiel: Arnaldo G. Leal-Junior, Wagner Coimbra, Carlos Marques, and Anselmo Frizera. Highly stretchable polymer optical fiber for mechanical sensing in artificial tendons: Towards novel sensors for soft robotics. *Actuators*, 9(4), 2020.





Architektur und Macht – Deutsche Architekten im Nationalsozialismus und danach

Prof. Dr. Richard Woditsch
Fakultät Architektur
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Anhand von Architekt*innen, die vor, während und nach der NS-Zeit planten und bauten, wurde untersucht, inwiefern sich der Auftraggeber und der Zeitgeist in ihrem Werk widerspiegeln. Die Studierenden haben vertiefende Forschungsschritte betrieben, um bestehende Forschungslücken zu füllen, die in Studien über die Struktur und Funktionen des Baugeschehens im Dritten Reich mit Blick auf dessen Vorgeschichte und Nachwirkungen bestehen. Es wird gezeigt, wie Nationalsozialisten in der Erfolgsgeschichte der Bundesrepublik ihren neuen Platz fanden und sich mit der Demokratie arrangierten.

Die Studierenden wurden angeleitet, selbstständig weitere Forschungsschritte (Feldforschung und Dokumentation durch Text, Plan, Modell und Foto über Auswertung des Recherchierten) zu unternehmen.

Aufgrund der COVID-19-Pandemie konnte es zu der geplanten Ausstellung im Dokumentationszentrum Reichsparteitagsgelände Nürnberg nicht kommen. Daher wird zurzeit an einer Publikation der Lehrforschungsergebnisse bei einem renommierten Buchverlag gearbeitet.

1. Projektdaten

Fördersumme	10.000 Euro (8000 Euro + 2000 Euro)
Laufzeit	Dezember 2019 bis März 2021
Fakultät	Architektur
Projektleitung	Prof. Dr. Richard Woditsch
Projektteam	Dr. Alexander Schmidt, Dokumentationszentrum Reichsparteitagsgelände Nürnberg, Oliver Siebert, Bachelor-Student
Kontaktdaten	richard.woditsch@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Deutsche Architekt*innen haben im Nationalsozialismus und später in der Bundesrepublik in zwei komplett gegensätzlichen politischen Systemen gebaut. Dies bedeutete ideologisch und ästhetisch nur scheinbar eine radikale Kehrtwende, denn die meisten Architekt*innen passten sich den neuen politischen Verhältnissen an und setzten ihre Karrieren nahezu bruchlos fort.

Eine Ausstellung im Dokumentationszentrum Reichsparteitagsgelände Nürnberg sollte die Bauprojekte mit Plänen, Fotos und Modellen vorstellen, die Studierende der Technischen Hochschule Nürnberg gebaut haben. Dabei stehen sich Bauprojekte aus der Zeit des Nationalsozialismus und aus der Nachkriegszeit desselben Architekten gegenüber. Auch einige Bauten der Weimarer Moderne wurden einbezogen. Aufgrund der COVID-19-Pandemie konnte es zu der geplanten Ausstellung im Dokumentationszentrum Reichsparteitagsgelände Nürnberg nicht kommen. Daher wird zurzeit an einer Publikation der Lehrforschungsergebnisse bei einem renommierten Buchverlag gearbeitet.

Deutlich wird dabei die große Anpassungsfähigkeit und -willigkeit vieler deutscher Architekt*innen an die jeweiligen politischen Verhältnisse. Ein Bewusstsein für die eigene politische Verantwortung fehlte meist ebenso wie überhaupt eine kritische Auseinandersetzung mit den architektonischen Projekten für das nationalsozialistische Regime.

Gleichzeitig blieben Beziehungsgeflechte aus der Zeit des Nationalsozialismus erhalten und beeinflussten das Bauen in der jungen Bundesrepublik maßgeblich. Hier ist nicht nur das Netzwerk von Albert Speer und seines engen Vertrauten Rudolf Wolters zu nennen, sondern ebenso das Netzwerk um Konstanty Gutschow und Rudolf Hillebrecht. Nur in Ausnahmefällen, wie beim Düsseldorfer Architektenstreit um den früheren Nürnberger Stadtbaurat Julius Schulte-Frohlinde, wurde die eigene NS-Vergangenheit zum Problem bei der weiteren Karriere. Neben überregional bekannten Architekt*innen wird das Buch viele lokale Bezüge zu Nürnberger Architekten wie Heinz Schmeißner, Wilhelm Schlegtendal und Franz Ruff bieten.

Es werden als Kontrast auch Projekte von Architekt*innen, die dem nationalsozialistischen Bauen fernstanden, entweder, weil sie jüdischen Glaubens waren, oder weil sie sich nicht anpassen wollten, vorgestellt. So wird das Buch auch das Kaufhaus Schocken von Erich Mendelsohn, ein Ferienhaus der jüdischen Architektin Carola Bloch und einen Industriebau aus der Zeit des Nationalsozialismus von Egon Eiermann präsentieren – allesamt Bauten, die stilistisch der klassischen Moderne zugerechnet werden können.

Das Buch „Architektur und Macht. Deutsche Architekt*innen im Nationalsozialismus – und danach“ wird auch die Frage nach den unterschiedlichen Möglichkeiten, sich zum Nationalsozialismus zu verhalten, stellen, auch gerade in einem nur scheinbar neutralen, technisch geprägten Berufsfeld.

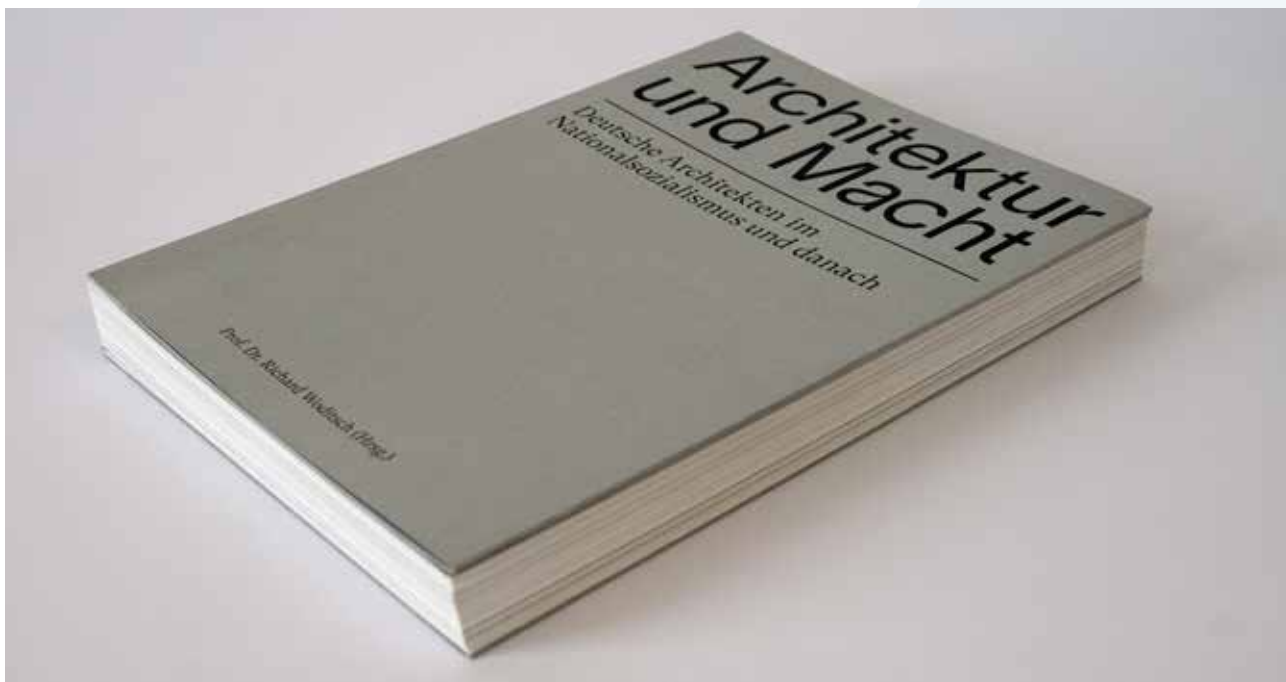


Abbildung 1: Cover. Foto: Richard Woditsch

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Anhand von Architekt*innen, die vor, während und nach der NS-Zeit planten und bauten, untersuchten die Studierenden, inwiefern sich der Auftraggeber und der Zeitgeist in ihrem Werk widerspiegeln. Hierbei wurde ein besonderer Fokus auf die Nachkriegszeit gelegt, um die Legende der sogenannten Stunde null zu widerlegen und die Verstrickungen vieler Architekt*innen und Stadtplaner*innen des neuen demokratischen Deutschlands mit dem in Schutt und Asche liegenden „Nazi-Deutschland“ aufzudecken. Aber auch aufzuweisen, dass es Karrieren gab, die anders verliefen, weil sie entweder aufgrund ihrer Religion oder politischen Überzeugung nicht wäh-

rend der Zeit der Nationalsozialisten bauen durften und konnten.

Nur wenig wird auch in neueren Studien über die Struktur und Funktionen des Baugeschehens im Dritten Reich mit Blick auf dessen Vorgeschichte und Nachwirkungen ausgesagt. Die Studierenden des Bachelors haben weitere vertiefende Forschungsschritte betrieben, um die bestehenden Forschungslücken zu füllen (wie z. B. weitere Quellenforschung, Originalpläne aus Archiven bzw. Nachlässen duplizieren, Interviews), die durch Dr. Alexander Schmidt (Dokumentationszentrum Reichsparteitagsgelände Nürnberg) und mich innerhalb des seminaristischen Unterrichtes angeleitet wurden.



Abbildung 2: Inhaltsangabe. Foto: Richard Woditsch

Bei der Erarbeitung eines Konzeptes der Ausstellung bzw. – dann im Verlaufe des Semesters – des Buches wurden sie von Wissenschaftler*innen des Dokumentationszentrums Reichsparteitagsgelände Nürnberg durch seminaristische Übungen betreut. Bei der Erstellung der Texte, Fotos, Poster und Modelle der Beispielbauten wurden die Studierenden des Weiteren von Lehrkräften der Fakultät Architektur der TH Nürnberg wie auch Journalist*innen des Bayerischen Rundfunks in seminaristischen Unterrichtsformen unterstützt.



Abbildung 3: Verwaltungszentrum Olivetti. Foto: Richard Woditsch

Durch diese angewandte Forschung wurde der Studierende auf Grundlage des derzeitigen Forschungsstandes über „Architektur und Macht“ angeleitet, selbstständig weitere Forschungsschritte zu unternehmen, die durch die o. g. Lehrformen und Lehrkräfte geleitet wurden. Hierbei erstreckte sich die Forschungstätigkeit der Studierenden von Feldforschung und Dokumentation durch Text, Plan, Modell und Foto über Auswertung des Recherchierten und Erstellten bis hin zur Veröffentlichung der Ergebnisse in Form eines Buches im Jahr 2021.



Abbildung 4: Beispielseite. Foto: Richard Woditsch

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Die Suche nach den Grundlagen der deutschen Nachkriegsarchitektur führt durch tiefe Schichten des Schweigens und des Vergessens. Der Rückblick muss lückenhaft bleiben, zumal kaum auf andere Untersuchungen zu-

rückgegriffen werden konnte, nicht einmal auf systematische Sammlungen von Dokumenten und Materialien, die in Bereichen der Architektur- und Stadtplanung über jene dunklen Jahren um 1945 Auskunft geben könnten. Weite Forschungslücken wurden sichtbar. Die Spuren verlieren sich, je dichter sich die Suche dem Jahr 1945 nähert, hinter dem sich der „Abgrund der jüngeren Vergangenheit“ öffnet.

Es konnte – umgekehrt – von dort aus, von den Untersuchungen zur Architektur und Planung im Dritten Reich, Aufschluss über die Nachwirkungen gewonnen werden, über Verbindungslinien aus dem „Abgrund“ in unsere Zeit. Auch hier wurde festgestellt, dass sich die meisten bisherigen Publikationen streng an die scharfe Periodisierung halten, die durch die Jahre 1933 und 1945 markiert ist. Vor 1933 steht das Neue Bauen im Mittelpunkt der Betrachtung, danach – in grellem Kontrast – „Hitlers Architektur“ als monumentale NS-Staatsbaukunst, die vor allem durch Albert Speer Gestalt gewann, auf den sich – mit merkwürdigem Wohlwollen und in individualisierender Sicht – die Neugier der Zeitgenossen und verstärkt auch der Nachgeborenen richtet. Dies ist das wissenschaftlich Neue: Der Vergleich des gebauten Werkes während und nach der Zeit des Nationalsozialismus und der damit verbundenen Visualisierung der Auswirkung der „Macht“ bzw. des Auftraggebers auf das Werk.



Abbildung 5: Beispielseite. Foto: Richard Woditsch

5. Fazit und Ausblick

Das Buch wird exemplarisch zeigen, wie Nationalsozialisten in der Erfolgsgeschichte der Bundesrepublik ihren neuen Platz fanden und sich mit der Demokratie arrangierten. Die ehemaligen und mental bisweilen fortlebenden Nazis machten Karriere und erreichten Wohlstand, ihre Mitarbeit schuf bei aller inneren Reservation die strukturellen Voraussetzungen für den Erfolg des demokratischen Staates.

Im Verlauf der Forschung stellte sich die Frage, wie sich Institutionen der Architektur und Baukultur (z. B. Bund deutscher Architekten, deutsche Architektenkammern, Bauamt oder die „Neue Heimat“) ebenfalls während des und nach dem Nationalsozialismus verhalten haben. Es öffnete sich ein weites Feld noch unerforschter Verhältnisse zwischen Architektur und Macht.

Die Studierenden des Bachelors haben durch diese angewandte Forschung und der damit verbundenen Didaktik einen neuen und auf Tatsachen basierten Blick auf die Entstehungsgeschichte unserer Bundesrepublik erhalten, die sie sicherlich nachhaltig prägte und mitunter unangenehme Fragen stellen ließ, die eine zukünftige Architektin oder ein zukünftiger Architekt an seine Berufsgruppe stellen sollte und damit in der Lage ist, Zusammenhänge der damaligen und auch zeitgenössischen Entwicklungen nachvollziehen und bewerten zu können.

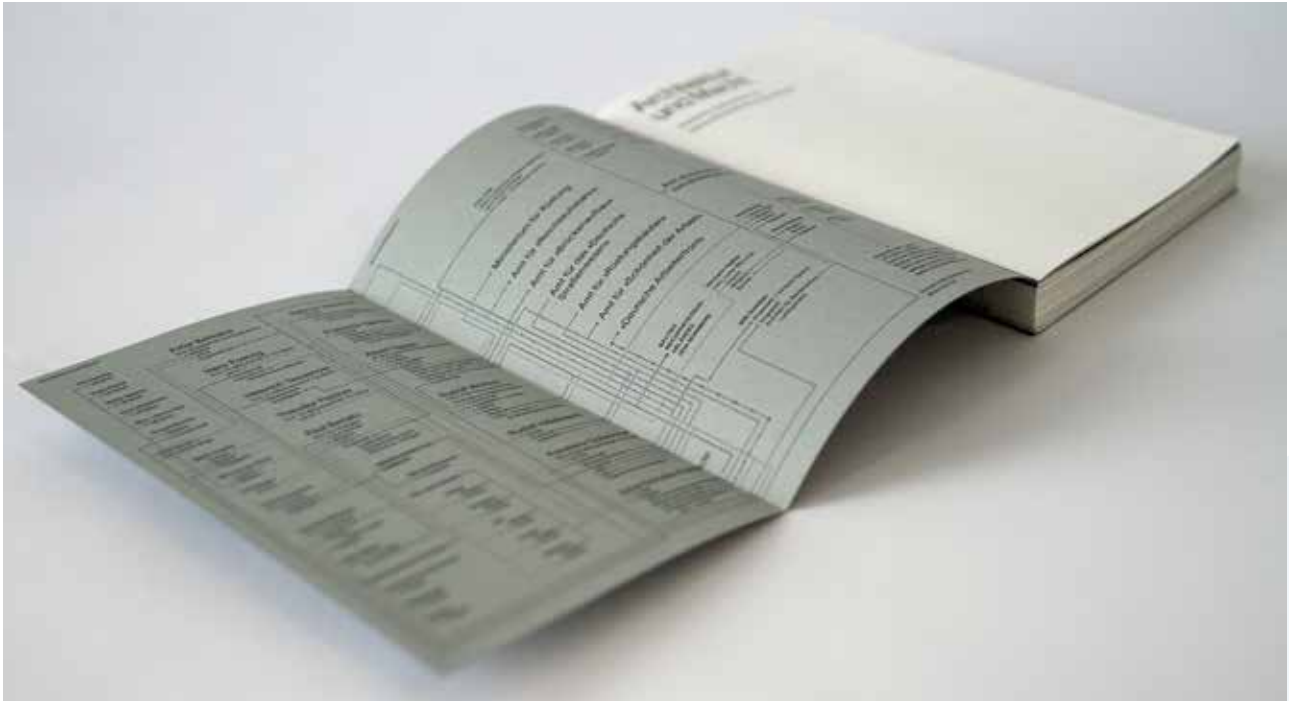


Abbildung 6: Innenseite des Umschlags. Foto: Richard Woditsch







Lehrforschung
der TH Nürnberg
2021

Inhalt

Lehrforschung der TH Nürnberg 2021

Unterstützung von unterrepräsentierten Gruppen durch Digitalisierungsmaßnahmen in Zeiten von Corona Prof. Dr. Patricia Brockmann Fakultät Informatik, TH Nürnberg	136
Nutzerorientierte Produktentwicklung in multilateralen Projektteams Prof. Dr.-Ing. Thomas Frick Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik, TH Nürnberg Dipl.-Ing. Andreas Schkutow Institut OHM-Chemie, Material- und Produktentwicklung, TH Nürnberg	140
Methoden des statistischen Lernens und der künstlichen Intelligenz im Personalmanagement Prof. Dr. Hans-Dieter Gerner Fakultät Betriebswirtschaft, TH Nürnberg Dr. Jens Stegmaier (IAB Nürnberg)	146
Formula Student Prof. Dr.-Ing. Ulrich Grau, Fabian Meister Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik, TH Nürnberg Selin Cömlekcioglu Fakultät Betriebswirtschaft, TH Nürnberg	152
Empirische Hypothesentests für Innovationen in der Digitalwirtschaft Prof. Dr. Alexander Hahn Fakultät Betriebswirtschaft, TH Nürnberg	160
Genesis VisionTest – Parallax Filter Jakob Haber, Andreas Pazureck, M. Sc, Prof. Dr. Helmut Herold Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik, TH Nürnberg	166
Change Management in der Unternehmenskommunikation Prof. Markus Kaiser Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften, TH Nürnberg	172
Schulsozialarbeit – empirische Schneisen in komplexem Terrain Prof. Dr. Johannes Kloha Fakultät Sozialwissenschaften, TH Nürnberg	178
„Ellie“ – Ein interdisziplinärer Lehr- und Demonstrationsroboter Prof. Dr. Michael Koch, Prof. Dr. Stefan May Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik und Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik, TH Nürnberg	182

Die Nachhaltigkeitsziele (SDGs) im Kontext des Studiums an der Technischen Hochschule Nürnberg	188
Prof. Dr. Markus Kosuch Fakultät Sozialwissenschaften, TH Nürnberg	
Kerstin Seeger und Katrin Schwanke, Bluepingu e.V. Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften, TH Nürnberg	
Elektrisch leitfähige Keramik	192
Prof. Dr. Hannes Kühn Fakultät Werkstofftechnik, TH Nürnberg	
Technische Kommunikation im Fokus	198
Prof. Dr. Alexander Monz Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik, TH Nürnberg	
Transformation und Nachhaltige Ernährungssysteme in der Metropolregion Nürnberg (TuNErMeNü)	202
Prof. Dr. Jan Niessen Fakultät Betriebswirtschaft	
M. A. Katrin Schwanke, Ronja Brozek, Bluepingu e.V. Fakultät Betriebswirtschaft, TH Nürnberg	
Visualisierung von Bruchvorgängen komplexer Materialien	214
Moritz Eisenlauer, M. Sc., Prof. Dr. Ulrich Teipel Fakultät Verfahrenstechnik, Forschungsgruppe „Partikeltechnologien, Rohstoffinnovationen und Ressourceneffizienz“ (FPR), TH Nürnberg Institut Chemieingenieurwesen, Universität Ulm	
Vakuumläutern von Glasschmelzen	232
Kevin Geier, Fabio Gygas Prof. Dr. Sven Wiltzsch Fakultät Werkstofftechnik, TH Nürnberg	
Bastian Schäffler Prof. Dr. Christoph Bayer Fakultät Verfahrenstechnik, TH Nürnberg	





Unterstützung von unterrepräsentierten Gruppen durch Digitalisierungsmaßnahmen in Zeiten von Corona

Prof. Dr. Patricia Brockmann
Fakultät Informatik
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Ziel dieses Projektes ist es, die konkreten Probleme, die Studierende von unterrepräsentierten Gruppen während der letzten zwei Semester des digitalen Unterrichtes erfahren haben, aufzuzeigen. Die Studentinnen waren für die Erhebung der Daten durch Interviews und Fragebögen zuständig. Beide Studentinnen haben bei der Analyse dieser Daten mit Machine Learning und bei der Erstellung eines wissenschaftlichen Papers mitgeholfen. Sie durften im Dezember 2021 an einer internationalen Konferenz, der Barcelona Conference on Education, teilnehmen. Im Rahmen der Konferenz wurden die Forschungsergebnisse präsentiert und ein wissenschaftliches Paper wurde veröffentlicht. Auf der Basis dieser Forschungsergebnisse wurde ein Antrag für ein DAAD-Förderprogramm gestellt. Dieser Antrag wurde für knapp 50.000 Euro bewilligt. Wegen der aktuellen Corona-Pandemie wurde die digitale Teilnahme an der Konferenz mithilfe eines Video-Conferencing-Systems realisiert.

1. Projektdaten

Fördersumme	5.000 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2021
Fakultät	Informatik
Projektleitung	Prof. Dr. Patricia Brockmann
Projektteam	Annna Protisina, Beata Neumer
Kontaktdaten	patricia.brockmann@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Während der aktuellen Corona-Pandemie leiden insbesondere Studierende von unterrepräsentierten Gruppen (Frauen in MINT-Fächern, Studierende mit Migrationshintergrund, aus nicht-akademischen Familien, aus finanzschwachen Familien, Studierende mit Kindern). Das fachliche Ziel dieses Projektes ist es, die konkreten Probleme, die Studierende von unterrepräsentierten Gruppen während der letzten zwei Semester des digitalen Unterrichtes erfahren haben, zu erfassen und zu analysieren.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Das pädagogische Ziel des Projektes ist es, Bachelorstudierenden im Rahmen einer Lehrveranstaltung „IT-Projekte“ im sechsten und siebten Semester ihres Studiums die Chance zu geben, an einem wissenschaftlichen Forschungsprojekt teilzunehmen.

Zwei Bachelorstudentinnen der Fakultät Informatik, Frau Protisina und Frau Neumer, konnten als Projektmitglieder gewonnen werden. Beide gehören selbst mehreren Kategorien von unterrepräsentierten Gruppen an: zwei Frauen in MINT-Fächern mit Migrationshintergrund aus nicht-akademischen Familien.

Wegen ihres Hintergrundes waren sie besonders gut in der Lage, Interviewpartner aus den unterrepräsentierten Gruppen zu rekrutieren. Es wurden 23 Interviews durchgeführt und mithilfe von Methoden des Machine Learnings analysiert. Am Ende des Projektes haben die zwei Studentinnen, zusammen mit der betreuenden Dozentin, Frau Prof. Dr. Brockmann, an einer internationalen Konferenz, der Barcelona Conference on Education 2021, digital teilgenommen. Obwohl ursprünglich die Teilnahme in Präsenz geplant wurde, waren wegen der

Corona-Pandemie keine Dienstreisen möglich. Die Teilnahme an der Konferenz wurde rein digital mithilfe eines Video-Conferencing-Systems realisiert. Damit konnten die zwei Studentinnen miterleben, wie eine wissenschaftliche Konferenz abläuft. Das Paper wurde im Rahmen der Conference Proceedings veröffentlicht.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Ein Paper wurde im Rahmen dieses Forschungsprojektes auf einer wissenschaftlichen Konferenz präsentiert und veröffentlicht: Protisina, A., Neumer, B., Brockmann, P., „Machine Learning Analysis of Problems Encountered by STEM Students from Underrepresented Groups During the Covid-19 Pandemic“. In: Proceedings of the Barcelona Conference on Education (2021).

Aus der Basis dieser Forschungsergebnisse wurde ein Antrag für ein DAAD-Förderprogramm im Rahmes des International Virtual Academic Collaboration (IVAC) von Prof. Dr. Patricia Brockmann gestellt. Dieser Antrag für das Projekt „Digital Global Software Engineering“ würde für knapp 50.000 Euro bewilligt.

5. Fazit und Ausblick

Zusammenfassend wurde in diesem Projekt festgestellt, dass Studierende aus unterrepräsentierten Gruppen während der Pandemie unter spezifischen Nachteilen litten, die traditionelle Studierende aus Akademiker-Familien nicht hatten. Studierende aus Nicht-Akademiker-Familien hatten zu Hause niemanden, der ihnen Ratschläge geben konnte, z. B. bei der Beantragung von Übergangsfinaanzhilfen. Vor allem Studierende mit Migrationshintergrund vermissten den Kontakt zu Lerngruppen und berichteten über eine Verschlechterung ihrer psychischen Situation aufgrund von Isolation. Studierende mit Kindern beklagten sich über Konzentrationschwierigkeiten aufgrund der Schließung von Schulen und Kinderbetreuungseinrichtungen während der Pandemie.

Es wurden aber auch positive Veränderungen festgestellt, wie die rasche Digitalisierung der Lern- und Bibliotheksmaterialien und die hervorragende technische Unterstützung durch das Rechenzentrum. Insbesondere Studierende, die Kinder und Familienangehörige betreuen, schätzten die größere Flexibilität des asynchronen Distanzunterrichtes. Die Möglichkeit, aufgezeichnete Videovorlesungen zu sehen, während ihre Kinder schlafen, half ihnen, ihr Studium mit ihren Kinderbetreuungspflichten zu vereinbaren.

Abschließend lässt sich sagen, dass die pädagogischen Vorteile des forschungsorientierten Unterrichtes als eine Erweiterung des problemorientierten Lernens (PBL) angesehen werden können. Durch die Teilnahme an diesem Lehrforschungsprojekt konnte zwei Studentinnen sämtliche Phasen des wissenschaftlichen Arbeitens anhand eines reellen Projektes kennenlernen. Ein weiterer Gewinn ist, dass die zwei teilnehmenden Studentinnen selbst aus unterrepräsentierten Gruppen stammen. Ohne dieses Projekt hätten sie wahrscheinlich nicht an einer wissenschaftlichen Konferenz teilnehmen können. Studierende aus unterrepräsentierten Gruppen entscheiden sich selten für einen postgradualen Abschluss und streben eine akademische Laufbahn an. Vielleicht würden mehr Studierende aus unterrepräsentierten Gruppen eine wissenschaftliche Laufbahn anstreben, wenn sie während ihres Bachelorstudiums mit Forschungsprojekten in Berührung kommen könnten.





Nutzerorientierte Produktentwicklung in multilateralen Projektteams

Prof. Dr.-Ing. Thomas Frick
Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
Dipl.-Ing. Andreas Schkutow
Institut OHM-Chemie, Material- und Produktentwicklung
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Im Rahmen des Lehrforschungsprojektes lernten Studierende des 6. Semesters im Bachelorstudiengang Maschinenbau hautnah die Entwicklung von innovativen technischen Lösungen in kooperativen Forschungsprojekten zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen kennen. Sie entwickelten als Projektarbeit strömungsoptimierte Luftführungs- und Absaugvorrichtungen für einen neuartigen Laserfügeprozess für hybride Materialkombinationen, der im Projekt HyLaMP des Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) erforscht wird. Mit diesen werden die bei der Bearbeitung entstehenden gesundheitsgefährdenden Prozessemissionen sicher erfasst, die Bauteile, Vorrichtungen und Laseroptiken vor Verschmutzung geschützt und die Prozessstabilität verbessert. Die Studierenden entwickelten und präsentierten ihre Lösungen einer Fachjury des Industriepartners, bauten Prototypen auf und testeten diese im Praxisversuch. Sie erlebten hautnah die enge praktische Verzahnung von Fertigungstechnik, Werkstoffwissenschaften und Strömungsmechanik und die Bedeutung von Präsentationstechnik und interdisziplinärer Zusammenarbeit. Während der Versuche wurden wissenschaftliche Fragestellungen zu den Entstehungsmechanismen der Prozessemissionen aufgeworfen, die im Rahmen des ZIM-Projektes weiter untersucht werden.

1. Projektdaten

Fördersumme	15.000 Euro
Laufzeit	März bis Dezember 2021
Fakultät	Maschinenbau und Versorgungstechnik
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Thomas Frick
Projektteam	Dipl.-Ing. Andreas Schkutow, Dipl.-Ing. Frank Brunnecker (Evosys Laser GmbH, Erlangen), Dipl.-Ing. (FH) René Geiger (Evosys Laser GmbH, Erlangen)
Kontaktdaten	thomas.frick@th-nuernberg.de, andreas.schkutow@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Ein wichtiges Ziel öffentlich geförderter Forschungs- und Entwicklungsprojekte ist es, auch kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) die Möglichkeit zu geben, trotz der meist begrenzten Entwicklungskapazitäten neuartige und technisch anspruchsvolle Produkte und Prozesse zu entwickeln. Durch die Kooperation mit Forschungseinrichtungen wird es den Firmen ermöglicht, aufwendige, riskante und mit hohem experimentellen Aufwand verbundene Projekte zu realisieren und so Innovationsimpulse in ihrem Marktsegment zu setzen.

Studierende kommen mit derartigen Entwicklungsprojekten während ihres Studiums kaum in Berührung und sind sich des Innovationspotenzials der KMU und der abwechslungsreichen Tätigkeiten bei der Bearbeitung solcher Projekte sowohl in den Unternehmen als auch den Forschungseinrichtungen oft nicht bewusst. Um dieses Bewusstsein zu stärken, die Tätigkeiten im Rahmen multilateraler Entwicklungsprojekte und die Herangehensweisen von Unternehmen und Forschungseinrichtungen an technische Problemstellungen besser kennenzulernen, wurde ein Teil eines Arbeitspaketes eines aktuellen Forschungsprojektes zu einer Projektarbeit im Rahmen

des Moduls Fügetechnik im Bachelorstudiengang Maschinenbau ausgestaltet.

Im zugrunde liegenden Forschungsprojekt „HyLaMP – Hybrides Laserstrahl-Fügen von Metallen mit Polymeren“ untersucht die Arbeitsgruppe Lasermaterialbearbeitung am OHM-CMP in Zusammenarbeit mit der Evosys Laser GmbH aus Erlangen einen neuartigen laserbasierten Fügeprozess, mit dem Metall-Kunststoff- und Metall-Faser-verbund-Hybridbauteile ohne Klebstoffe oder mechanische Verbindungselemente hergestellt werden können. Ein wesentlicher Teilaspekt bei diesem Prozess ist die Oberflächenstrukturierung des metallischen Fügepartners, der mit Hilfe eines Hochleistungs-Faserlasers teilweise verdampft wird. Neben dem gewünschten Materialabtrag entstehen dabei unerwünschte Prozessemissionen, wie Feinstäube, Rauch und Schmelzetropfen. Da diese ein Gesundheitsrisiko darstellen und den Laserprozess negativ beeinflussen können, müssen sie mit einer geeigneten Absaug- und Filtereinrichtung möglichst vollständig erfasst und eliminiert werden.



Abbildung 1: Prozessemissionen bei der Laserstrukturierung von Metallblechen. Foto: Andreas Schkutow

Die fachliche Aufgabenstellung der Projektarbeit umfasst den Entwurf, die strömungsmechanische Auslegung, die fertigungsgerechte Konstruktion und den praktischen Aufbau eines Funktionsprototyps einer Lüftungs- und Absaugeinheit, die in der Versuchsanlage unter Realbedingungen getestet wurde. Die Aufgabe wurde in Teams aus 3–4 Studierenden im Wettbewerb durchgeführt und durch eine Fachjury des Industriepartners bewertet.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Aufgrund der Einschränkungen der Corona-Pandemie fand ein Großteil der Veranstaltungen virtuell über MS Teams statt. Dort wurde ein Team eingerichtet, in dem sowohl die 23 teilnehmenden Studierenden, die Lehrenden als auch die Vertreter des Industriepartners miteinander kommunizieren konnten. Zunächst wurden in einer Kick-off-Veranstaltung das Konzept der kooperativen Forschung zwischen Forschungseinrichtungen und KMUs, das Forschungsprojekt, der Industriepartner, die Aufgabenstellung des Lehrforschungsprojektes und der Zeitplan vorgestellt sowie die Gruppeneinteilung vorgenommen. In einem Intensivkurs wurde den Studierenden die Bedienung des Computational Fluid Dynamics (CFD)-Systems Ansys Fluent vermittelt, das als Hilfsmittel zur numerischen Berechnung der strömungsmechanischen Eigenschaften der entwickelten Entwürfe diente. Die Studierenden entwickelten in selbstständiger Gruppenarbeit Luftführungskonzepte, die zu einer möglichst vollständigen Erfassung der entstehenden Partikel und damit einem effektiven Schutz des Bedienpersonals, einer möglichst geringen Verschmutzung der Bauteile und einer sicheren Vermeidung von Ablagerungen auf den Laseroptiken führen sollten. Parallel zu den Gruppenarbeiten wurden wöchentlich Sprechstunden durchgeführt, in welchen offene Fragen diskutiert werden konnten.

Im Rahmen einer Zwischenpräsentation wurden der erreichte Arbeitsstand und die entwickelten Lösungskonzepte diskutiert. Mit dem Feedback aus der Zwischenpräsentation wurden die Entwürfe noch einmal überarbeitet und die benötigten Komponenten ausgearbeitet. Die Luftführungselemente wurden anschließend im 3D-Druckverfahren hergestellt. In einem Laborversuch wurden die aufgebauten Prototypen dann unter realen Bedingungen getestet.

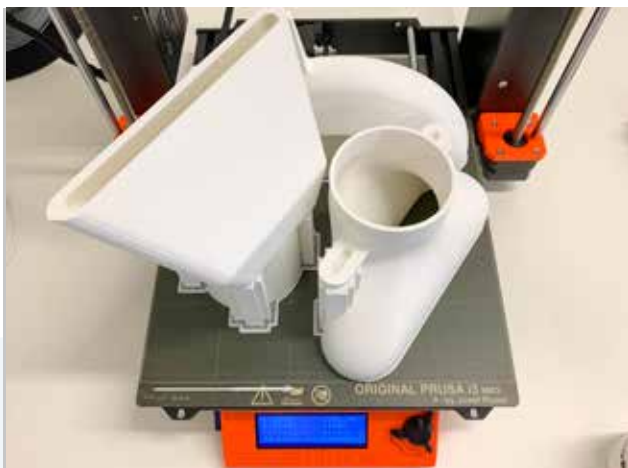


Abbildung 2: 3D-Druck der Luftführungselemente. Foto: Andreas Schkutow



Abbildung 3: Praxistest im Labor. Foto: Andreas Schkutow

Nach Auswertung der Laborversuche erfolgte eine Abschlusspräsentation, in der jede Gruppe den Entwicklungsprozess, die Lösung, das zugrunde liegende Konzept, die Übereinstimmung zwischen der CFD-Simulation und dem beobachteten Verhalten im Praxiseinsatz und ermittelte Optimierungspotenziale aufzeigte. Den Abschluss des Projektes bildete ein Besuch bei der Evosys Laser GmbH, wo neben einer Vorstellung des Unternehmens, der Produkte und einer Führung durch den Standort auch eine Prämierung der besten Arbeiten erfolgte.



Abbildung 4: Abschlussveranstaltung beim Projektpartner Evosys Laser GmbH in Erlangen. Foto: Marika Nitscher



Abbildung 5: Prämierung der besten Arbeiten durch den Geschäftsführer. Foto: Andreas Schkutow

Trotz des begrenzten Zeitrahmens und der pandemiebedingten Einschränkungen konnten die Studierenden ein praktisches Entwicklungsprojekt vollständig bearbeiten und so einen guten Einblick in die Abläufe bei öffentlich geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojekten zwischen KMU und Hochschulen gewinnen und das Berufsbild sowohl des Entwicklungsingenieurs bzw. der Entwicklungsingenieurin als auch des wissenschaftlichen Mitarbeiters bzw. der wissenschaftlichen Mitarbeiterin kennenlernen. Die Aufgabenstellung zeigte außerdem sehr gut die interdisziplinäre Verknüpfung und die enge gegenseitige Beeinflussung von Kernkompetenzen aus einem Ingenieurstudium wie Fertigungstechnik, Werkstoffwissenschaften, Strömungsmechanik und Konstruktionstechnik mit Themen wie der Arbeitssicherheit und dem Projektmanagement sowie der Bedeutung von Teamfähigkeit und Präsentationstechniken.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Im Rahmen des Lehrforschungsprojektes konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe von Lüftern und geeigneter Düsen ein effektiver Schutz der Laseroptik vor Spritzern und Ablagerungen möglich ist. Dabei ist eine große Strömungsgeschwindigkeit vorteilhaft, die mit Radiallüftern und schmalen Düsenquerschnitten besser erreicht werden kann als mit Axiallüftern. Damit kann auf den üblicherweise eingesetzten Druckluft-Crossjet verzichtet und somit der Energiebedarf durch den Entfall der Druckluftherzeugung deutlich reduziert werden. Allerdings benötigen die Lüftersysteme mehr Platz im Arbeitsraum als eine Druckluftversorgung, die in der Regel allein mit Schläuchen realisiert werden kann.

Im Praxiseinsatz zeigte sich überwiegend eine sehr gute Übereinstimmung der simulierten Strömungsbedingungen mit den realen Flugbahnen der emittierten Partikel.

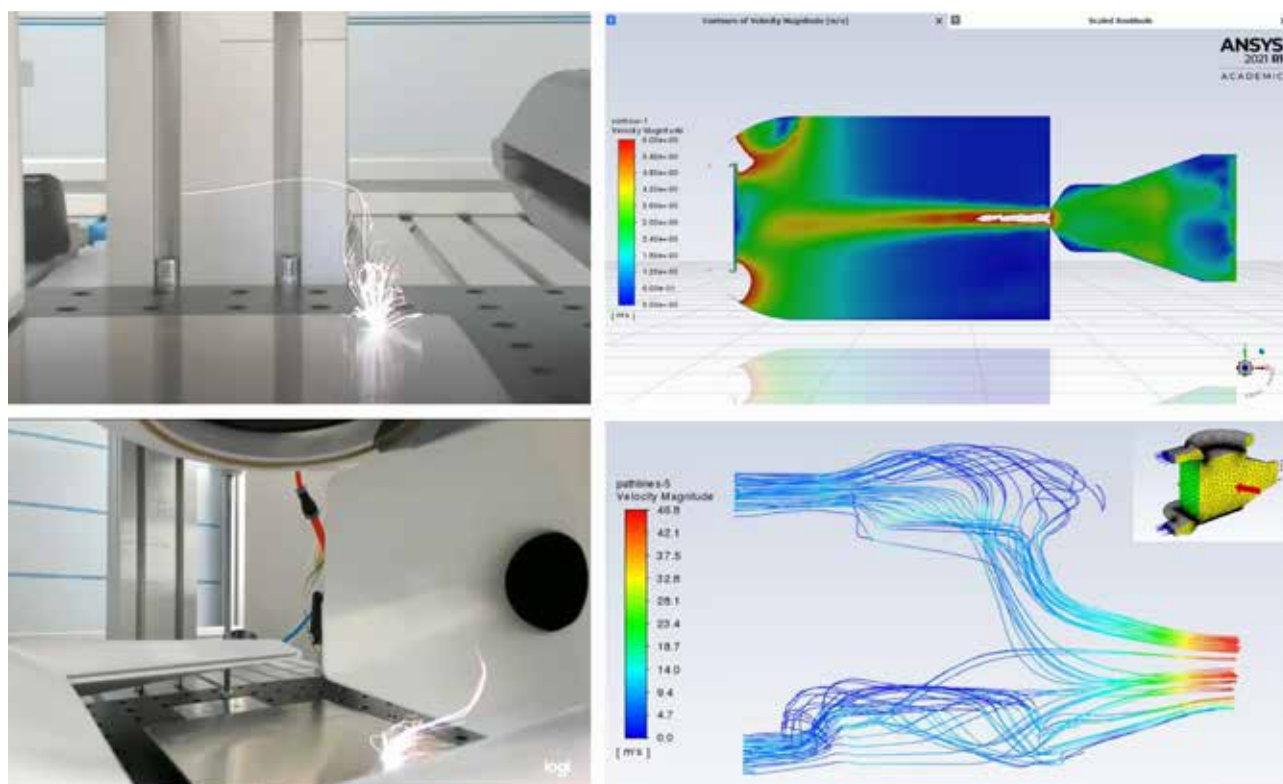


Abbildung 6: Vergleich der Simulationsergebnisse mit den praktischen Laborversuchen. Grafiken: Andreas Schkutow, Valentin Riepl, Jonas Seitz

Die Feinstaubbelastung im Arbeitsraum konnte aufgrund von Limitierungen der eingesetzten Laserstreuungs-Messtechnik nur stichprobenartig und mit begrenzter Auflösung der Partikelgrößenverteilung ermittelt werden. Es zeigte sich, dass die Partikel zum überwiegenden Teil nanoskalig sind, also Durchmesser von unter einem Micrometer besitzen. Um diese besonders gesundheitsschädlichen Partikel sicher zu erfassen und nicht noch durch das Gebläse zusätzlich zu verwirbeln, muss der Volumenstrom der Absaugung deutlich größer sein als der des Lüftersystems. Als besonders effektiv haben sich Absaugdüsen mit relativ großen Eintrittsöffnungen und einer Erfassung in möglichst geringem Abstand zur Partikelquelle erwiesen. Allerdings erschweren komplexe Absaughauben die Zugänglichkeit und damit den Bedienkomfort der Versuchsanlage. Der Strömungswiderstand der Absaugdüsen beeinflusst auch den maximal erreichbaren Volumenstrom der Absauganlage, sodass bei manchen Düsengeometrien die Luftmenge reduziert bzw. die Motorleistung und damit auch die Lautstärke der Absauganlage erhöht werden musste.

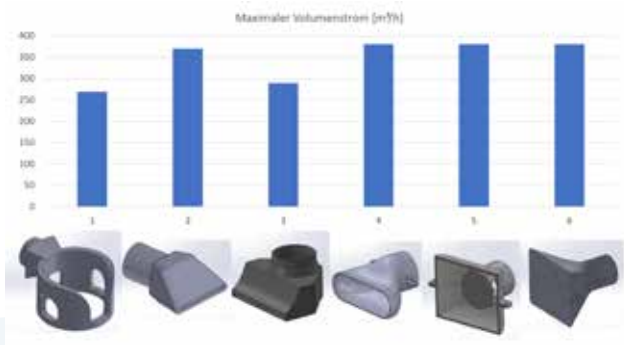


Abbildung 7: Erreichbarer Volumenstrom der Absaugung in Abhängigkeit von der Düsengeometrie (Grafik: Andreas Schkutow)

5. Fazit und Ausblick

Sowohl das untersuchte Fügeverfahren als auch die Anlagentechnik zur Laserstrukturierung waren den Studierenden weitgehend unbekannt. Dadurch ergaben sich eine unvoreingenommene Herangehensweise und die Entwicklung technischer Lösungen, die sich deutlich vom aktuellen Stand der Technik abheben und somit wertvolle Anregungen für die weitere Bearbeitung des Forschungsprojektes liefern. Aus didaktischer Sicht ist dabei darauf zu achten, die Aufgabenstellung so konkret zu formulieren, dass die wichtigsten Anforderungen der Anwendung erfüllt werden, gleichzeitig aber so offen, dass sich nicht nur die naheliegenden, bereits bekannten Lösungen ergeben. Die Studierenden zeigten hier eine hohe Kreativität und innovative Designs.

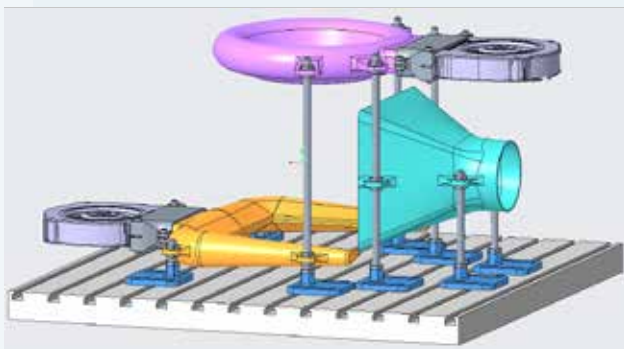


Abbildung 8: Beispiel eines der entwickelten Lüftungs- und Absaugsysteme
Grafik: Simon Wechselbaum

Das Lehrforschungsprojekt hat insbesondere hinsichtlich der Entstehung der Prozessemissionen einige Fragen aufgeworfen. Neben der offensichtlichen Bildung von Spritzern, Rauch und Schmelzetropfen entsteht bei der Laserbearbeitung auch eine große Zahl von Nanopartikeln, höchstwahrscheinlich durch Kondensation aus der Plasmaphase. Deren Entstehungsmechanismen und die Zusammensetzung werden aktuell untersucht.

Die Rückmeldungen der Studierenden zum Lehrforschungsprojekt fielen sehr positiv aus. Als besonders erfreulich hervorgehoben wurde die Möglichkeit, die entwickelten technischen Lösungen auch praktisch umsetzen und unter realen Bedingungen testen zu können. Die Studierenden zeigten eine hohe Motivation und Einsatzbereitschaft. Als größte Herausforderung wurde die numerische Strömungssimulation empfunden, da die Teilnehmer auf diesem Gebiet größtenteils keine Erfahrungen hatten und in der angebotenen Schulung nur die absoluten Grundlagen der vielfältigen Softwaremöglichkeiten vermittelt werden konnten.

Methoden des statistischen Lernens und der künstlichen Intelligenz im Personalmanagement

Prof. Dr. Hans-Dieter Gerner
Fakultät Betriebswirtschaft
TH Nürnberg

Dr. Jens Stegmaier (IAB Nürnberg)

Zusammenfassung

Im Rahmen des Lehrforschungsprojektes wurden die Teilnehmer*innen in grundlegende Konzepte des statistischen Lernens und der künstlichen Intelligenz eingeführt. Hierbei sollte auch der Kontrast zur klassischen empirischen Wirtschaftsforschung beziehungsweise Ökonometrie verdeutlicht werden. Abschließend wurde diskutiert, inwieweit die verwendeten Methoden das Personalmanagement unterstützen können.

1. Projektdaten

Fördersumme	7.600 Euro
Laufzeit	März bis Dezember 2021
Fakultät	Betriebswirtschaft
Projektleitung	Prof. Dr. Hans-Dieter Gerner
Projektteam	Dr. Jens Stegmaier
Kontaktdaten	hans-dieter.gerner@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Methoden des statistischen Lernens und der künstlichen Intelligenz sind mittlerweile in jeden Winkel der Betriebswirtschaftslehre vorgedrungen. Sie unterstützen Entscheidungsträger*innen in allen betrieblichen Bereichen. Traditionell weit fortgeschritten ist dabei ihr Einsatz im Finance, im Marketing beziehungsweise in der Marktforschung oder in der Produktion und in der Logistik (Provost/Fawcett, 2017). Aber auch in den vermeintlich „weichen“ Teildisziplinen der BWL, wie dem Personalmanagement, sind Methoden des statistischen Lernens und der künstlichen Intelligenz mittlerweile anzutreffen, wenn auch in geringerem beziehungsweise vorsichtigerem Ausmaß. Zu denken wäre hierbei an einen Einsatz im Personalrekrutierungsprozess. Ein Begriff, der sich hier in den letzten Jahren etabliert hat, ist der des Robot-Recruiting, wobei darunter eine hochgradig automatisierte Personalgewinnung verstanden wird. Aber auch alle anderen Bereiche entlang der Wertschöpfungskette des Personalmanagements wurden in der jüngeren Vergangenheit vom Einsatz statistischer Lernmethoden und künstlicher Intelligenz erfasst. Einen interessanten Überblick über den Einsatz dieser Methoden im Personalmanagement findet man bei Gärtner (2020).

Das durchgeführte Lehrforschungsprojekt setzte genau an diesem Punkt an. Es richtete sich an Interessierte im Bereich Personalmanagement und vermittelt erste Kenntnisse in der Anwendung statistischer Lernverfahren und Methoden der künstlichen Intelligenz. Gerade die Konzeption der Veranstaltung als Lehrforschungsprojekt hat es ermöglicht, lange Experimentierphasen einzuflechten. Dies ist für das Verständnis dafür, was gängige Methoden des statistischen Lernens und der künstlichen Intelligenz können und nicht können, unerlässlich.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Das durchgeführte Lehrforschungsprojekt war Teil des Moduls „Angewandte Quantitative Analysen“ und wurde sowohl im Sommersemester 2021 als auch im Wintersemester 2021/2022 angeboten. Der Umfang der „Angewandten Quantitativen Analysen“ beträgt insgesamt 4 SWS. Hierbei handelt es sich um eine Pflichtveranstaltung für die Bachelorstudierenden der BWL, die folgendermaßen aufgebaut ist: In der ersten Semesterhälfte besuchen die Studierenden den allgemeinen Teil der „Angewandten Quantitativen Analysen“ (2 SWS). Dieser Teil ist für alle Studierenden gleich. Dort lernen die Studierenden die Grundlagen der empirischen Wirtschaftsforschung

und der Aufbereitung und Visualisierung von Daten. In der zweiten Semesterhälfte müssen die Studierenden dann einen speziellen Teil (2 SWS) je nach Interesse belegen. Spezielle Teile, aus denen sie auswählen können, sind z. B. „Angewandte Quantitative Analysen in der Wirtschaftsinformatik“, „Angewandte Quantitative Analysen in der empirischen Wirtschaftsforschung“ oder „Angewandte Quantitative Analysen in der Marktforschung“.

Beim Lehrforschungsprojekt „Methoden des statistischen Lernens und der künstlichen Intelligenz im Personalmanagement“ handelte es sich um einen speziellen Teil in den „Angewandten Quantitativen Analysen“. Gedacht war die Veranstaltung in erster Linie für Studierende, die an interdisziplinärem Denken interessiert sind. Dabei wurde auf Grundkenntnisse im Bereich Personalmanagement, Statistik und Informatik zurückgegriffen.

Zunächst erhielten die Studierenden eine grundlegende Einführung in die Grundidee des statistischen Lernens und der künstlichen Intelligenz. Hier wurde auch der Kontrast zur klassischen empirischen Wirtschaftsforschung bzw. Ökonometrie herausgestellt.

In einer ersten „Experimentierphase“ wurden die Teilnehmer*innen in Teams eingeteilt und mit der Fragestellung konfrontiert, wovon die Mitarbeiter*innenzufriedenheit abhängt. Dazu sollten sie sich, ganz im klassischen Sinne der empirischen Wirtschaftsforschung, Gedanken aus theoretischer Perspektive machen und nach bereits existierenden empirischen Studien suchen. Die Ergebnisse ihrer Überlegungen und ihrer Recherchearbeit haben die Studierenden dann im Plenum vorgestellt.

In einem weiteren Schritt haben die Teilnehmer*innen versucht, Hypothesen, die sie in der ersten Phase formuliert haben, anhand der Praktikant*innenbefragung der Fakultät BW zu überprüfen. Die Ergebnisse hierzu wurden wieder im Plenum vorgestellt.

Im Anschluss daran haben die Studierenden eine Einführung in die automatisierte Variablenauswahl, die im Kontrast zur theoriegeleiteten Variablenauswahl steht, erhalten. Wir haben dann gemeinsam dieselbe Fragestellung noch mal analysiert, unter Anwendung einer Best-Subset-Selection in Kombination mit einem Kreuzvalidierungsverfahren. Interessanterweise haben sich die Ergebnisse hinsichtlich der berücksichtigten erklärenden Variablen gar nicht so sehr von den Ergebnissen unterschieden, die sie zuvor auf der Grundlage theoretischer Überlegungen erhalten haben. Die Prognosegüte war allerdings, wie zu erwarten, im Falle der automatisierten Variablenauswahl besser. Die Analyse wurden mithilfe von „R“ durchgeführt.

Im nächsten Schritt bekamen die Studierenden eine Einführung in die Konzeption Neuronaler Netze. Ins Zentrum der Diskussion wurde dabei die Sicht der Statistik bzw. Ökonometrie gestellt, wonach es sich bei Neuronalen Netzen letztlich um flexible Regressionen handelt (Faraway, 2006).

Um die grundlegende Funktionsweise und den Aufbau Neuronaler Netze praktisch zu verdeutlichen, haben wir in einer gemeinsamen Experimentierphase ein einfaches Neuronales Netz mithilfe von „Python“ codiert, das handgeschriebene Ziffern erkennt. Als Datengrundlage diente der mnist- Datensatz. Die Bilder der handgeschriebenen Ziffern werden in diesen Daten in 28 x 28 Pixel, d. h. insgesamt 784 Pixel eingeteilt. Dies sind dann die „erklärenden Variablen“. Die Graustufen auf diesen 784 Pixeln stellen schließlich die Ausprägungen der „erklärenden Variablen“ dar. Beispiele für handgeschriebene Ziffern aus diesem Datensatz sehen folgendermaßen aus:

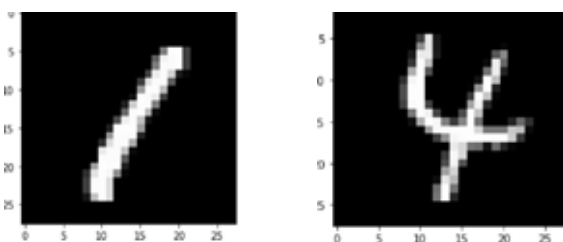


Abbildung 1: Beispiele für handgeschriebene Ziffern aus dem mnist-Datensatz. Grafik: Hans-Dieter Gerner, Jens Stegmaier

Hier wurden die Studierenden mit einem sehr zentralen Punkt im Zusammenhang mit Methoden der künstlichen Intelligenz konfrontiert: der Wichtigkeit der Datenvorverarbeitung und der Übersetzung des zu lösenden Problems in eine für ein Neuronales Netz „verständliche“ Form (Shane, 2021). Abschließend haben wir Erweiterungen wie Convolutional Neural Networks und Recurrent Neural Networks und deren Anwendungsmöglichkeiten im Personalmanagement diskutiert.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Die Analysen der Praktikant*innenbefragung mithilfe einer theoriegeleiteten Variablenauswahl auf der einen Seite und mithilfe einer automatisierten Variablenauswahl auf der anderen Seite ergaben z. T. sehr interessante Ergebnisse. Methodisch war interessant, dass die beiden konzeptionell sehr unterschiedlichen Vorgehensweisen zu ähnlichen Ergebnissen, was die zentralen erklärenden Variablen betrifft, gelangten. Inhaltlich „erfreute“ zunächst die sehr hohe Zufriedenheit unserer Studierenden mit dem Praktikum. Auf einer Skala von 0–10 (10 bedeutet sehr zufrieden), liegt der Median bei 9. Hinsichtlich der Einflussfaktoren zeigt sich, dass das Einkommen gar nicht so übermäßig wichtig ist – die Studierenden wollen „lediglich“, dass das Praktikum keine finanzielle Belastung darstellt. Als besonders wichtig stellen sich dagegen die Inhalte des Praktikums sowie die Betreuung heraus. Um eine abschließende Beurteilung abgeben zu können, sind allerdings noch weitere Analysen notwendig.

Im zweiten Teil der Veranstaltung haben wir gemeinsam ein Neuronales Netz codiert, das handschriftliche Ziffern erkennen sollte. Wir haben, um das Neuronale Netz zu trainieren und zu testen, den mnist-Datensatz verwendet. Hierbei handelt es sich um einen Standarddatensatz, wenn es um die Vermittlung von Grundkenntnissen im Bereich der künstlichen Intelligenz geht. In einem ersten Schritt trainierten wir das Neuronale Netz mithilfe von 60.000 Beispielen. Nach Abschluss des Trainings hat das Neuronale Netz ca. 99 % dieser Beispiele korrekt erkannt. Ein zentrales Problem im Zusammenhang mit Neuronalen Netzen stellt die sogenannte Überanpassung dar, d. h., die Neuronalen Netze erkennen die Trainingsbeispiele sehr gut. Wenn es allerdings darum geht, neue Beispiele, d. h. Beispiele zu erkennen, die nicht im Training verwendet werden, versagen Neuronale Netze häufig. Daher überprüften wir die Prognosegüte des Neuronalen Netzes auf der Grundlage von 10.000 Testbeispielen, d. h. Beispielen, die das Neuronale Netz bisher nicht „gesehen“ hat. Es zeigte sich, dass das Neuronale Netz aber auch hier 98 % der Testbeispiele richtig erkannte. Somit löste unser Modell auf den ersten Blick die gestellte Aufgabe.

Um Schwächen des Neuronalen Netzes aufzudecken, wurde in einem nächsten Schritt untersucht, ob das Neuronale Netz auch in der Lage ist, eigene handgeschriebene Ziffern zu erkennen. Wir haben hierzu mithilfe von Microsoft Paint handgeschriebene Ziffern angefertigt, das Bild analog der mnist- Daten in 28x28 Pixel eingeteilt und die Graustufen in einen Vektor der Länge 784 geschrieben. Es zeigte sich dabei, dass unser trainiertes Modell zunächst keine Probleme hatte, Ziffern zu erkennen, die ähnlich sauber geschrieben waren wie die Ziffern in den mnist-Daten. Zwei Beispiele hierzu sind in Abbildung 2 zu finden.



Abbildung 2: Eigene „saubere“ handgeschriebene Ziffern mithilfe von Microsoft Paint. Grafik: Hans-Dieter Gerner, Jens Stegmaier

Enorme Probleme hatte unser Neuronales Netz dagegen bereits bei leichten Störungen auf den Bildern, wie in Abbildung 3.



Abbildung 3: Eigene handgeschriebene Ziffern mithilfe von Microsoft Paint mit Störungen. Grafik: Hans-Dieter Gerner, Jens Stegmaier

Den Abschluss der Experimentierphase bildete eine Diskussion der Lösungsmöglichkeiten. Eine davon bestand aus Sicht der Studierenden darin, die Anzahl der Trainingsbeispiele zu erhöhen und dabei auch Fälle mit „Störungen“ einzubeziehen. Eine Diskussion zum Einsatz künstlicher Intelligenz im Personalmanagement rundete die Veranstaltung ab.

5. Fazit und Ausblick

Das Format der Lehrveranstaltung hat sich insgesamt als sehr hilfreich herausgestellt. Es ist geplant, die Veranstaltung nun regelmäßig als speziellen Teil der „Angewandten Quantitativen Analysen“ anzubieten. Aus dem Lehrforschungsprojekt gingen einige Seminararbeiten im Rahmen des Praxisforschungsseminars hervor sowie mehrere Bachelorarbeiten.

6. Literatur

Faraway, J. J. (2006): Extending the Linear Model with R: Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models, Boca Raton.

Gärtner, C. (2020): Smart HRM – Digitale Tools für die Personalarbeit. Springer Gabler, Wiesbaden.

Provost, F.; Fawcett, T. (2017): Data Science für Unternehmen – Data Mining und datenanalytisches Denken praktisch anwenden. MITP Verlag, Frechen.

Shane, J. (2021): Künstliche Intelligenz – Wie sie funktioniert und wann sie scheitert, Heidelberg.





Formula Student

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Grau
Fabian Meister

Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik

Selin Cömlekcioglu

Fakultät Betriebswirtschaft

TH Nürnberg

Zusammenfassung

Strohm und Söhne e.V. – das Formula Student Team der TH Nürnberg – arbeitet derzeit an der Entwicklung seines siebten rein elektrisch angetriebenen Rennfahrzeuges. Dieses Projekt bietet Student*innen aus verschiedensten Semestern und Studiengängen die Möglichkeit, ihr gelerntes Wissen praktisch anwenden zu können und sich neues Wissen anzueignen, um am Ende ein reglementkonformes Rennfahrzeug konstruieren und fertigen zu können.



Abbildung 1: „NoRa7“ bei Höfer und Sohn. Foto: Strohm und Söhne e.V.

Ob Maschinenbau, Elektrotechnik oder Betriebswirtschaftslehre – jede und jeder Studierende der Hochschule findet eine passende Position, um zum Ziel des Projektes, am Ende einen reglementkonformen konkurrenzfähigen Rennwagen auf vier Reifen zu stellen, beitragen zu können. Zusätzlich haben die Studierenden die Möglichkeit, bei Strohm und Söhne e.V. Projekt- oder Abschlussarbeiten für ihr Studium zu schreiben.

Ziel des Projektes ist es, das aktuelle Fahrzeug „NoRa8“ nach vorgegebenem Reglement für die Saison 2022 fertigzustellen, um an verschiedenen internationalen Wettbewerben in ganz Europa teilnehmen zu können. Das Team unterstützt die Hochschule zusätzlich bei Veranstaltungen, wie etwa der Langen Nacht der Wissenschaften oder den Studieninfotagen.

1. Projektdaten

Fördersumme	10.000 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2021
Fakultät	Maschinenbau und Versorgungstechnik
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Ulrich Grau
Kontaktdaten	ulrich.grau@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Das Rennteam Strohm und Söhne e.V. wurde im Jahr 2011 von engagierten Studierenden gegründet und dient als Repräsentant der TH Nürnberg beim größten internationalen Konstruktionswettbewerb für Studierende – der Formula Student. Im Vordergrund der Formula Student steht zunächst die jährliche eigenständige Konstruktion und Fertigung eines Prototyp-Rennfahrzeuges, wobei die technischen und sicherheitskritischen Rahmenbedingungen des Fahrzeugs durch ein regelmäßig weiterentwickeltes Reglement vorgegeben werden. Seit Beginn fokussiert sich Strohm und Söhne e.V. ausschließlich auf elektrisch betriebene Fahrzeuge, wobei das Antriebskonzept der Boliden besonders im Vordergrund steht. Im Laufe der Vereinshistorie konnten durch die harte Arbeit des Teams der TH Nürnberg bereits sechs solcher Rennwagen fertiggestellt werden. Hierbei konnten hochrangige Platzierungen auf internationalen Wettbewerben der Formula Student, dank des Engagements des Teams, erreicht werden, wie beispielsweise der zweite Platz in der Effizienzwertung auf dem Spielberg in Österreich im letzten Jahr. Um mit unserem nächsten Rennwagen „NoRa 8“ auf dem internationalen Konstruktionswettbewerb antreten zu können, startet das Team aktuell in die Fertigungsphase.



Abbildung 2: „NoRa7“-Testfahrt. Foto: Strohm und Söhne e.V.

Evolution statt Revolution – mit dieser Einstellung konzentriert sich das Projektteam zu Beginn der neuen Saison 2021/2022 auf eine intensive Konzept- und Grundlagenarbeit, wobei ein gemeinsames Basiswissen aufgebaut wurde, um die präzise durchdachten und gemeinschaftlichen Entscheidungstreffen über grundlegende Entwicklungen des Rennwagens sicherstellen zu können.

Aufgrund dessen, kam es zu einer Umstrukturierung des Teams durch das Neubesetzen des Leitungsteams sowie die Neuzusammenstellung der untergeordneten Baugruppen aus den Bereichen Mechanik, Elektrotechnik und Teamorganisation und -management. Somit wurde das Finden eines individuellen Platzes im Team entsprechend dem Fachbereich, den Interessen und persönlichen Entwicklungswünschen jedes Teammitgliedes gewährleistet.

Mithilfe dieser neuen Organisations- und Wissensstruktur als Grundlage für einen erfolgreichen Projektverlauf ist Strohm und Söhne e.V. davon überzeugt, durch diese Entwicklungen das Team nachhaltig solide aufgestellt zu haben. Doch auch in Sachen Technik konnten im Jahr 2021 im Sinne der Lehrforschung große Fortschritte gemacht werden, von denen später im Detail berichtet wird.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Das Projekt läuft zuerst von einer Konzeptphase, über eine Konstruktionsphase, sowie der Fertigungsphase, bis hin zur letztendlichen Eventphase der Formula Student ab. Durch die detaillierte Grundlagenarbeit des Teams in der Konzeptfindungsphase können Anforderungen an das neue Fahrzeug definiert und anschließend technische Konzepte für die Umsetzung von „NoRa8“ erarbeitet werden. Der Wissenstransfer von ehemaligen Teammitgliedern ist neben dem eigenständigen Erarbeiten von Kenntnissen in den verschiedenen Baugruppen des Fahrzeuges eines der zentralen Stützpunkte des Projektes. Hierfür wenden die Studierenden ihr gelerntes Wissen vom Studium an, wobei auch die praktischen Fähigkeiten während des Projektes vertieft und erweitert werden. Die individuelle Weiterentwicklung erfolgt hierbei nicht nur durch das erworbene Fachwissen, sondern auch durch die praktische Applikation von eigenständiger Organisation sowie der interdisziplinären Teamarbeit.



Abbildung 3: Herstellung von Carbondestplatten. Foto: Strohm und Söhne e.V.

Das Projekt ermöglicht es Studierenden, aus unterschiedlichen Fachrichtungen und Semestern, innerhalb des Teams gemeinsam auf ein kollektives Ziel hin zu arbeiten – dem Bau von „NoRa8“. Durch die Kommunikation unter den Baugruppen werden vor allem Soft Skills und Teamfähigkeit gefördert.

Nach dem Erstellen eines detaillierten Konzeptes, starteten die Studierenden mit der Konstruktion und der Entwicklung des Rennwagens. Wichtige Bereiche dieser Phase sind beispielsweise die Konstruktion des Monoques oder die Entwicklung und das Layout von Platinen für die elektronische Steuerung des Boliden. Ebenfalls essenziell ist der regelmäßige Kontakt zu Sponsoren, welche überwiegend ihren Sitz in Mittelfranken haben. Diese konnten das Team finanziell oder mit spezifischem Fachwissen unterstützen.

Durch die immer noch präsente COVID-19-Pandemie war das Team auf das im Vorjahr erstellte, umfassende digitale Projektmanagement angewiesen, sodass einzelne Arbeitspakete und der Gesamt-Projektstatus auch vom Homeoffice aus transparent und steuerbar waren.

Die komplette Teamkommunikation und alle Abteilungs-, Baugruppentreffen sowie Teamtreffen fanden ausschließlich digital statt. Trotz aller Bedenken gelang es dem Team so, das Projektziel nicht aus den Augen zu verlieren und gemeinsam – trotz digitaler Arbeitsweise – an der Fahrzeugentwicklung weiterzuarbeiten. Durch die starke mediale Präsenz von Strohm und Söhne e.V. war selbst das Recruiting kein Hindernis und konnte erfolgreich virtuell durchgezogen werden. Vereinzelte Tätigkeiten in der Werkstatt, welche für den Projekterfolg unverzichtbar sind, konnten durch Anwesenheitsplanung und asynchrone Belegungen der Räumlichkeiten für alle Studierenden sicher umgesetzt werden.

Nach dem Abschluss der Konstruktionsphase folgt die Fertigungsphase, an deren Schwelle sich das Team derzeit befindet. Dabei treten die Studierenden vermehrt in Kontakt mit Firmen, die das Team in der Einzelteilfertigung der Fahrzeugkomponenten unterstützen. Hierbei können die Studierenden nicht nur wichtiges Network betreiben, welches für ihr späteres Berufsleben essenziell ist, sondern besitzen auch die Möglichkeit, sich für künftige Forschungsprojekte zu vernetzen.

Sobald das Fahrzeug fertiggestellt ist, folgt eine Testphase, in der das Team durch das Sammeln und Auswerten von Daten letzte Fehler beheben und das Fahrzeug weiter verbessern kann. Hierbei spielt die Reflexion der geleisteten Projektarbeit eine wichtige Rolle.

Nach der Testphase wird das Team mit dem gebauten Rennfahrzeug auf internationalen Wettbewerben, am Ende der Formula-Student-Saison, teilnehmen, um sich dort mit anderen Hochschulen und Universitäten aus der ganzen Welt zu messen.

Einerseits wird hier die Leistung des Fahrzeuges in verschiedenen dynamischen Disziplinen auf der Rennstrecke bewertet. Andererseits dienen die statischen Disziplinen der Wettbewerbe dazu, das Vorgehen und die Arbeitsweise der Studierenden während der Fahrzeugentwicklung zu evaluieren. Deshalb ist es für die Teammitglieder bei Strohm und Söhne e.V. unerlässlich, während ihrer Arbeit am Projekt eine strukturierte und gut dokumentierte Arbeitsweise an den Tag zu legen, die daraufhin auch den folgenden Teamgenerationen bei der Projektarbeit zugutekommt.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Fahrzeugentwicklung > Technische Ergebnisse der Arbeit

Die wohl größte Veränderung von „NoRa8“ im Vergleich zum letzten Fahrzeug stellt das weiterentwickelte Chassis dar. Dafür überarbeitet das Team das Monocoque der Vorgänger-Fahrzeuggeneration und integriert den neuen vorderen Überrollbügel, welcher nun aus Aluminium besteht, in die aktuelle Alu-Aluhoneycomb-Alu-Sandwichstruktur, die eine deutliche Gewichtsersparnis möglich macht.



Abbildung 4: Ausreißversuch an der Hochschule. Foto: Strohm und Söhne e.V.)

Dadurch wurden ebenso die Lenkung überarbeitet und die Lenkradaufnahme nun direkt mit dem Chassis verbunden, damit mit dieser das Fahrzeug präziser um die Kurse bewegt werden kann. In der E-Technik wird der letztjährige neu entwickelte Akkumulator ebenso weiterentwickelt, um das Fahrzeug noch effizienter mit Strom versorgen zu können. Die Studierenden bleiben weiterhin bei einem Rundzellen-Konzept, welches auf insgesamt 432 Zellen des Typs 21700 in 144S-3P-Verschaltung beruht. Die Maximalspannung von 600 V bleibt im Vergleich zum letzten Fahrzeug unverändert, durch die Verwendung neuer Zellen sind aber größere Lade- und Entladeströme zu erwarten. Kombiniert mit einem verbesserten Kühlungskonzept, wird der neue Akkumulator also deutlich leistungsstärker werden. Dies soll auch das Team im Bereich der Rekuperation voranbringen, bei der hohe Ladeströme zusätzliche Abwärme im System verursachen. Auch wurde das Einschaltkonzept grundlegend überarbeitet: Ein zuvor direkt am Akku verbauter Taster brückte direkt die 600 V des Fahrzeuges, entsprechend groß und schwer zugänglich war dieser. Ersetzt wurde er durch einen variabel positionierbaren Niederspannungstaster. Zusätzlich arbeitet das Team seit Beginn der Saison an einer Eigenlösung zur Übertragung der Daten auf den CAN-Bussen im Fahrzeug. Neben der bloßen Datenübertragung wird auch eine Benutzeroberfläche selbst programmiert. Trotz der Tatsache, dass das letzte Fahrzeug außerordentlich zuverlässig auf den Rennstrecken ablieferte, wurden bei vielen Platinen noch Verbesserungen eingepflegt, nur vereinzelt wurden Konzepte aus dem Vorjahr unverändert übernommen.

Teamaufbau > Strukturelle Ergebnisse der Arbeit

Zu Beginn der Saison 2021 konnten Abteilungsstrukturen sowie Baugruppen und deren Zuständigkeitsbereiche eindeutig aufgestellt, festgelegt und definiert werden, sodass ein produktives Schnittstellenmanagement und eine produktive Teamorganisation ermöglicht werden konnten.



Abbildung 5: „NoRa7“-Scrutineering am Hungaroring. Foto: Strohm und Söhne e.V.

Hierbei unterteilt sich die Teamstruktur in eine Mechanik-, Elektrotechnik- und Teamorganisation-Abteilung. Für jede der genannten Abteilungen gibt es jeweils ein bis zwei zuständige Personen, welche den Überblick über die jeweilige Abteilung bewahren. Diese arbeiten eng zusammen mit der Gesamt-Teamleitung, um das Projekt bestmöglich ausführen zu können.

Die mechanisch angelegte Abteilung wird in die Baugruppen Chassis & Cooling, Akkumulator und Suspension & Powertrain unterteilt. In der elektrotechnischen Abteilung besteht das Team aus den Baugruppen Kabelbaum,

Akkumulator, Tractive System, Steuergerät und Sensorik. Die Bereiche Marketing, Businessplan, Cost Report, Projektsteuerung und Sponsoren/PR sind Elemente der Abteilung Teamorganisation und Management. In jeder Abteilung sowie Baugruppe finden – zusätzlich zum gemeinsamen Arbeiten – wöchentlich Treffen statt, in denen die Fortschritte besprochen und weitere Arbeitspakete diskutiert werden. Für ein Gesamt-Team-Update findet jede Woche ebenso ein Teamtreffen für alle Mitglieder von Strohm und Söhne e.V. statt. So ist sichergestellt, dass zwischen Baugruppen, Abteilungen und individuellen Mitgliedern Informationen kontinuierlich fließen und erarbeitetes Wissen weitergegeben werden kann, was den Projekterfolg und die interdisziplinäre Weiterentwicklung aller Studierenden nachhaltig sicherstellt. Mittels dieses Aufbaus ergibt sich eine gut organisierte Teamstruktur, in der jeder und jede Studierende eine individuelle, wichtige Rolle einnimmt.

5. Fazit und Ausblick

Das Ziel des Projektes ist es, ein voll funktionsfähiges Fahrzeug mithilfe der erarbeiteten Konstruktionen der vergangenen Jahre zu fertigen und somit im Sommer 2022 an Events in ganz Europa der Formula Student teilzunehmen und gute Platzierungen zu erreichen.



Abbildung 6: „NoRa7“ am Hungaroring. Foto: Strohm und Söhne e.V.

Nach der Saison wird das Projekt „NoRa8“ zu „NoRa9“ transferiert. Dafür beginnt die Teamleitung schon frühzeitig, Nachfolger für die Führungspositionen zu finden und diese einzuarbeiten, um für die nächste Saison vorbereitet zu sein. Hierbei werden bereits während der Saison neue Mitglieder rekrutiert und in der aktuellen Teamstruktur eingearbeitet.



Abbildung 7: Teamfoto Jahresabschluss 2021. Foto: Strohm und Söhne e.V.

Wichtig hierbei ist es, den Wissenstransfer zwischen den alten und den neuen Teammitgliedern sicherzustellen, indem eine gemeinsame Konzeptphase für das Nachfolge-Fahrzeug in Planung ist. Um dies gewährleisten zu können, wird eine detaillierte und lückenlose Dokumentation der Fahrzeugentwicklung von dem jetzigen Fahrzeug erstellt. Des Weiteren gilt als übergeordnetes Ziel von Strohm und Söhne e.V.: „Evolution statt Revolution“. Mittels der technischen Weiterentwicklung können nachfolgende Teammitglieder an den Wissensstand der Vorgänger anknüpfen und somit ein erfolgreiches neues Rennfahrzeug konstruieren. Beispiele für eine solche zukünftige Entwicklung über „NoRa8“ hinaus wäre der Umstieg von einem Aluminium-Monocoque auf ein Carbon-Monocoque oder die Entwicklung einer ausgereiften Aerodynamik. Dadurch erhalten die Studierenden nicht nur die Möglichkeit, durch das Lehrforschungsprojekt Formula Student Fahrzeugentwicklung am Puls der Zeit zu erleben, sondern auch eine individuelle und besondere Erfahrung.

Empirische Hypothesentests für Innovationen in der Digitalwirtschaft

Prof. Dr. Alexander Hahn
Fakultät Betriebswirtschaft
TH Nürnberg

Zusammenfassung

In der Digitalwirtschaft werden betriebswirtschaftliche Fragestellungen auf Basis empirischer Hypothesentests geprüft, um valide Entscheidungen zu treffen. Das Lehrforschungsprojekt hat zum Ziel, in verschiedenen Vorlesungen und Abschlussarbeiten diesen Prozess mit betriebswirtschaftlichen Studierenden aktiv zu durchlaufen.

Ein besonderer Fokus liegt darauf, dass die Studierenden einfache digitale Prototypen für Websites, Mobile Apps oder Chatbots eigenständig, das heißt ohne die Unterstützung durch Gestalter*innen und Entwickler*innen, erstellen können. Die Studierenden waren sowohl in den Vorlesungen als auch im Rahmen der Abschlussarbeiten in der Lehrforschung sehr motiviert.

Im Laufe des Projektes wurden über 50 digitale Prototypen in Gruppenarbeiten und Abschlussarbeiten erstellt und mit über 500 Nutzer*innen getestet. Hier lernten die Studierenden, sowohl qualitative Daten (in den Vorlesungen) als auch quantitative Daten (in den Abschlussarbeiten) zu erheben und auszuwerten. Die folgenden Studiengänge waren beteiligt: Bachelor Betriebswirtschaft und Bachelor International Business, sowie allgemeinwissenschaftliche und Wahl- und Wahlpflichtfächer aus sämtlichen fakultätsübergreifenden Studiengängen.

1. Projektdaten

Fördersumme	8.078,85 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2021
Fakultät	Betriebswirtschaft
Projektleitung	Prof. Dr. Alexander Hahn
Kontaktdaten	alexander.hahn@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Die Digitalwirtschaft prüft betriebswirtschaftliche Fragestellungen auf Basis empirischer Hypothesentests, um valide Entscheidungen zu treffen. In der Regel werden Produkt- und Dienstleistungsideen nicht sofort umgesetzt, sondern als einfacher Prototyp mit einer kleinen Gruppe von Nutzer*innen qualitativ getestet (Problem-Solution-Fit). Anschließend testet man zentrale Hypothesen mittels quantitativer Daten, um Nutzer*innenverhalten messbar zu machen (Product-Market-Fit). Abbildung 1 verdeutlicht das Vorgehen.



Abbildung 1: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Blank (2015). Grafik: Alexander Hahn

Das Lehrforschungsprojekt hatte zum Ziel, in verschiedenen Vorlesungen und Abschlussarbeiten diesen Prozess mit betriebswirtschaftlichen Student*innen aktiv zu durchlaufen. Ein besonderer Fokus lag darauf, dass die Studierenden einfache digitale Prototypen für Websites, Mobile Apps oder Chatbots eigenständig, sprich ohne die Unterstützung durch Gestalter und Entwickler, erstellen können. Somit war es ihnen möglich, selbstständig mittels der Prototypen qualitative und quantitative Daten zu Nutzer*innenfeedback und Nutzer*innenverhalten zu erheben. Die Studierenden wurden somit zu aktiv Forschenden.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Die Studierenden führten den folgenden, detaillierten Prozess mit den ausgewählten Tools durch. Die Auswahl basiert auf einem Test von über 50 Tools (Hahn, Klug 2021). Dabei unterscheiden sich die Tools vor allem hinsichtlich ihres Anwendungsfalles: Jimdo (einfache Landing Pages), Typeform (einfache Umfragen, Eventregistrierungsseiten & Verkaufsseiten) und Hellotars (einfache Chatbots). Der Prozess des Einsatzes der Tools in Vorlesungen sah wie folgt aus:

Schritt 1: Vorstellung und Einführung der Prototyping Software in Lehrinheiten. Fokus auf 2–3 Tools

Schritt 2: Eigenständige Erstellung von Prototypen durch Studierendenteams in Bezug auf einen vorgegebenen (z. B. Kooperation mit Partner*innen aus der Region) oder selbst entwickelten Anwendungsfall (z. B. Start-up-Idee)

Schritt 3: Qualitativer oder quantitativer Test der Prototypen durch Studierendenteams

Schritt 4: Datenanalyse und -interpretation

Schritt 5: Ergebnispräsentation

Schritt 6: Reflektion über den Lernprozess und Vorstellung von Fortbildungsmöglichkeiten für lebenslanges Lernen

Die meisten der Tools können miteinander kombiniert werden (Tabelle 1): So kann Leadpages die Testnutzer randomisiert zu verschiedenen Varianten eines mit Hellotars erstellten Chatbots leiten (A/B-Testing). Hypothesen können so einfach und kostengünstig an realen Fragestellungen empirisch getestet werden und bieten eine fundierte Forschungsausbildung für weiterführende Bachelorarbeiten. Gerade die Conversion-Rate-Optimierung über A/B-Testing im digitalen Marketing hat einen Mangel an gut ausgebildeten Fachkräften mit fundiertem Methoden- und Toolwissen.

Name	Anwendungsfall	Kombinierbar mit...
Hellotars	ChatBot Prototyping	typeform, Leadpages
Typeform	Online Marketing Test	hellotars, Leadpages
Leadpages	A/B Hypothesentests im Online Marketing	hellotars, typeform, lookback, Jimdo, invision
Lookback	Qualitativer und quantitativer User Research	Leadpages, Jimdo, invision
Jimdo	Landing Page Builder	Leadpages, lookback
invision.com	Click-Dummy Builder	lookback

Tabelle 1: Anwendungsfälle und Kombinierbarkeit

Interdisziplinäre Ausgestaltung

Die Studierenden wurden durch Tools ausgebildet, grundlegende gestalterische Fragestellungen des User Interface und User Experience Designs zu verstehen und selbst zu beantworten. Zudem erlangten sie ein grundlegendes Verständnis für Problemstellungen der Programmierung (Mensch-Computer-Interaktion, logische Bedingungen, Schleifen, ...), ohne selbst Code schreiben zu müssen.

Dies ermöglichte ihnen, die Arbeitsweise von Gestaltern und Programmierern besser nachzuvollziehen. Somit erlangten sie wichtige – in der Digitalwirtschaft unerlässliche – Fähigkeiten zum interdisziplinären Arbeiten. Im Rahmen der fakultätsübergreifenden Kooperation des AWPF- Ideenmanagements konnten Studierende interdisziplinär unter Einbindung von Gestalter*innen, Entwickler*innen, Ingenieur*innen, Betriebswirt*innen und Sozialwissenschaftler*innen UI/UX Design, die Programmierung und die nutzer*innenorientierte Forschung mit interdisziplinären Fähigkeiten erlernen.

Des Weiteren wurden die Studierenden in freiwilligen Forschungsworkshops in interdisziplinäre Projekte wie AUTOKOMM oder EMOTIONAI im Rahmen von Forschungsprojekten bei LEONARDO – Zentrum für Kreativität und Innovation eingebunden (LEONARDO, o. J.).

Vernetzung in der Region & Außenwirkung

Die Studierenden konnten mit ihren erlangten Fähigkeiten Hypothesentests für verschiedene Partner aus der Region durchführen: Start-ups, Unternehmen der Digitalwirtschaft, Mittelständler in ihrer digitalen Transformation, Agenturen, Beratungen und Einrichtungen der öffentlichen Hand. In der Vergangenheit wurde das bereits mehrfach erfolgreich durchgeführt (Hahn, Klug 2021). Dies stärkt die regionale und überregionale Positionierung der TH Nürnberg als schneller und kompetenter Umsetzungspartner der digitalen Transformation und als Impulsgeber für Innovationen. Die Studierenden wurden auch befähigt, an Events und Wettbewerben der regionalen Digitalwirtschaft (z. B. Digital Hub Hackathon Zollhof) teilzunehmen und unternehmerisch tätig zu werden.

Bezug zu laufenden Forschungsprojekten an der Fakultät

Dieses Projekt kann als Hinführung zu den Forschungsprojekten in der Digital-Empathy-Forschung des BeLab der Fakultät BW dienen (Hahn et al., o. J.). Ebenso ist es eingebettet in interdisziplinäre Forschungsprojekte, wie AUTOKOMM und EMOTIONAI bei LEONARDO (LEONARDO, o. J.). Im Rahmen dieser Projekte unterstützt das Projekt nochmals die strategischen Leitthemen Medien und Kommunikation sowie Verkehr, Logistik und Mobilität.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Neben zahlreichen interessanten inhaltlichen Ergebnissen zu Hypothesen im digitalen Marketing, sind auch die Ergebnisse der Eignung verschiedener Tools zum Einsatz in der Lehre relevant. So kann auf den derzeitigen Tools aufgebaut und die Bandbreite erweitert werden, etwa um die Themen Augmented Reality, Artificial Intelligence und E-Mail-Marketing.

Im Rahmen der Lehrforschung wurde eine forschungsbegleitende Evaluation der digitalen Kompetenzen der beteiligten Bachelorstudierenden durchgeführt. Es wurde ein Fragebogen auf Basis des europäischen Referenzrahmens DigComp (Strategie der Kultusministerkonferenz 2017) entworfen. Die Studierenden der Vorlesungen Kommunikation und E-Commerce beantworteten diesen Fragebogen einmal vor dem Workshop, indem das Konzept der Lehrforschung angewandt wurde, sowie einmal nach diesem Workshop. Somit liegt eine subjektive Selbsteinschätzung der Studierenden zu zwei Zeitpunkten vor. Ein Vergleich der subjektiven Selbsteinschätzungen soll nun erste Hinweise auf mögliche Ergebnisse der Lehrforschung hinsichtlich der Steigerung der digitalen Kompetenzen der Studierenden geben. Insgesamt liegen Antworten von 90 Studierenden vor, davon 36 im Sommersemester 2021 sowie 54 im Wintersemester 2021. Die Abbildungen 2, 3 und 4 zeigen die Mittelwerte der beteiligten Studierenden hinsichtlich der abgefragten Variablen vor sowie nach der Intervention der Lehrforschung.

Die Ergebnisse in Abbildung 2 zeigen, dass die folgenden Kompetenzen keine signifikanten Veränderungen aufweisen: Mediennutzung, Informationen zu teilen und die effektive Zusammenarbeit.

In Abbildungen 3 und 4 weisen die ausgewerteten Fragebögen eine signifikante Steigerung der digitalen Kompetenzen auf. Folgende Kompetenzen fallen darunter: kooperative Nutzung, Konzeptionsschritte, Planung eines digitalen Projektes und zugrunde liegenden Prinzipien, Methoden, Prozesse agiler Softwareentwicklung, Konzepte entwerfen, Inhalte produzieren, Tools/Editorprogramme für Webseite/Chatbots, Gestaltungselemente bewusst einsetzen, fähig, bei Konzeption anzuleiten, Produzieren und Präsentieren, Wirkung von digitalen Kanälen analysieren, Wissen über die Vielfalt der digitalen Medienlandschaft, Chancen/Risiken des Mediengebrauches. Die stärksten Steigerungen weisen dabei die folgenden Items auf: Konzepte zur Erstellung digitaler Kanäle entwerfen, fähig, Tools/Editorprogramme für die Erstellung von Webseiten oder Chatbots mittels Templates zu benutzen und andere Studierende bei der Konzeption digitaler Materialien anleiten zu können. Das zeigt, dass die Studierenden nicht nur an Wissen dazugewonnen haben, sondern auch vermehrt in der Lage sind, selbst tätig zu werden.



Abbildung 2: Ergebnisse der Evaluation – keine Veränderungen der wahrgenommenen digitalen Kompetenzen $I^* = p < 0,05$. Grafik: Alexander Hahn



Abbildung 3: Ergebnisse der Evaluation – signifikante Steigerungen der wahrgenommenen digitalen Kompetenzen $I^* = p < 0,05$. Grafik: Alexander Hahn



Abbildung 4: Ergebnisse der Evaluation – signifikante Steigerungen der wahrgenommenen digitalen Kompetenzen $I^* = p < 0,05$. Grafik: Alexander Hahn

5. Fazit und Ausblick

Die Studierenden waren sowohl in den Vorlesungen als auch im Rahmen der Abschlussarbeiten in der Lehrforschung sehr motiviert. Im Laufe des Projektes erstellten sie über 50 digitale Prototypen in Gruppenarbeiten und testeten diese nutzer*innenzentriert. Hier lernten es die Studierenden, sowohl qualitative Daten in den Vorlesungen als auch quantitative Daten in den Abschlussarbeiten zu erheben und auszuwerten. Die ersten subjektiven Selbsteinschätzungen der Studierenden deuten darauf hin, dass in spezifischen digitalen Kompetenzen auch ein Lernfortschritt erzielt werden konnte. Es liegen allerdings nur Befragungsdaten vor und keine objektiven Verhaltens- oder Leistungsdaten. Diese Forschungslücke kann durch weitere Lehrforschungsprojekte geschlossen werden.

Die Studierenden äußerten starkes Interesse an dieser Art der Lehrforschung und empfahlen auch, dass die Übungen beibehalten werden. Es besteht ebenso ein großes Interesse an Abschlussarbeiten, die diese empirische Lehrforschung als methodische Grundlage nutzen.

6. Quellen

- Blank, S. 2013. Why the lean start-up changes everything. Harvard business review, 91(5), 63–72. Abgerufen am 08.12.2020 von: <https://hbr.org/2013/05/why-the-lean-start-up-changes-everything>
- Engel, A., 2020. Rapid Digital Prototyping with Landing Pages to test startups business model ideas: An assessment of Software Tools, Bachelor Arbeit, TH Nürnberg.
- Hahn, A., Klug, K., 2021. Vernetzung digitaler und analoger Lehre: Digital Prototyping Tools in der akademischen Marketingausbildung, in Naskrent, J., Stumpf, M., Westphal, J. (Hrsg.): Marketing / Innovation 2020, Digitalität – die Vernetzung von digital und analog, Springer Gabler, Wiesbaden.
- Hahn, A., Riedmüller, F., Verstege, R., Le Thi, T. V., Kopp, A. (o. J.). Labor für Verhaltensforschung und User Experience – Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm. Abgerufen am 06.10.2020 von: <https://www.th-nuernberg.de/fakultaeten/bw/fakultaet/labore/labor-fuer-verhaltensforschung-und-user-experience/>
- Klug, K., Hahn, A., 2018. Messenger Marketing – Brauchen ChatBots eine andere Markentonalität?, Markenartikel – Das Magazin für Markenführung, 3/2018.
- Klug, K., Hahn, A., 2019, Mobile Research: Chatbots als Alternative zum klassischen Online-fragebogen, in Pusler, M. (Hrsg.): Dem Konsumenten auf der Spur – Erfolgreiches Marketing durch zeitgemäße Marktforschung, Haufe, Freiburg im Breisgau, o. S.
- LEONARDO – Zentrum für Kreativität und Innovation (o. J.). Projekte. Abgerufen am 08.12.2020 von: <https://leonardo-zentrum.de/projekte/emotion-ai/>
- Rubach, C., & Lazarides, R. (2019). Eine Skala zur Selbsteinschätzung digitaler Kompetenzen bei Lehramtsstudierenden. Zeitschrift Für Bildungsforschung, 9(3), 345–374. doi: 10.1007/s35834-019- 00248-0
- Strategie der Kultusministerkonferenz 2017, Bildung in der digitalen Welt. Abgerufen am 08.12.2020 von: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf
- Weißhoff, N., 2019, E-Commerce Rapid Digital Prototyping: Eine vergleichende empirische Analyse gängiger Shopanwendungen unter Berücksichtigung der Nutzerfreundlichkeit und Funktionalität für Anwender in frühen Phasen der Geschäftsmodellentwicklung, Bachelorarbeit, TH Nürnberg.
- World Economic Forum, 2016, The Future of Jobs, URL: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs>, abgerufen am 19.10.2018.



Genesis VisionTest – Parallax Filter

Jakob Haber
Andreas Pazureck, M. Sc.
Prof. Dr. Helmut Herold
Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Im Lehrforschungsprojekt Genesis VisionTest Parallax Filter wurde von einem Studierenden im 6. Fachsemester ein Teach-In-Algorithmus entwickelt. Dieser gleicht mithilfe der Aufnahmen von zwei Kameras, welche ein Stereoskopiebild erzeugen, die physikalischen Fehler einer Parallaxenbarriere aus.

Eine Parallaxenbarriere ist eine Möglichkeit, einen sogenannten Stereoskopieeffekt zu erzeugen. Dieser wird in der Regel dazu verwendet, den Eindruck räumlichen Sehens zu vermitteln. Dabei wird auf einen Computerbildschirm Folie aufgebracht, die mit lichtundurchlässigen Streifen (der Barriere) versehen wird. Dadurch wird jeweils abwechselnd eine Reihe von Pixeln blockiert und man kann damit ein Bild auf ein bestimmtes Auge einer Person „lenken“.

Im Lehrforschungsprojekt konnte der Student unter Einsatz agiler Methoden im Forschungsprojekt mitarbeiten. Die Aufgabe wurde mit Pair-Programming Sessions, Clean Code und Test Driven Development ergänzt, welches alle moderne Programmierpraktiken sind, um große und komplexe Softwareprojekte in ausreichender Qualität durchzuführen.

1. Projektdaten

Fördersumme	6.323,20 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2021
Fakultät	Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Andreas Pazureck, M. Sc
Projektteam	Genesis
Kontaktdaten	andreas.pazureck@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Im Projekt Genesis VisionTest soll ein Screening für Kleinkinder im Alter zwischen ein und sechs Jahren zur Amblyopieprävention entwickelt werden. Dies geschieht interdisziplinär in Zusammenarbeit mit Expert*innen der Frühförderung des Blindeninstituts für Blinde und Sehbehinderte (BBS) Nürnberg, dem Lehrstuhl für allgemeine Psychologie der Otto-Friedrich-Universität Bamberg (OFU), der Ophthalmologie des Nordklinikums in Nürnberg und der Genesis Systems gUG in Nürnberg.

Amblyopie äußert sich symptomatisch im Erwachsenenalter als eine – auch mit Hilfsmitteln – nicht korrigierbare verminderte Sehleistung. Diese wird durch eine temporäre Sehkraftminderung im Kindesalter, zwischen 0 und 6 Jahren, ausgelöst. Hochrechnungen zufolge leiden ca. 7–10 % der erwachsenen Bevölkerung an Amblyopie. Sie tritt hauptsächlich einäugig auf, da die fehlende Sehleistung bei Kindern oft durch Ersatzhandlungen korrigiert wird. Dadurch ist diese Form der Amblyopie schwer ohne Hilfsmittel erkennbar. Hilfsmittel sind Abdecken oder Abkleben der Augen. Diese Eingriffe führen dazu, dass die Kooperationsbereitschaft der jungen Proband*innen stark vermindert ist, da diese die Notwendigkeit der Maßnahmen nicht erkennen können.

Genesis VisionTest ist ein seit 2014 laufendes Forschungsprojekt an der Technischen Hochschule Nürnberg. Um die Entdeckungsquote einäugiger Amblyopie zu verbessern, ist es daher das Ziel des Genesis VisionTests, die

Sehkraft für jedes Auge einzeln abzu prüfen. Dabei soll eine Parallaxenbarriere eingesetzt werden, welche keine Hilfsmittel am Probanden bzw. an der Probandin benötigt. Die Parallaxenbarriere deckt einen Teil eines diskreten Leuchtmittelarrays (zum Beispiel eines Computerbildschirms) ab. Ein Bildschirm ist aus mehreren individuellen Lichtquellen (Pixeln) aufgebaut. Dadurch lässt sich mithilfe einer Parallaxenbarriere ein Stereoskopieeffekt erzeugen, der in der Regel dazu gedacht ist, einen räumlichen Seheindruck beim Rezipienten bzw. bei der Rezipientin hervorzurufen. Dies geschieht dadurch, dass ein leicht versetztes Bild einer digitalen Aufnahme auf das entsprechende Auge projiziert wird, bzw. das Bild, das für das andere Auge gedacht ist, durch die Barriere zu blocken. Dieser Effekt soll genutzt werden, um Testmuster für jedes Auge einzeln darstellen zu können.

Da kommerzielle Displays auf eine Probandendistanz von ca. 0,7 m ausgelegt sind, kann der volle Visus bei einer Standardpixeldichte moderner Monitore von ca. 180–390 dpi (Dots per Inch) nicht ermittelt werden. Es wurde daher in Vorprojekten eine spezielle Parallaxenbarriere konstruiert, die es ermöglicht, die Distanz der Versuchsperson auf ca. 2 m zu erhöhen. Damit ist ein voller Visus in einer akzeptablen Auflösung bestimmbar. Ein Erwachsener hat einen Visus von ca. 1,5–1,8.

Eine falsche Erzeugung des Quellbildes führt zum sogenannten Moiré-Effekt. Der Moiré-Effekt kommt durch falsche oder teilweise Nichtabdeckung des Bildes durch die Parallaxenbarriere zustande, welches nicht für das zu prüfende Auge gedacht ist. Er äußert sich bei Stereoskopiebildern in regenbogenfarbigen Schlieren auf dem Bild. Im Fall des Sehtests würde er dazu führen, dass das gesunde Auge die Testmuster erkennen kann. Dies eliminiert die Aussagekraft des Sehtests.

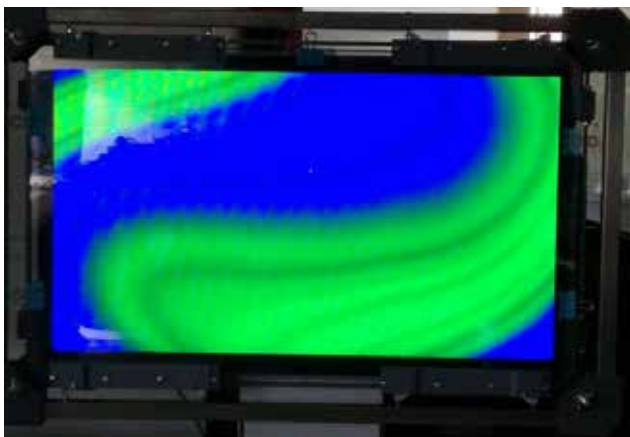


Abbildung 1: Eine falsche Erzeugung des Quellbildes führt zum sogenannten Moiré-Effekt. Dieser äußert sich in grünen Schlieren, welche durch Interferenzen des überlagerten Gittermusters von Parallaxenbarriere und Pixelgitter des Monitors hervorgerufen wird. Foto: Andreas Pazureck

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Die Aufgabe des Studenten war es, zusammen mit dem Projektleiter und unter Einsatz agiler Methoden, einen Teach-In Algorithmus zu entwerfen. Bei dem Algorithmus wird mit zwei Kameras, die durch ihre nahe Position als Stereoskopiekamera funktionieren, die Parallaxenbarriere zu vermessen. Die daraus resultierende Matrix kann später verwendet werden, um das korrekte Bild auf das entsprechende Auge zu projizieren. Somit werden Ungenauigkeiten in der ursprünglichen Parallaxenbarriere ausgeglichen.



Abbildung 2: Durch den Einsatz zweier Kameras, die als Stereoskopiekamera agieren, ist es möglich die Ungenauigkeiten der aufgedruckten Parallaxenbarriere auch bei grösseren Abständen auszugleichen. Foto: Andreas Pazureck

Durch die agile Entwicklung mit ScrumBan lernte der Studierende, selbstständig und selbst verantwortlich ein Produkt mit dem größten Mehrwert für den Kunden – in diesem Fall das Forschungsprojekt Genesis VisionTest – zu entwickeln. Vor allem bei Forschungsvorhaben ist diese Dynamik vorteilhaft, da mit jedem Erkenntnisgewinn eine Neuausrichtung des Projektes einhergehen kann (Early Feedback Cycle). Dieser produktwertfokussierte Ansatz hilft den Studierenden, anhand des konkreten Beispiels ihre Forschungsarbeiten zielgerichtet und organisiert voranzutreiben. Der zeitunabhängige Ansatz von ScrumBan ermöglicht es den Studenten auch, die Arbeiten dynamisch an ihre weiteren zu leistenden Studienarbeiten anzupassen.

Die Arbeiten wurden nach dem Praxissemester (5. Semester) durchgeführt. Dadurch wurde eine Vorbereitung auf die anstehende Bachelorarbeit gefördert. Durch Kontakt mit wissenschaftlicher Fachliteratur und aktives Mitgestalten des Forschungsprojektes wurde ein Grundstein für wissenschaftliche Arbeitsweise gelegt. Der Student konnte seine in den Lehrveranstaltungen Informatik 1 und 2 erworbenen Kenntnisse anwenden, vertiefen und ausbauen.

Durch regelmäßige Reviews im Zwei-bis-drei-Wochen-Takt wurden Erkenntnisse und Ergebnisse ausgetauscht. Dadurch wurde der Student dabei unterstützt, den Fokus zu behalten und zwischen wichtigen und unwichtigen Themen zu unterscheiden.

Aus dem didaktischen Bereich lag der Fokus besonders auf Clean Coding. Durch die Regeln des nachhaltigen Programmierens werden die Lesbarkeit, Änderbarkeit, Erweiterbarkeit und Wartbarkeit des Programmes gefördert. Das Anwenden und Verstehen der Clean-Coding-Prinzipien ist essenziell.

In Pair-Programming wurde der Driver-Navigator Style eingesetzt, um möglichst schnell die Erfahrung des Senior-Entwicklers an den Studenten weiterzugeben. Beim Pair-Programming sitzen zwei Entwickler an einem PC und programmieren zusammen. Beim Driver-Navigator Style übernimmt der erfahrenere Entwickler bzw. die erfahrenere Entwicklerin eine passive Rolle; der unerfahrene Entwickler bzw. die unerfahrene Entwicklerin schreibt den eigentlichen Code.

Dabei wurde auch Test Driven Development eingesetzt. Dies ist ein Programmier-Muster, bei dem zuerst ein Test für eine bestimmte Eigenschaft oder Aufgabe des Programmes geschrieben wird. Dieser Test prüft, ob die entsprechende Logik korrekt funktioniert, und kann danach beliebig oft ausgeführt werden, um festzustellen, dass Änderungen am Programm die Regeln des Tests weiterhin nicht verletzen. Dadurch ist das Programm danach stabil und robust, aber auch gut änderbar.



Abbildung 3: Durch gemeinsame Feedbackgespräche kann schnell auf neue Erkenntnisse während des Forschungsprojekts reagiert werden.
Foto: Andreas Pazureck

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

In der Projektarbeit wurde der Teach-In Algorithmus entwickelt. Dieser liefert eine Matrix, die die Pixel filtert, welche nicht auf einem bestimmten Auge abgebildet werden sollen. Sie setzt diese auf Schwarz. Damit können die physikalisch bedingten Ungenauigkeiten der Parallaxenbarriere korrigiert werden. Zusätzlich wird mit dem Feedback-Loop durch die Kamera nachgewiesen, dass die Barriere mit dem Filter korrekt zusammenarbeitet.

Die Matrix kann als Grundlage für die weitere Verarbeitung der Testbilder verwendet werden. Eine weitere Verarbeitung ist jedoch notwendig. Menschen besitzen verschiedene Augenabstände, was dazu führt, dass die Parallaxenbarriere andere Pixel abdeckt bzw. durchscheinen lässt. Auch die Position der Person ändert die Anforderungen an das auf dem Monitor angezeigte Bild. Dadurch dient diese Vorarbeit als Startpunkt für eine Bachelorarbeit, um diese Faktoren auszugleichen.

Linkes Auge



Rechtes Auge



Abbildung 4: Nach Durchführung des Teach-In Algorithmus sind die Bilder für die entsprechenden Augen nahezu frei von Moiré-Effekten. Foto: Andreas Pazureck

Durch Verzögerungen wegen äußerer Umstände und einiger zusätzlicher technischer Probleme konnte die geplante Evaluation noch nicht stattfinden. Jedoch konnte das Vorhaben die Grundlage für weitere Schritte legen, um den kompletten Sehtest an Proband*innen durchführen zu können.

5. Fazit und Ausblick

Der Ausgleich der physikalischen Ungenauigkeiten der Parallaxenbarriere ist eine Grundlage, um ein Testbild zuverlässig auf einem Auge anzuzeigen. Es wird sichergestellt, dass der visuelle Reiz auch wahrgenommen werden kann und nicht von anderen Störfaktoren überlagert wird.

Durch die Optimierung konnte festgestellt werden, dass die Position und der Augenabstand der Proband*innen einen großen Einflussfaktor darstellen. Daraus ergab sich das Bachelorarbeitsthema, das im Anschluss von dem Lehrforschungsstudenten bearbeitet wird. In dieser Bachelorarbeit werden die Position einer Person bestimmt und der Augenabstand geprüft. Diese weitere Optimierung stellt sicher, dass der Sehtest bei einer möglichst großen Bandbreite an Personen einsetzbar ist. Dies soll am Ende der Arbeit in Proband*innenversuchen evaluiert werden.

Change Management in der Unternehmenskommunikation

Prof. Markus Kaiser
Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Die Unternehmenskommunikation steckt mitten in einem massiven Wandel: Neue Ausspielkanäle (wie Social Media) stellen sie vor die Herausforderung, stärker mit Abteilungen wie Marketing, Vertrieb und Kundendialog zusammenarbeiten zu müssen, sich (zum Teil in Newsrooms) neu zu organisieren und neue Tools zu nutzen. In diesem Lehrforschungsprojekt wurde untersucht, welche die größten Veränderungsprojekte sind und in welcher Form hierbei in der Unternehmenskommunikation Change Management angewandt wird. Nach einer Einführung ins Change Management im Fachwissenschaftlichen Wahlpflichtfach „Change Management in Medienunternehmen und in der Unternehmenskommunikation“ im Sommersemester 2021, haben die Studierenden des Bachelorstudienganges Technikjournalismus/Technik-PR qualitative Leitfadenterviews mit Mitarbeiter*innen der Unternehmenskommunikation geführt und diese anschließend ausgewertet. Ergebnis war, dass die Digitalisierung den Unternehmen zahlreiche neue Möglichkeiten bietet, insbesondere durch Corporate Publishing (unter anderem im Social Web). Die Strukturen müssen hierzu angepasst werden beziehungsweise wurden in den meisten Unternehmen bereits angepasst. Eine Change-Management-Begleitung der Veränderungsprojekte ist selten anzutreffen, obwohl sich die Arbeitsweise der Mitarbeiter*innen teilweise massiv verändert.

1. Projektdaten

Fördersumme	2.500 Euro
Laufzeit	April bis Juni 2021
Fakultät	Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
Projektleitung	Prof. Markus Kaiser
Projektteam	Nicole Schwertner und Studierende des Bachelorstudienganges Technikjournalismus/Technik-PR
Kontaktdaten	markus.kaiser@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Change Management ist eine noch sehr junge Disziplin. Es geht dabei darum, die Mitarbeiter*innen bei Veränderungen und Innovationen mitzunehmen. Der Blick gilt dem Menschen statt der technischen Umsetzung. So lässt sich auch Change Management am besten von Projektmanagement abgrenzen. Vernachlässigt man die Perspektive der Mitarbeitenden, scheitern zahlreiche Projekte. Manche sprechen davon, dass dies in rund 70 Prozent aller Projekte der Fall ist.

In den vergangenen Jahren wurde verstärkt im Bereich Change Management geforscht. Dieses Themenfeld ist dabei interdisziplinär ausgelegt. Von der Betriebswirtschaftslehre kommend, nimmt insbesondere der Einfluss der Kommunikationswissenschaften immer stärker zu. Schließlich spielt Kommunikation, die sogenannte Change Communication, in Veränderungsprojekten eine bedeutende Rolle, womöglich neben Change Leadership die bedeutendste. Es geht hierbei unter anderem um Berichte im Intranet, interne Blogs oder soziale Netzwerke, Workshops, Betriebsversammlungen oder Mitarbeiterzeitungen. Change Management gewinnt vor allem auch deshalb so stark an Bedeutung, weil Unternehmen aufgrund der Digitalisierung vor enormen Herausforde-

rungen und Veränderungen stehen. Um die digitale Transformation zu bewerkstelligen, sind neue Visionen, Geschäftsmodelle, Produkte und Prozesse gefordert. Dies überfordert aber auch zahlreiche langjährige Mitarbeiter*innen, weil sich dies auf deren tägliche Arbeit massiv auswirkt.

Im Sommersemester 2020 wurde in einem Lehrforschungsprojekt untersucht, welche Veränderungsprojekte in Medienunternehmen derzeit am stärksten vertreten sind und wie hierbei auf Change Management gesetzt wird. Das Lehrforschungsprojekt im Sommersemester 2021 hat hieran angeschlossen und die Lage in der Unternehmenskommunikation untersucht. Ähnlich wie in der Medienbranche, ist auch hier mit radikalen Veränderungen zu rechnen: Corporate Publishing, also eigene Medien wie Websites, Blogs oder Social-Media-Kanäle, ermöglicht es Unternehmen, mit ihren Kunden direkt in Kontakt zu treten, statt Zeitungen, Zeitschriften, Radio- und Fernsehsender als Mittler nutzen zu müssen. Ähnlich wie bei Medienhäusern ist auch hier zu erwarten, dass dies hohe Auswirkungen auf die Organisationsformen haben wird, wie die Gestaltung von Newsrooms beispielsweise. Ziel dieses Lehrforschungsprojektes war es, herauszufinden, welche Veränderungsprojekte derzeit die größten bzw. bedeutendsten im Bereich Unternehmenskommunikation sind. Außerdem stellte sich die Frage, ob im Rahmen der Projekte auf Change Management gesetzt wird und welche Rolle hierbei traditionelle Change-Management-Modelle wie beispielsweise des US-amerikanischen Wissenschaftlers John P. Kotter oder des Change-Management-Zertifizierers Prosci spielen.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Im Mittelpunkt des Lehrforschungsprojektes standen qualitative Leitfadeninterviews mit Mitarbeiter*innen der Unternehmenskommunikation (zum Beispiel von Siemens oder ZF Friedrichshafen). Nach einer Einführung in Change-Management-Theorien haben sich die Studierenden im Fachwissenschaftlichen Wahlpflichtfach (FWPF) „Change Management in Medienunternehmen und in der Unternehmenskommunikation“ im Bachelorstudengang Technikjournalismus/Technik-PR an die Analyse von Unternehmen gemacht, deren Mitarbeitende sie interviewen wollten. Sie haben dazu Leitfragen vorbereitet. Die Interviewtermine fanden von April bis Juni 2021 statt. Aufgrund der Corona-Pandemie konnten diese Interviews ausschließlich via Zoom oder telefonisch durchgeführt werden. Anschließend wurden die Interviews transkribiert, ausgewertet und im Seminar besprochen.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Die Veränderungsprojekte in der Unternehmenskommunikation sind sehr heterogen und unterschiedlicher als erwartet. Die Reorganisation dieses Bereiches spielte in den meisten Unternehmen eine bedeutende Rolle. Wie diese aussieht, ist jedoch völlig unterschiedlich. So spielt tatsächlich die Einrichtung eines Newsrooms, aus dem die verschiedenen Ausspielkanäle gesteuert werden, insbesondere bei größeren Unternehmen eine Rolle. Hierbei war es unterschiedlich, ob ausschließlich die externe Unternehmenskommunikation oder auch Marketing bzw. die interne Unternehmenskommunikation und andere Abteilungen beteiligt waren. Teilweise fand sich auch die Aufteilung in earned, owned und paid media. Ersteres steht dafür, dass beispielsweise durch Pressearbeit über das Unternehmen berichtet wird. Owned media sind die eigenen Ausspielkanäle, beispielsweise die Website, Kundenmagazine oder Social-Media-Posts. Letzteres sind vom Unternehmen bezahlte Anzeigen in den verschiedensten Medien, was unter Werbung fällt.

Als weiteres Veränderungsprojekt wurde einmalig auch der Einsatz von künstlicher Intelligenz in der Unternehmenskommunikation genannt. Nach dieser Befragung scheint dies in den meisten Abteilungen für Unternehmenskommunikation aber noch keine bzw. eine untergeordnete Rolle zu spielen. Künstliche Intelligenz wurde in diesem Fall zur Steuerung der Ausspielkanäle eingesetzt.

Die Einführung neuer Ausspielkanäle wiederum war für zahlreiche befragte Unternehmen ein bedeutender Punkt. Hierbei handelte es sich in der Regel um das Bespielen neuer Social-Media-Kanäle oder die Implementierung neuer Weblogs. Nicht in allen Fällen, aber manchmal entstanden hierbei auch neue Schnittstellen zu anderen Abteilungen: Während sich die Unternehmenskommunikation beispielsweise um die Posts kümmert, ist das Marketing für Werbeanzeigen auf demselben Kanal zuständig, und der Kundendialog muss bei internen Messages ein-

bezogen werden. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit.

Ein häufig genannter Punkt war auch die Einführung einer neuen Software. Dies ist ein Klassiker unter Veränderungsprojekten. Hierbei handelte es sich nicht selten um eine komplett neue Softwarelösung. Hier scheint der Zeitraum, in dem neue Tools eingeführt werden, immer kürzer zu werden.

Der zweite Teil der Forschungsfrage, ob ein strukturiertes Change Management die Projekte begleitet, wurde mehrheitlich verneint. Unter anderem folgende Gründe wurden genannt: Das Veränderungsprojekt betreffe zu wenige Mitarbeiter*innen, als dass ein Change Manager eingebunden werden müsse. Das Projektbudget war nicht ausreichend, um Change-Management-Maßnahmen zu ergreifen. Es sei nicht bekannt, wer im Unternehmen für ein Change Management eingebunden hätte werden müssen. Die betroffenen Mitarbeiter seien bereits sehr motiviert bzw. seien ohnehin auch durch Change Management nicht zu motivieren, sodass diese Maßnahmen nicht nötig seien.

Allerdings wurde eingeräumt, dass es Schwierigkeiten bei den Projekten gab, weil die Betroffenen nicht in allen Fällen das dahinterstehende Ziel kannten bzw. überzeugt davon waren, weil das Projektvorhaben zu intransparent bzw. zu wenig kommuniziert worden war, weil die Führungskräfte nicht komplett hinter dem Wandel standen. Letztlich sind dies exakt die Punkte, die darauf hindeuten, dass ein begleitendes Change Management bei den Veränderungsprojekten hilfreich gewesen wäre.

Was sich hinter dem Begriff Change Management verbirgt und wie das methodische Vorgehen aussehen könnte, war fast allen interviewten Mitarbeiter*innen nicht bewusst.

Vier Phasen für das Change Management

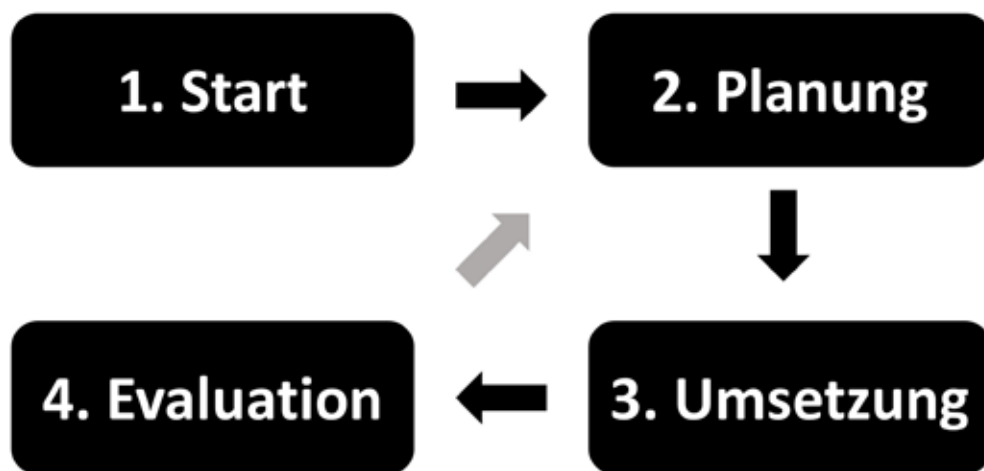


Abbildung 1: Strukturiertes Change Management beginnt mit einer IST-Analyse, zum Beispiel durch einen Fragebogen oder Leitfadeninterviews. Anschließend folgt die Konzeption von Maßnahmen in der Regel in einem Workshop. Erst danach werden die Maßnahmen umgesetzt. Am Ende wird der Erfolg evaluiert. Grafik: Markus Kaiser

Change Management beginnt mit einer Analyse des IST-Zustandes: Wo stehen die Mitarbeiter*innen? Gibt es ein Bewusstsein für den Wandel? Ist der Wunsch zur Veränderung bereits vorhanden? Wenn dies durch zum Beispiel qualitative Leitfadeninterviews, Gruppengespräche oder einen (Online-)Fragebogen bekannt ist, kann es an die Planung von Maßnahmen gehen. Diese sehen je nach IST-Zustand, nach Veränderungsprojekt, nach Budget und personellen Ressourcen unterschiedlich aus. Die Maßnahmen (wie beispielsweise Intranet-Arbeitsräume, Schulungen, Change-Leadership-Workshops, Apps, Tage der offenen Tür, Plakate etc.) werden in einem Workshop konzipiert, idealerweise unter Beteiligung von betroffenen Mitarbeiter*innen. Hierbei wird klar definiert, was die jeweilige Zielsetzung der Maßnahmen ist. Nach dem sogenannten ADKAR-Modell des US-Unternehmens Prosci könnten diese beispielsweise darauf einzahlen, Awareness (Bewusstsein) für den Wandel zu schaffen, Desire (Wunsch) wecken, mitzuarbeiten, Knowledge (Wissen) zu vermitteln, Ability (Möglichkeit) zu schaffen oder Reinforcement (Verankerung) zu betreiben. Für diese fünf Begriffe steht das Akronym ADKAR.

Das ADKAR-Modell von Prosci



Abbildung 2: Um herauszufinden, wo man mit Change-Management-Maßnahmen ansetzen kann, eignet sich zum Beispiel das ADKAR-Modell von Prosci.
Grafik: Markus Kaiser

Erst anschließend werden die Maßnahmen umgesetzt. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei der Change Communication zu. Die Mitarbeitenden wollen informiert sein darüber, was sich verändert, warum es sich verändert, was für sie bei der Veränderung herausspringt und was sie selbst beitragen können. Nicht zu unterschätzen ist es außerdem, Führungskräfte einzubinden und zu schulen (Change Leadership). Bei größeren Veränderungsprojekten, bei denen nicht alle Mitarbeitenden direkt erreicht werden können, empfiehlt es sich, sogenannte Change Agents als Multiplikatoren auszubilden und einzusetzen. Nachdem die Maßnahmen durchgeführt worden sind (bzw. idealerweise sogar währenddessen fortwährend), wird eine Evaluation gestartet. Im agilen Change Management kann nach der Evaluation erneut zur Planung gesprungen werden. Zu beachten ist hierbei, dass die Zyklen eines agilen Change Managements nicht mit den Zyklen des Projektmanagements (zum Beispiel Sprints bei Scrum) übereinstimmen müssen.

In den Leitfadeninterviews zeigten sich die Mitarbeiter*innen der Unternehmenskommunikation interessiert am methodischen Vorgehen von Change Management. In den wenigsten Fällen ist dies allerdings bei den Veränderungsprojekten angewandt worden. Hier scheint es noch ein großes Potenzial zu geben, insbesondere, da aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung, der neuen Arbeitsweisen aufgrund der Corona-Pandemie sowie der sich immer öfter durchsetzenden New-Work-Prinzipien (Homeoffice statt Büro) und des Fachkräftemangels (Zufriedenheit der Mitarbeiter wird immer wichtiger) mit zunehmend mehr und größeren Veränderungen auch in der Unternehmenskommunikation zu rechnen ist.

5. Fazit und Ausblick

Die Befragung zeigt, dass in zahlreichen Unternehmen noch ein Bewusstsein für ein professionelles Change Management geschaffen werden muss. Noch scheint vielen Unternehmen nicht bewusst zu sein, welchen Mehrwert dies bietet, um Veränderungen schneller und erfolgreicher herbeizuführen. Die Befragung hat gezeigt, dass es sich lohnt, dieses Thema auch mit Forschung weiter zu begleiten und hier einen spezifischen Blick auf die Medien- und Kommunikationsbranche zu richten. Die Ergebnisse des Lehrforschungsprojektes fließen beispielsweise in ein Buchprojekt 2022 im Rahmen eines Forschungsfreisemesters ein, das gemeinsam mit Kollegin Prof. Dr. Jana Wiske von der Hochschule Ansbach verfasst wird.

Es ist davon auszugehen, dass Change Management in immer mehr Unternehmen eine größere Rolle spielen wird. Schließlich gilt es, Veränderungen möglichst reibungslos und effizient umzusetzen. Meist liegen die Probleme nicht an der technischen Umsetzung, sondern daran, dass Mitarbeiter*innen nicht mitziehen bzw. sich nicht eingebunden gefühlt haben.



Schulsozialarbeit – empirische Schneisen in komplexem Terrain

Prof. Dr. Johannes Kloha
Fakultät Sozialwissenschaften
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Das Projekt ist angesiedelt im Studienschwerpunkt Schulsozialarbeit im Bachelorstudiengang Soziale Arbeit. Ziel des Projektes ist es, den Studierenden (3. Studienphase, 6./7. Semester) über einen forschenden Zugang einen Einblick in zentrale Strukturen, Prozesse und Herausforderungen des komplexen Handlungsfeldes „Schulsozialarbeit“ zu ermöglichen.

Dies geschah über kleine Forschungsprojekte, die Studierende in Gruppen bearbeiteten und dabei von Tutor*innen begleitet und unterstützt wurden. Die drei Projektgruppen erschlossen sich selbst Fragestellungen und empirisch-methodische Herangehensweisen. Sie führten Interviews mit Professionellen zu ihrem Arbeitsalltag und arbeiteten auf der Grundlage der Analyse dieser erhobenen Daten zentrale Ergebnisse zu ihren Forschungsthemen heraus.

Dieses Vorgehen hat sich bewährt und hat zwei zentrale Lernprozesse ermöglicht: Zum einen erfuhren die Studierenden etwas über die komplexe Praxis der Schulsozialarbeit, die sich in einer ausschließlich theoretischen Behandlung so nicht erschlossen hätte. Zum anderen erwarben die Studierenden umfangreiche praktische Kompetenzen bei der Durchführung eines Forschungsprojektes.

Aufgrund der positiven Rückmeldungen der Studierenden wird das Projekt im kommenden Studienschwerpunkt erneut durchgeführt. Anpassungen wird es bei der klareren Strukturierung des Forschungsprozesses geben.

1. Projektdaten

Fördersumme	9.465 Euro
Laufzeit	März bis Dezember 2021
Fakultät	Sozialwissenschaften
Projektleitung	Prof. Dr. Johannes Kloha
Kontaktdaten	johannes.kloha@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Ziel des Projektes war es, dass Studierende des Studienschwerpunktes Schulsozialarbeit einen forschenden Zugang zur komplexen Praxis von Schulsozialarbeiter*innen bekommen. Damit sollten Möglichkeiten eröffnet werden, einen Blick auf konkrete Arbeitsprozesse und damit verbundene Herausforderungen zu werfen, die in der normativ-konzeptionellen Lehrbuchliteratur zu diesem Handlungsfeld häufig nicht ausreichend thematisiert werden. Darin liegen sowohl in allgemeiner Hinsicht als auch im Hinblick auf die momentane, durch die COVID-19-Pandemie verursachte Situation wichtige Lernerfahrungen.

Die Komplexität des professionellen Handelns von Schulsozialarbeiter*innen liegt insbesondere an der Verortung im Handlungsfeld Schule, in dem sich sowohl auf institutioneller Ebene als auch im Hinblick auf das professionelle Selbstverständnis unterschiedliche Handlungslogiken berühren (Speck 2014). Kooperation und Interaktion mit Angehörigen anderer Professionen, insbesondere den Lehrkräften, machen permanente Aushandlungen zu einer Alltagsnotwendigkeit von Schulsozialarbeiter*innen (Vogel 2006). Diese Ausgangssituation hat weitreichende Auswirkungen auf die Frage danach, wie im Handeln von Schulsozialarbeit etwa Arbeitsaufträge entstehen, Arbeitsbündnisse gebildet werden oder Themen der Arbeit mit Schüler*innen gebildet werden (Kloha 2018). Die Situation, die sich durch die Einschränkungen im Zuge der Corona-Pandemie ergeben hat, verschärfte diese Situation in zweifacher Hinsicht. Auf der einen Seite führen die weitreichenden Kontaktbeschränkungen dazu, dass im Hinblick auf die Fallarbeit so wichtige Elemente wie Kontaktherstellung, Vertrauensaufbau, Kooperation mit anderen Institutionen etc. stark eingeschränkt werden. Auf der anderen Seite steigt gleichzeitig der Bedarf an Unterstützung gerade besonders benachteiligter und gefährdeter Schüler*innen. Es gibt deutliche empirische Hinweise darauf, dass die Fälle an Kindeswohlgefährdung und häuslicher Gewalt in der Zeit des „Lockdowns“ stark zunahmten (Jentsch und Schnock 2020).

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Den Kern des Lehrforschungsprojektes bildeten drei studentische Forschungsgruppen. Diese wurden zu Beginn des Studienschwerpunktes am 8. April 2021 in einem Start-Workshop gebildet und arbeiteten kontinuierlich während der gesamten Laufzeit des Studienschwerpunktes. Die zentralen Aufgaben der Forschungsgruppen waren:

- Formulierung einer Forschungsfrage
- Entwicklung eines empirischen Designs
- Kontaktaufnahme zu potenziellen Forschungspartner*innen (insb. Schulsozialarbeiter*innen)
- Durchführung der Datenerhebung (insb. qualitativ-narrative Interviews)
- Auswertung
- Erstellung eines Abschlussberichtes und einer Projektpräsentation

Die Studierenden wurden dabei unterstützt von den – über die Projektförderung finanzierten – Tutor*innen. Diese trafen sich regelmäßig mit den Gruppen, unterstützten sie bei empirisch-methodischen Fragen und stellten den Kontakt zum Projektleiter – Prof. Dr. Johannes Kloha – her, wenn Fragen nicht gruppenintern geklärt werden konnten und intensiverer Beratungsbedarf bestand.

Das Projekt wurde insgesamt unterstützt von der Abteilung „Jugendsozialarbeit an Schulen“ (JaS) im Jugendamt der Stadt Nürnberg. Die Unterstützung bestand insbesondere darin, Türen zu potenziellen Interviewpartner*innen zu öffnen. Darüber hinaus stellte der Leiter der Abteilung, Ronny Kern, in einem Gastvortrag die konzeptionellen Grundzüge des Programmes „JaS“ in Bayern und in Nürnberg dar.

Die inhaltliche Erschließung des Handlungsfeldes Schulsozialarbeit und der Zugewinn an praktischer Forschungskompetenz waren bei diesem Projekt eng miteinander verwoben. Das sich forschende Näheren an die Praxis Sozialer Arbeit entspricht dem, was momentan unter dem Stichwort einer „Rekonstruktiven Sozialen Arbeit“ (vgl. u. a. Völter 2017) diskutiert wird. In der Beschäftigung mit der – in qualitativen Datenmaterialien wie Interviewtranskripten mit Fachkräften – sichtbar werdenden professionellen Praxis werden die Studierenden zu einer „verstehenden“ Haltung zu zentralen Kernproblemen des Handlungsfeldes angeregt. Gleichzeitig setzen sie sich mit den Möglichkeiten und Grenzen empirischer Forschungsmethoden in einem konkreten Projekt auseinander.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Die Projektgruppen arbeiteten zu drei Themen:

1. Kooperation von Schulsozialarbeiter*innen mit Lehrkräften
2. Umgang mit Mobbing- und Konfliktsituationen
3. Das Selbstbild von Schulsozialarbeiter*innen und ihre professionelle Rolle

In allen drei Projekten gelang es den Studierenden, zentrale Herausforderungen und Kategorien herauszuarbeiten. So wurde etwa deutlich, wie komplex die Kooperationsbeziehungen zwischen Schulsozialarbeiter*innen und Lehrkräften sind und wie hier schulische Hierarchien und Machtstrukturen hineinwirken. Konflikte innerhalb des Sozialraumes Schule – so die zweite Projektgruppe – werden von Schulsozialarbeiter*innen unter bestimmten Voraussetzungen als „Mobbing“ kategorisiert. Diese Kategorisierungspraxis („Wann ist ein Konflikt ein Mobbing-Vorfall“) ist voraussetzungsreich und u. a. auch abhängig von der Schulform und vom Milieu der Schüler*innen. Die dritte Gruppe konnte zeigen, wie sich das professionelle Selbstbild von Schulsozialarbeiter*innen herausbildet in einem Zusammenspiel eigener biografischer Erfahrungen (insb. in der eigenen Schulzeit), professionellen Wissensbeständen, die insbesondere in der Ausbildung erworben werden, und der Reflexion praktischer Erfahrungen im beruflichen Handeln.

Insgesamt schlossen diese Themen an zentralen Punkten des Fachdiskurses zur Schulsozialarbeit an. Grenzen waren z. T. in der Analyse der empirischen Daten zu sehen, wo es den Studierenden an manchen Stellen noch nicht ausreichend gelang, eigenständige Kategorien und theoretisch-allgemeine Ideen zu entwickeln.

5. Fazit und Ausblick

Der erste Durchlauf dieses Konzeptes von Lehrforschung im Studienschwerpunkt Schulsozialarbeit war ermutigend. Bei der erneuten Umsetzung sollen aber Anregungen der Studierenden in zweifacher Hinsicht aufgegriffen werden.

Erstens war der bewusst offene thematische Fokus der Arbeiten für manche Studierende etwas überfordernd. Deshalb wird im neuen Durchgang ein etwas eingegrenzter Horizont gesetzt. Als verbindliche thematische Klammer sollen im neuen Durchgang digitale Angebote und Online-Beratung als ein Teil des Angebotspektrums von Schulsozialarbeit unter die Lupe genommen werden. Diese thematische Ausrichtung erfolgte in einem kontinuierlichen Austausch mit der Fachstelle „JaS“ der Stadt Nürnberg. Diese implementiert in einem Pilotprojekt momentan digitale Angebote in der Schulsozialarbeit und hat hier ein starkes Interesse daran, Erfahrungen und Orientierungen von Fach- und Leitungskräften sowie von Schüler*innen zu diesem Thema systematisiert zu erfassen. Das überarbeitete Lehrforschungskonzept reagiert damit stärker als der erste Durchgang auf eine konkrete Fragestellung der Praxis.

Zweitens wurde auch der eigene Forschungsprozess z. T. als zu offen wahrgenommen. Dies ist didaktisch bis zu einem gewissen Grad so beabsichtigt und angelegt. Studierende sollen erfahren, dass Forschung immer ein „Schritt ins Unbekannte“ ist, wozu ein Maß an Verunsicherung gehört, das produktiv wirken kann. Dennoch soll eine etwas stärkere Strukturierung der Phasen (Entwicklung der Fragestellung, Datenerhebung, Analyse, Ergebnisdarstellung) für mehr Sicherheit bei den Studierenden sorgen.

6. Literatur

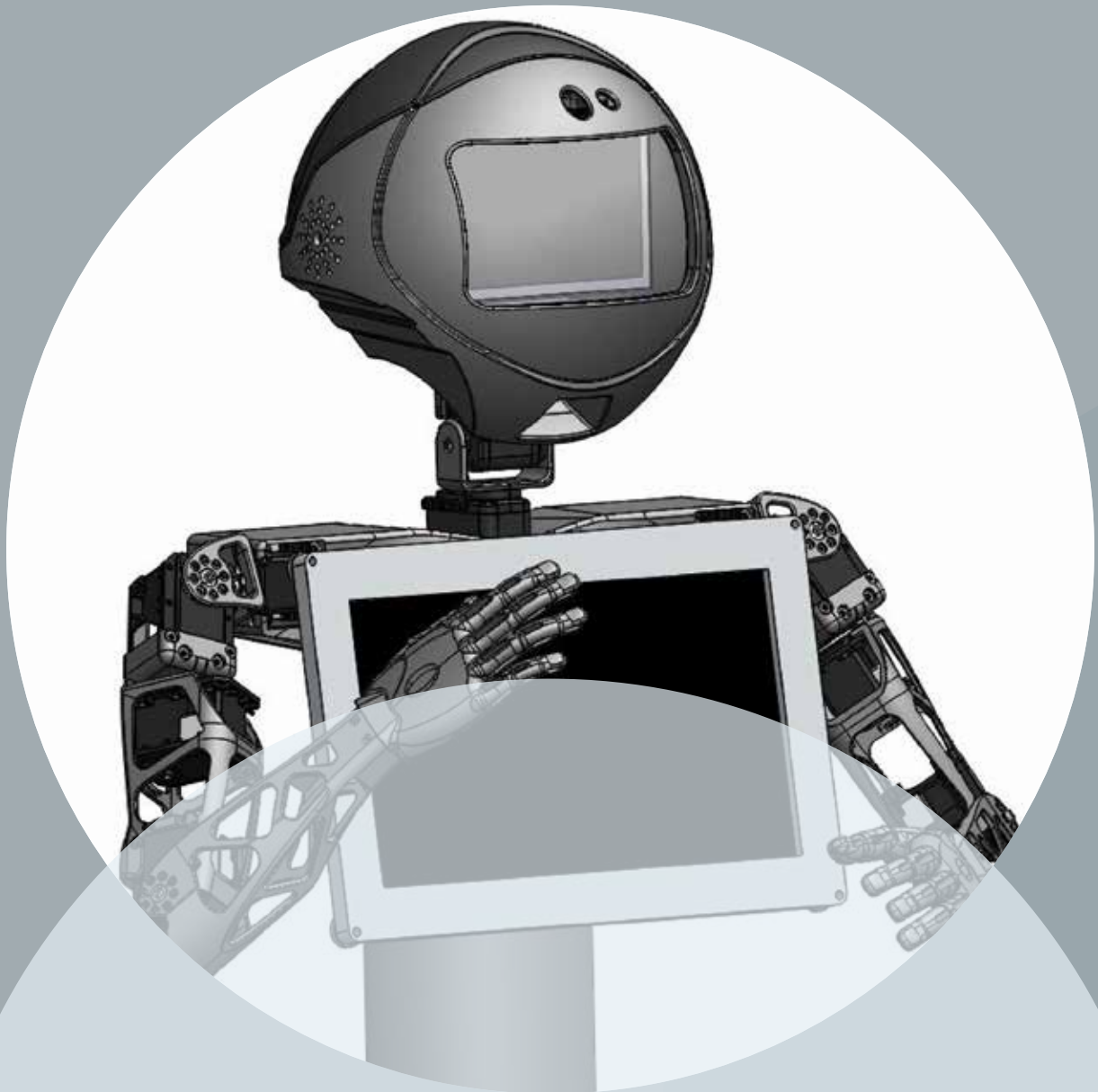
Jentsch, Birgit; Schnock, Brigitte (2020): Kinder im Blick? Kindeswohl in Zeiten von Corona. In: Sozial Extra 44 (5), S. 304–309. DOI: 10.1007/s12054-020-00315-1.

Kloha, Johannes (2018): Die fallorientierte Praxis in der Schulsozialarbeit. Rekonstruktionen zentraler Prozesse und Problemstellungen. Wiesbaden: Springer VS.

Speck, Karsten (2014): Schulsozialarbeit. Eine Einführung. 3., überarb. und erw. Aufl. München u. a.: Reinhardt (UTB, 2929).

Vogel, Christian (2006): Schulsozialarbeit. Eine institutionsanalytische Untersuchung von Kommunikation und Kooperation. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften (Forschung Pädagogik).

Völter, Bettina (2017): Das Konzept der Rekonstruktiven Sozialen Arbeit in der beruflichen Praxis. In: Bettina Völter und Ute Reichmann (Hg.): Rekonstruktiv denken und handeln. Rekonstruktive Soziale Arbeit als professionelle Praxis. Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich (Rekonstruktive Forschung in der Sozialen Arbeit, Band 14), S. 19–56.



„Ellie“ – Ein interdisziplinärer Lehr- und Demonstrationsroboter

Prof. Dr. Michael Koch
Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
Prof. Dr. Stefan May
Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Der mobile Roboter „Ellie“ wurde von Studierenden der Bachelorstudiengänge Elektrotechnik und Maschinenbau entwickelt. Die Studierenden erarbeiteten dabei die Lösungen für das Gesamtkonzept sowie für Antriebe, Steuerung, Mensch-Maschine-Schnittstellen und alle mechanischen Komponenten eigenständig. Die Arbeitsergebnisse wurden schrittweise umgesetzt. Dabei entstand ein erster Prototyp des TH-Roboters „Ellie“, der bereits als Basis für weitere Entwicklungen von neuen Studierendengruppen dient.

Warum heißt dieser Roboter „Ellie“? Er ist nach der Frau von Georg Simon Ohm benannt, sie hieß Elisabeth.

1. Projektdaten

Fördersumme	10.800 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2021
Fakultät	Maschinenbau und Versorgungstechnik, Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Michael Koch, Prof. Dr. Stefan May, Antonello Pastore
Projektteam	Fenn, Markus; Fröhlich, Dominik; Gebele, Michael; Gert, Daniel; Gramss, Florian; Grenner, David; Jörger, Julian; Kögel, Christoph; Kong, Weihao; Kreutz, Manuel; Kretzer, Jan; Izci, Yasir; Nkouagang Tchaptchet, Duplex; Öztürk, Selvinaz; Regner, Julian; Trung Son, Dong; Weeger, Philipp; Zeitler, Sally
Kontaktdaten	michael.koch@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Vorbild dieser Entwicklung ist „Pepper“. „Pepper“ ist ein humanoider Roboter der Firma SoftBank Robotics [1], der darauf programmiert ist, Menschen und deren Mimik und Gestik zu analysieren und auf diese Emotionszustände entsprechend zu reagieren. Er wird von Firmen als Begrüßungs- und Auskunftssystem eingesetzt. Auch in der Hochschullehre hat er mittlerweile seinen Platz gefunden: Prof. Dr. Jürgen Handke (Uni Marburg) arbeitete schon seit Jahren mit diesem Roboter und entwickelte passende Lehrformate. [2] Wie einige andere setzt auch die Hochschule Ansbach seit dem Wintersemester 2019/2020 einen „Pepper“ öffentlichkeitswirksam in der Lehre ein. [3]

„Pepper“ ist schon in der Grundversion sehr teuer. Weitere Funktionen und Anpassungen kosten zusätzlich nochmals viel Geld. Unabhängig von den hohen Kosten, ist ein Kaufgerät wie „Pepper“ für den Einsatz in der TH Nürnberg nicht optimal geeignet. Eine Eigenentwicklung unserer Hochschule – vor allem entstanden mit studentischer Beteiligung – kann die Kompetenzen der Hochschule auf dem Gebiet der Robotik und Mensch-Maschine-Interaktion viel besser öffentlichkeitswirksam vermitteln. Daher planen wir in diesem Lehrforschungsprojekt die Entwicklung eines fahrenden humanoiden Roboters, der auf Open Source beruht und als Plattform für Weiterentwicklungen verwendet werden kann.

Es ist klar, dass eine solche Entwicklung nicht innerhalb eines Jahres erfolgen kann. Primär soll deshalb der Roboter als Plattform für zukünftige Erweiterungen entwickelt werden. Damit entsteht eine flexible Basis für eine Vielzahl von Themenfeldern: Mensch-Roboter-Kommunikation, Human-Machine-Interface, Bild- und Spracherkennung, künstliche Intelligenz usw. Um den Open-Source-Gedanken zu unterstützen und möglichst schnell

zu einem funktionsfähigen Prototypen zu kommen, sollen Teile des „Poppy“-Roboters in das Projekt integriert werden. Das Projekt „Poppy“ entstand am Flowers Labor des INRIA von Bordeaux unter der Leitung von Dr. Pierre-Yves Oudeyer. Das Projekt verfolgt die Idee, eine offene Technologie zu entwickeln, die Forschern, Lehrkräften und Privatpersonen eine komplett als Open Source konzipierte Hardware bietet, mit der die Kreationen jedes Einzelnen effizient geteilt werden können. „Poppy“ ist in zwei Varianten verfügbar: als laufender Roboter oder als Torso. Für unseren Roboter „Ellie“ sollen nur Teile des Torsos verwendet werden. Sowohl der gesamte Unterbau als auch Elektronik und Steuerung des Roboters werden selbst entwickelt oder von anderen TH-Robotern übernommen.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Im ersten Abschnitt erfolgten die Entwicklung und der mechanische Aufbau von „Ellie“. Interdisziplinäre Studierendengruppen aus den Studiengängen Maschinenbau und Elektrotechnik/Feinwerktechnik planen und konstruieren „Ellie“. Dabei geht die Spannweite von dem mechanischen Aufbau über die Integration der Antriebe und Steuerungen bis hin zu einem ansprechenden, kommunikativen Erscheinungsbild. Auch der Zusammenbau und die Inbetriebnahme des Roboters werden von Studierendengruppen übernommen.

Konkret werden dafür folgende Lehrveranstaltungen eingeplant: Konstruktionsprojekt (B-MB2) und Projektarbeit (B-EI5). Weiterhin ergänzen Bachelorarbeiten und Master-Projektarbeiten die Studierendengruppen. Ab dem Wintersemester 2020/2021 zusätzlich auch eine Projektarbeit (B-ME5). Die Betreuung erfolgt außer durch die Fachdozenten auch durch wiss. Mitarbeiter und Projektmitarbeiter der Labore (Produktentwicklung, mobile Robotik). Den größten Teil der Arbeit wird zunächst die Entwicklung von „Ellie“ einnehmen. Diese kann über die vorhandenen IT-Systeme (Zoom, Teams, usw.) der Hochschule sehr gut digital abgebildet werden. Da die weitere Corona-Entwicklung nicht absehbar ist, stellte dies einen reibungslosen Ablauf des Projektes sicher. Auch bei der Projektsteuerung und -abwicklung kamen die Studierenden mit digitalen Werkzeugen in Berührung: Für interdisziplinäre Teams und verteiltes Arbeiten haben sich in den vergangenen Monaten Online-Tools wie MS Teams und Onedrive bewährt. Der Zusammenbau von „Ellie“ wurde konstant vorangetrieben. Einen ersten Eindruck konnte man bereits zu Beginn des Wintersemesters 2021/2022 im Labor bekommen. Ende 2021 wird der Roboter „Ellie“ (vorerst) mechanisch fertiggestellt sein.

Sobald die ersten Teile der Hardware von „Ellie“ vorhanden waren, begannen Studierende und Projektgruppen aus der Elektrotechnik und Mechatronik mit der Konzeptionierung und Programmierung der Kommunikation, Personenerkennung und des Kiosk-Systems. Parallel dazu wurden die Steuerung und Navigation des Roboters weiterentwickelt.

Konkret waren dafür folgende Lehrveranstaltungen eingeplant: Projektarbeit (B-ME5), Projektarbeit (B-EI5), Konstruktionsprojekt (B-MB6/7), weiterhin ergänzen Bachelorarbeiten und Master-Projektarbeiten die Studierendengruppen.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Bei der mechanischen Umsetzung wurde von den Studierenden zunächst der Oberkörper von „Poppy“ angepasst und in den Entwurf übernommen. Da der Kopf zu klein für unsere Anwendung war, wurde dieser von Grund auf neu entwickelt. Ebenso wurde von einem Studenten eine fahrbare Plattform mit vier einzelnen ansteuerbaren Mechanum-Rädern entworfen, mit der sich „Ellie“ auf einem glatten Boden in alle Richtungen bewegen kann. Die passenden Motoren und die dazugehörige Steuerung wurden von Studierenden ausgewählt bzw. konfiguriert. Während der Entwicklung dieser Komponenten mussten verschiedene Untersuchungen durchgeführt werden: Beispielsweise wurde das gebogene Visier des Gesichtsfeldes von „Ellie“ über ein Vakuumformverfahren hergestellt. Um eine möglichst transparente Scheibe ohne Verzerrungen zu erhalten, mussten im Rahmen einer Abschlussarbeit verschiedene Versuche mit unterschiedlichen Werkzeugen und Materialien gemacht werden. Das letztendlich erreichte Ergebnis ermöglicht einen optimalen Durchblick auf das dahinterliegende Display, das Augen und Gesichtsmimik darstellen kann.

Der ursprüngliche Plan, den Torso von „Poppy“ direkt für „Ellie“ zu übernehmen, konnte leider so nicht umgesetzt werden. Da die Anforderung bestand, dass „Ellie“ ähnlich wie „Pepper“ ein Informations-Touch-Display auf der Brust tragen soll, waren umfangreiche Änderungen an dem Oberkörper von „Ellie“ notwendig. Diese wurden alle von Studierenden in das Projekt eingearbeitet, sodass zu jedem Zeitpunkt ein exaktes 3D-CAD-Modell von Ellie verfügbar war. Dies war aufgrund der großen Anzahl von Studierenden, die gleichzeitig an diesem Projekt gearbeitet haben, auch notwendig, um den Projektfortschritt in dieser kurzen Zeit zu realisieren. Lediglich Fahrwerksteile der Plattform wurden von den Studierenden als Fertigungsteile aus Aluminiumblech eingekauft. Für die mechanische Umsetzung aller anderen Teile, auch des beweglichen Oberkörpers, wurden verschiedene 3D-Druckverfahren (meist SLS) eingesetzt. Die Studierenden arbeiteten hierbei eigenständig und eigenverantwortlich an verschiedenen additiven Anlagen, um Prototypen-Teile und die endgültigen Komponenten von „Ellie“ herzustellen.

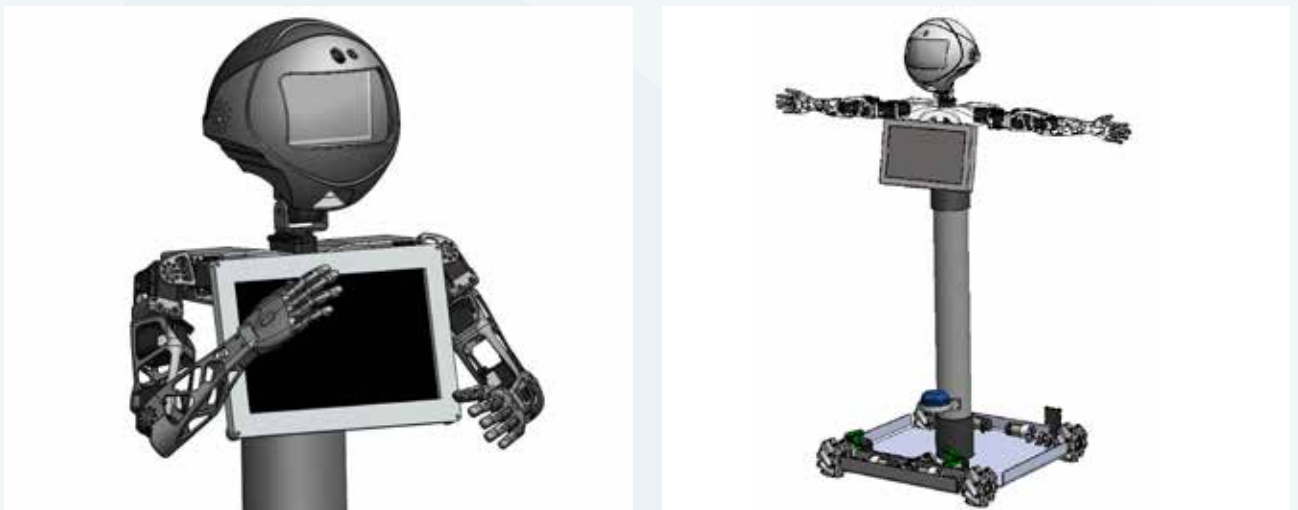


Abbildung 1: Kopf-Rumpf-Bereich und Fahrplattform von „Ellie“. Grafik: Michael Koch

Von den Studierenden aus der Elektrotechnik wurden die verschiedenen Komponenten des Kopfes wie auch die Komponenten der Plattform konfiguriert und in Betrieb genommen. Dazu waren einerseits Hardwareentwicklungen notwendig, da sowohl die beiden Displays (Gesicht und Interaktion Screen auf der Brust) als auch Mikrofone, Lautsprecher usw. angeschlossen werden mussten. Gesteuert wird die Multimediaausrüstung des Roboters durch einen Minicomputer im Kopf von „Ellie“. Die Steuerung der Fortbewegung, der Akku, der Grafikprozessor für die Kartenerstellung und weitere Komponenten sitzen direkt in der Fahrplattform. Neben der Einbindung des Kopfes musste auch der Torso in die Steuerung eingebunden werden. Dazu war es notwendig, 13 Bewegungsmotoren für die Arme und den Oberkörper einzubauen und anzuschließen. Die Steuerung des Bewegungsapparates wurde, wie auch die Steuerung des gesamten Roboters, über ein industrielles Gateway (SIMATIC IOT2050) realisiert. Das Betriebssystem dieses Einplatinenrechners basiert auf einer Debian-Linux-Distribution und verknüpft verschiedene Komponenten mittels der Middleware ROS2.

Einen großen Umfang beanspruchte auch die Programmierung des Systems. Hier lag der Fokus zunächst auf einer zügigen Inbetriebnahme, um erste Anwendungstests durchführen zu können und weitere Ideen in einem iterativen Entwicklungsprozess zu generieren. Viele Funktionen werden im Folgenden noch verbessert bzw. erweitert werden. Als eines von vielen Beispielen sei hier die Integration des Lasersensors zur Orientierung im Raum dargestellt: Der Sensor wurde sowohl mechanisch integriert (siehe Abbildung 2) als auch softwaretechnisch in die Steuerung eingebunden. Es ist mit diesem Sensor möglich, Hindernisse zu erkennen und während der Bewegung von „Ellie“ im Raum zweidimensionale Karten der Umgebung anzufertigen.

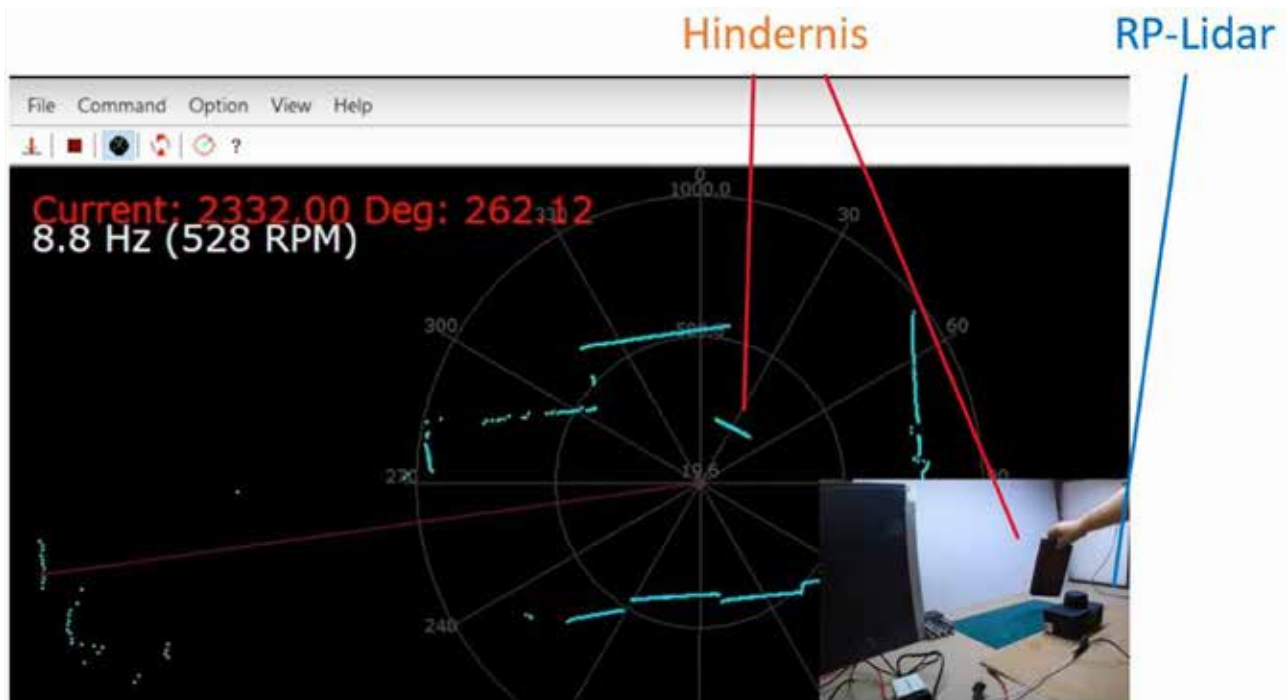


Abbildung 2: Lasersensor „RPLidar“ mit Hindernis. Grafik: Julian Regner

Als zentrale Software für „Ellie“ wurde das Robot Operating System (ROS) ausgewählt. Dieses Software Framework bietet für verschiedenste Erweiterungen Softwaremodule an und stellt somit eine auch in der Zukunft leicht zu erweiternde Softwareplattform dar.

5. Fazit und Ausblick

Mit dem hier beschriebenen Lehrforschungsprojekt konnte erfolgreich die Grundlage für eine länger laufende Entwicklung eines TH-eigenen humanoiden Roboters gelegt werden. „Ellie“ könnte für repräsentative Aufgaben in der Hochschule (z. B. für die Begrüßung von Gästen bei Veranstaltungen) oder auch in der Lehre eingesetzt werden. Der Roboter wird eigenständig von Studierenden in interdisziplinären Teams entwickelt. Dadurch kann „Ellie“ viele positive Aspekte der Hochschule vermitteln: Begeisterung für Technik, Integration der Studierenden, Interdisziplinarität, Kompetenzen in der Robotertechnik, der künstlichen Intelligenz, des kommunikativen Designs und der Gestaltung von interaktiven Kiosk-Systemen.

Im Rahmen des Lehrforschungsprojektes 2021 konnten innerhalb eines Jahres die Hard- und Software zum Betrieb eines humanoiden Roboters zur Verfügung gestellt werden. Auf dieser Basis können verschiedene Disziplinen der Hochschule aufbauen und zur Weiterentwicklung beitragen.

6. Literatur

- [1] Humanizing Robotics & AI, Pepper - Humanizing Robotics & AI. [Online]. Verfügbar unter: https://humanizing.com/de/pepper-roboter-humanoider-roboter-von-softbank-robotics-fuer-handel-messen-empfaenge-showrooms-happiness-hero/?gclid=CjwKCAiAhreN-BhAYEiwAFGGKPlwamug63m4dtgLI3DggQ0O5_OcVU9VdlS24HOL-S8klgibSedlw-KxoCR5oQAvD_BwE (Zugriff am: 6. Dezember 2021).
- [2] YouTube, Prof. Dr. Jürgen Handke über Roboter im Hörsaal. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=yrO2JJvorf4> (Zugriff am: 6. Dezember 2021).
- [3] Hochschule Ansbach: Pepper. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.hs-ansbach.de/startseite/pepper/> (Zugriff am: 6. Dezember 2021).
- [4] Pepper, Technische Daten - Pepper. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.generationrobots.com/pepper/technische-daten.html?lang=de> (Zugriff am: 6. Dezember 2021).
- [5] Poppy Project - Open source robotic platform. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.poppy-project.org/en/> (Zugriff am: 6. Dezember 2021).



Die Nachhaltigkeitsziele (SDGs) im Kontext des Studiums an der Technischen Hochschule Nürnberg

Prof. Dr. Markus Kosuch
Fakultät Sozialwissenschaften
TH Nürnberg

Kerstin Seeger und Katrin Schwanke Bluepingu e.V.
Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Die Projekt-Seminare des Lehr-Lern-Forschungsprojektes „die nachhaltigen Entwicklungsziele (SDGs) im Kontext des Studiums an der TH Nürnberg“, bieten in einem teilweise interdisziplinären Kontext Studierenden aus allen Fakultäten die Möglichkeit, der Kernfrage nachzugehen, wie eine nachhaltigkeitsorientierte Transformation der Gesellschaft gestaltet werden kann und was dazu nötig ist. Die Projekt-Seminare sind auf die Verknüpfung von Theorie und Praxis ausgerichtet und sollen das kritische Denkvermögen sowie die Eigenverantwortlichkeit der Studierenden befördern. Studierende entwickeln konkrete Projekte aus ihren persönlichen Interessensfeldern, lernen und lehren den Zusammenhang zu den Nachhaltigkeitszielen. Dadurch entsteht eine reflexiv begleitete kokreative Arbeit mit allen beteiligten Akteur*innen – Lehrenden, Studierenden und Menschen der Stadtgesellschaft. Neben dem Fokus auf die Fakultät der Sozialwissenschaften konnte das Seminar „Nachhaltig Studieren“ von allen Studierenden der gesamten Hochschule besucht werden. Im Sommer- und Wintersemester nahmen insbesondere an diesem interdisziplinären Seminar insgesamt 52 Studierende aus 7 Fakultäten teil.

1. Projektdaten

Fördersumme	9.300 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2021
Fakultät	Sozialwissenschaften, Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
Projektleitung	Prof. Dr. Markus Kosuch
Projektteam	Katrin Schwanke, Kerstin Seeger, Bluepingu e.V., David Schmierer gemeinsam mit den Tutorinnen Katja Altmann und Ellen Huß
Kontaktdaten	markus.kosuch@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Nachhaltige Entwicklung ist das prägende Thema der Gegenwart und Zukunft. Um dem Thema die notwendige Beachtung zu schenken, muss es dringend größeren Einzug in die Hochschullehre finden. Die Seminare finden hier passgenau Anschluss an jegliche Fragestellung im Hinblick auf nachhaltige Entwicklung. Die Ausgangslage dabei bilden die nachhaltigen Entwicklungsziele (Sustainable Development Goals, auch bekannt unter der Agenda 2030), welche 17 Themenbereiche umfassen, die weltweit zur Umsetzung beschlossen wurden. Auch Europa und Deutschland bekennen sich zu den Nachhaltigkeitszielen. Die Umsetzungsagenda muss aber stärker als bisher fokussiert werden und Wirkung entfalten. Hierbei können die Hochschule und ihre Studierenden eine Vorreiterrolle einnehmen.

Ziel ist es, Methoden und Werkzeuge zu entwickeln und zu erproben, die es den Studierenden ermöglichen, einerseits die Verantwortung für ihren Lernprozess selbst zu übernehmen und andererseits in der Zusammenarbeit mit Menschen der Stadtgesellschaft diese Haltung der geteilten Verantwortung handelnd umzusetzen.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Im Sommersemester 2021 startete das Projekt gemeinsam online über Zoom. Später war es auch möglich, dass sich in den Seminaren gefundene Projektgruppen in dezentralen, selbstständig arbeitenden Kleingruppen im Rahmen der gültigen Corona-Verordnungen treffen konnten. Ergänzt wurde das Angebot didaktisch durch das von Prof. Dr. Kosuch entwickelte „Wanderseminar-Konzept“. Die thematischen Inputs und Workshops wurden in hybrider Form umgesetzt und konnten eine transferorientierte Praxisarbeit ermöglichen. Zu diesem Zeitpunkt war das Seminar „Nachhaltig Studieren“ auch erstmals für alle Studierenden aller Fakultäten zugänglich und ermöglichte somit eine starke Perspektivenerweiterung, über die Soziale Arbeit hinaus. Das neue interdisziplinäre Format stellte unmittelbar eine enorme Bereicherung an Expert*innenwissen dar, was die einzelnen Projekte der Studierenden in den multidisziplinären Gruppen vielschichtiger und kreativer gestaltete. Die Öffnung des Seminars für alle Fakultäten stellt nicht nur eine große Bereicherung für alle Teilnehmenden dar, sondern war auch notwendig, um dem Thema der nachhaltigen Entwicklung in seiner Vielschichtigkeit gerechter zu werden und das Bewusstsein zu fördern, dass diesbezügliche Problemstellungen langfristig und somit nachhaltig nur interdisziplinär gelöst werden können.

Gearbeitet wurde dabei stets in einem Bezug zu den 17 nachhaltigen Entwicklungszielen, die sich ebenfalls in allen Hochschuldisziplinen widerspiegeln. Beispielhaft seien hier genannt: Gesundheit für alle – Hochwertige Bildung – Lebenswerte Städte – Kritischer Konsum - Allgemeine Rechtsstaatlichkeit. Passgenau dazu können die zehn Leitthemen der TH Nürnberg in Beziehung gesetzt werden. Vor allem die Leitthemen „Städte der Zukunft“, „Verkehr und Mobilität“, „Rohstoffe und Energie“ sowie „Gesundheit“ können adressiert werden. Die Hochschullehre an sich ist hier ein zentraler Aspekt.

Einen zentralen Kooperationspartner stellt Bluepingu e.V. dar. Der Verein, mit dem gemeinsam das Konzept entwickelt worden ist, ist mit seinen zahlreichen Projekten, wie „SDGs go local“, in die Stadtgesellschaft hinein vernetzt und arbeitet dabei an der konkreten und lokalen Umsetzung der nachhaltigen Entwicklungsziele in Nürnberg, Fürth sowie in der ländlichen Region. Kerstin Seeger und Katrin Schwanke von Bluepingu e.V. nahmen den Studierenden gegenüber eine lehrende und stark beratende Rolle ein und unterstützten sie durch langjährige Projekterfahrung bei ihren Vorhaben im Rahmen der Seminare. Zudem fand die gezielte Einbindung projektbezogener außerhochschulischer Begegnungsorte statt. Der Verein und seine Projekte gelten dabei als wichtige Inspirations- und Wissensquelle für die Studierenden.

Die Erarbeitung und Umsetzung der interessen geleiteten, selbst gewählten Projekte der Studierenden ermöglichten ihnen, Erfahrungen zu machen, die zu einer kritischen und reflexiven Haltung beitragen konnten. Durch die Verknüpfung von fachwissenschaftlichen Inhalten und praxisorientierter Methodologie erhielten Studierende die Chance, reale Anwendungsmöglichkeiten und Schnittstellen der einzelnen Bereiche ihres Studienfaches sowie Verbindungen zu den nachhaltigen Entwicklungszielen bereits in einer frühen Phase ihres Studiums zu erfahren. Dies hat den großen Vorteil, dass sich so die häufig vorhandene Trennung in universitäre Theorie und berufliche Praxis auflösen lässt. Durch die engmaschige Vernetzung aller Beteiligten (Studierende, Lehrende, Kooperationspartner) werden der Grundstein für eine umfassende und wertschätzende Feedbackkultur gelegt und die Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis gestärkt. Die Haltung der Lehrenden und Lernenden war geprägt von Eigenverantwortlichkeit, Vertrauen mit dem Ziel einer nachhaltigen Lernerfahrung durch Selbstwirksamkeitserfahrungen und Vernetzung.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Beispiele für umgesetzte Projekte (aus insgesamt 10) von Teilnehmenden aus dem AW-Fach Nachhaltig Studieren – Möglichkeitsraum ...:

- Nachhaltigkeit im Studentenleben -> Studierende erstellten in Zusammenarbeit mit der IT-Abteilung der Hochschule eine eigene Seite auf der Hochschulwebsite. Dort wird zu verschiedenen Themen der Nachhaltigkeit aufgeklärt und es werden alltagsnahe Tipps gegeben.

- Studierende gestalteten eine Informationsbroschüre über ein nachhaltiges Leben in Nürnberg und Umgebung mit den Themenbereichen: Ernährung, Einkaufen, Möbel, Mode & Kleidung, Elektronik, Mobilität, Recycling und nachhaltiges Miteinander. Dies soll niedrigschwellig Informationen zu Nachhaltigkeit allgemein und nachhaltigen Möglichkeiten in der Region bereitstellen.
- Kippensammeln am Wöhrder See -> Studierende sammelten am Wöhrder See Zigaretten-abfälle und deponierten diese in einem frei zugänglichen und sichtbaren, eigens angefertigten Behälter aus wiederverwendeten Materialien. Es wurde über die Umweltbelastungen durch Zigarettenabfälle aufgeklärt. Eine Kooperation mit der Umweltstation am Wöhrder See entstand.
- Nachhaltigkeit in der Mode. Kleidertausch als Secondhand-Projekt -> Studierende leisteten Aufklärungsarbeit über die Umweltbelastungen, ausgelöst durch die Modeindustrie, und veranstalteten ein Event zum Kleider-tauschen unter Studierenden.
- Altersgerechte Darstellung des Energieverbrauches -> Eine multidisziplinäre Gruppe errechnete den durchschnittlichen Energieverbrauch von Menschen unterschiedlicher Altersgruppen und verarbeitete ihre Erkenntnisse zu einem Workshopkonzept, das interaktiv mit Jugendlichen eines Internats durchgeführt wurde.
- Mehlwurmfarm für jedermann -> Zur Erforschung einer alternativen und umweltfreundlicheren Ernährungsweise wurde eine halb automatische Mehlwurmfarm gebaut. Aus den Mehlwürmern wurden Lebensmittel hergestellt.
- Repair to Fix – die digitale Fahrradwerkstatt -> Es wurden Videos produziert, die niedrigschwellig einfache Reparaturen am eigenen Fahrrad erklären.

5. Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der Projektarbeiten machten sichtbar, dass durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit die eigene Fachperspektive und -kompetenz gestärkt und gleichzeitig auch relativiert wurden. Die Notwendigkeit zur reflexiven Begleitung und die dazu nötige Anwendung und Entwicklung geeigneter Reflexionsmethoden wurden insbesondere bei der Auswertung der Seminare deutlich. Hier halfen insbesondere die Tutor*innen und Expert*innen aus der Praxis, den Blick auf die sich ergänzenden Ressourcen und Fähigkeiten zu richten, statt sich über Kompetenzdefizite zu definieren und auseinanderzusetzen. Es gelang in den Seminaren, eine auf Diversität hin ausgerichtete Forschungskultur zu erleben und diese auf die eigene Forschungs- und zukünftige Berufspraxis hin zu reflektieren. In Zukunft kann dies in allen Seminaren noch stärker auf der Meta-Ebene mit den Studierenden diskutiert und kritisch reflektiert werden.

Der Fokus des Lehrkonzeptes lag auch auf motivationalen Faktoren. Die Annahme, dass eigene Fragestellungen aus persönlichen Interessensfeldern sowie das Erfahrbarmachen von realen Projekten und Orten den Lehr- und Lernprozess befördern und positiv gestalten, kann als Erfahrungswert aus dem Lehrforschungsprojekt bestätigt werden.

Studierende entwickelten konkrete Projekte, lernten und lehrten den Zusammenhang zu den Nachhaltigkeitszielen.



Elektrisch leitfähige Keramik

Prof. Dr. Hannes Kühl
Fakultät Werkstofftechnik
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes wurde eine elektrisch leitfähige Keramik entwickelt. Dabei wurden zu der elektrisch isolierenden Keramik Aluminiumoxid, die sich durch sehr hohe Härte und Temperaturbeständigkeit auszeichnet, bestimmte Mengen an Carbon-Nanotubes (CNTs) zugegeben. Dadurch konnten die Vorteile einer extrem verschleißbeständigen Keramik mit den Vorteilen hoher elektrischer Leitfähigkeit kombiniert werden, was vollkommen neue Anwendungsmöglichkeiten eröffnet. Da Präsenzveranstaltungen mit vielen Studierenden aufgrund der Corona-Pandemie nicht durchführbar waren, wurde die Thematik im Rahmen mehrerer Bachelorarbeiten (WT7) in den Laboren der Fakultät WT bearbeitet. Den Studierenden ist es auf hervorragende Weise gelungen, mittels unterschiedlicher Formgebungsprozesse (Trockenpressen, Sintern, Heißpressen) elektrisch leitfähige CNT/Al₂O₃-Kompositkeramiken herzustellen und diese zu charakterisieren. Dabei wurden neben den mechanischen Eigenschaften auch die elektrische und thermische Leitfähigkeit untersucht, was sehr komplexe Untersuchungsmethoden sind. Die Ergebnisse wurden im Rahmen von Abschlusspräsentationen vorgestellt. Außerdem wurde eine Veröffentlichung bereits publiziert, eine weitere ist in Entstehung.

1. Projektdaten

Fördersumme	7.300 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2021
Fakultät	Werkstofftechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Hannes Kühn
Kontaktdaten	hannes.kuehl@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Keramische Werkstoffe zeichnen sich aus durch sehr hohe Härte und Verschleißbeständigkeit, sehr gute chemische Beständigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit. Sie kommen in der Technik meist dann zum Einsatz, wenn metallische Werkstoffe, die sich sehr gut bearbeiten lassen, an ihre Grenzen stoßen. Ein Nachteil keramischer Werkstoffe ist ihre Sprödigkeit und die Tatsache, dass man sie nicht mit einfachen Mitteln bearbeiten kann (z. B. Fräsen u. Ä.). Hierfür sind sehr teure Diamantwerkzeuge nötig. Auch sind Keramiken i. d. R. nicht elektrisch leitfähig. Ein Wunsch besteht daher in der Technik, die Vorteile einer Keramik mit den Eigenschaften von metallischen Werkstoffen zu kombinieren. Ideal wäre eine sehr harte, chemisch sehr gut beständige Keramik, die jedoch zusätzlich geringe Sprödigkeit und elektrische Leitfähigkeit aufweist. Letzteres hätte den Vorteil, dass man so eine Keramik mittels Funkenerosion bearbeiten könnte, was wesentliche Vorteile gegenüber der sehr aufwendigen Bearbeitung mittels Diamantwerkzeugen hätte.

Das Ziel des Projektes war es daher, eine elektrisch leitfähige Keramik zu entwickeln. Die Idee war, zu der elektrisch isolierenden Keramik Aluminiumoxid Kohlenstoffnanotubes (CNTs) in geringen Mengen beizumischen. Das Projekt eignet sich ideal als Lehrforschungsprojekt, da die einzelnen Projektgruppen unterschiedliche Teilprojekte bearbeiten können und sich regelmäßig über den Projektfortschritt austauschen und aus den gegenseitigen Erkenntnissen, auch über die Herangehensweise und Methodik, lernen können.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Ursprünglich war geplant, das Projekt im Rahmen der Lehrveranstaltung „Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten“ von einer größeren Studierendengruppe bearbeiten zu lassen. Diese Veranstaltung wird seit mehreren Jahren in der Fakultät Werkstofftechnik angeboten, um Studierenden den Einstieg in die wissenschaftsbasierte Forschungstätigkeit zu vermitteln. Aufgrund der Corona-Pandemie konnte dieses Wahlpflichtfach im Sommersemester 2021 leider nicht angeboten werden und es musste kurzfristig umgeplant werden. Deshalb wurde die Thematik im Rahmen von Bachelorarbeiten in den Laboren der Fakultät Werkstofftechnik bearbeitet. Dabei wurden die Studierenden intensiv von Prof. Dr. Kühl betreut.

Das Projekt wurde in 3 Teilprojekte gegliedert:

- Entwicklung der Keramik vom Rohstoff zur fertigen Keramik
- Mechanische Charakterisierung
- Elektrische und thermische Charakterisierung

In einem ersten Teilprojekt wurde die elektrisch leitfähige Keramik entwickelt. Dieses Teilprojekt wurde intensiv von einem Mitarbeiter der Firma Rauschert unterstützt, die auch die Rohstoffe zur Verfügung stellte. Die Rohstoffe (Al_2O_3 -Pulver und CNTs) wurden in zwei separaten Schlickern angerührt, optimal dispergiert und anschließend durch Gefriertrocknung in ein Granulat überführt. Dabei kamen unterschiedliche Mengen an CNTs zum Einsatz, um den Einfluss unterschiedlicher CNT-Mengen auf die Dichte, die mechanischen, elektrischen und thermischen Eigenschaften zu untersuchen. Die so hergestellten Granulate wurden anschließend mit der fakultätsinternen Heißpresse, die in Abbildung 2 dargestellt ist, bei Temperaturen bis $1550\text{ }^\circ\text{C}$ zu Keramikbauteilen gepresst und gesintert. Abbildung 1 zeigt die Vorgehensweise. Die Studierenden lernten auf diese Weise die optimale Dispergierung keramischer Schlicker kennen, die ein wesentlicher Baustein ist, um hochwertige keramische Granulate für die Formgebung herzustellen. Außerdem lernten sie die Methode der Gefriertrocknung kennen und bedienten die Heißpresse der Fakultät WT selbstständig. Dabei erkannten sie den Einfluss unterschiedlicher Sintertemperaturen, Pressdrücke und Haltezeiten auf die Verdichtung der keramischen Bauteile.

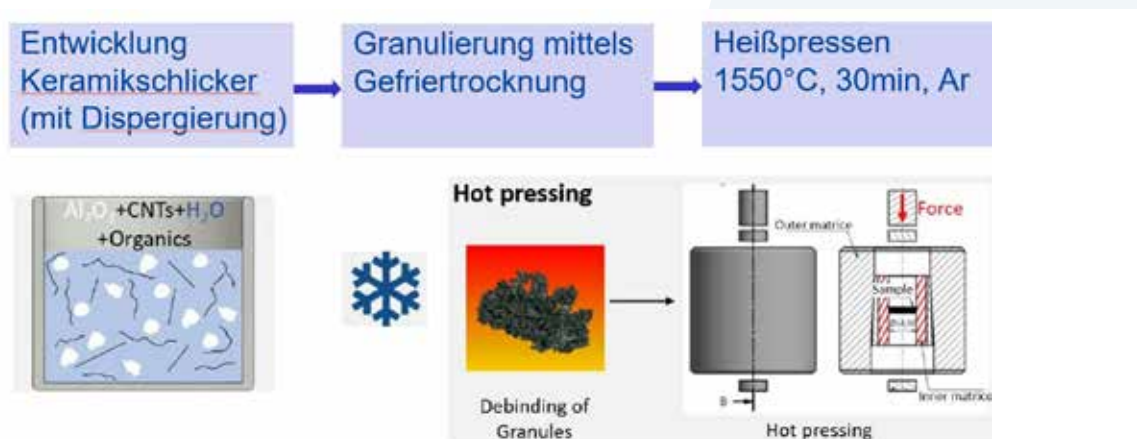


Abbildung 1: Vorgehensweise bei der Herstellung der elektrisch leitfähigen Keramiken. Grafik: Christian Bechteler



Abbildung 2: Blick in die Heißpresse mit Presswerkzeug. Foto: Hannes Kühl

Das 2. und 3. Teilprojekt befasste sich mit der umfassenden mechanischen, elektrischen und thermischen Charakterisierung der hergestellten Bauteile. Neben der Bestimmung der Dichte untersuchten die Studierenden die Härte (Vickers-Härte), die Bruchzähigkeit, die elektrische Leitfähigkeit und die Wärmeleitfähigkeit der hergestellten Proben. Durch das praktische Bedienen der Analysegeräte, die aufgrund ihrer Komplexität in den Praktika i. d. R. nicht eingesetzt werden, lernten sie so besser die komplexen physikalischen Zusammenhänge zwischen Mikrostruktur der Werkstoffe und deren Eigenschaften kennen.

Die Studierenden besprachen die Ergebnisse in regelmäßigen Meetings mit dem betreuenden Professor, aber auch dem Industriemitarbeiter, wodurch die Studierenden einen Eindruck vom Bearbeiten wissenschaftlicher Projekte erhielten. Durch die gemeinsamen Diskussionen über alle Arbeitsgruppen hinweg, konnte das praktisch Durchgeführte gemeinsam mit den theoretischen Kenntnissen besser in Zusammenhang gebracht werden, was für das Langzeitverständnis der Materialwissenschaften essenziell ist.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Den Studierenden ist es auf hervorragende Weise gelungen, durch gemeinsames und angeleitetes Arbeiten elektrisch leitfähige Keramiken herzustellen. Abbildung 3 zeigt den Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit der hergestellten CNT-verstärkten Al_2O_3 -Keramiken in Abhängigkeit vom CNT-Gehalt. Man erkennt zwischen einem CNT-Gehalt von 0,25–0,5 % einen sehr starken Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit um ca. 15 Größenordnungen. Dies ist auch ein Hinweis darauf, wie gleichmäßig verteilt die CNTs in der Keramik vorliegen, da diese sog. Perkolationschwelle bei einem so niedrigen Wert liegt. Eine REM-Aufnahme (Abb. 4) zeigt die feine Verteilung der CNTs in der Keramik.

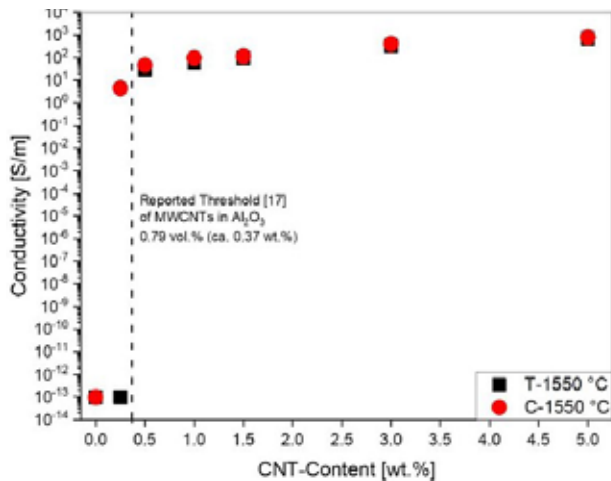


Abbildung 3: Elektrische Leitfähigkeit von CNT/Al₂O₃-Keramiken.
Grafik: Christian Bechteler

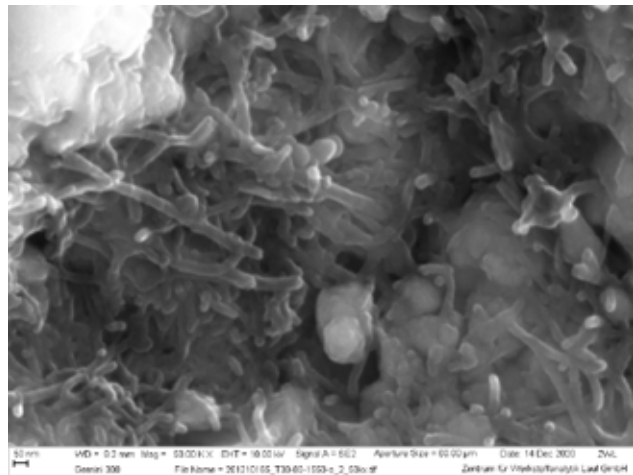


Abbildung 4: REM-Aufnahme einer CNT/Al₂O₃-Keramik Als Größenmaßstab kann der Durchmesser der CNTs dienen: Er liegt bei 50 nm. Foto: Christian Bechteler

Abbildung 5 zeigt eine hergestellte CNT-verstärkte Al₂O₃-Keramik in Form eines „Ohms“, hergestellt mittels Funkenerosion aus einer vollen gepressten Platte. Die Nachbearbeitung mittels Funkenerosion ist nur möglich, weil die Keramik eine hohe elektrische Leitfähigkeit ausweist.



Abbildung 5: CNT/Al₂O₃-Keramik in Form eines „Ohms“. Foto: Achim Rübling

Die Ergebnisse wurden bzw. werden in zwei Veröffentlichungen publiziert.

5. Fazit und Ausblick

Im Rahmen des Lehrforschungsprojektes ist es gelungen, eine elektrisch leitfähige Keramik auf der Basis einer CNT-verstärkten Al₂O₃-Keramik zu entwickeln und erfolgreich Bauteile herzustellen. Leider konnte das Thema pandemiebedingt nicht in der ursprünglich geplanten Veranstaltung „Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten“ mit einer Vielzahl an Studierenden umgesetzt werden. Trotzdem ist es gelungen, das Projekt sehr erfolgreich im Rahmen von Bachelorarbeiten in den Laboren der Fakultät Werkstofftechnik umzusetzen. Die dafür tätigen Studierenden waren von der Themenstellung fasziniert und haben sehr viel dazugelernt. Als besonderen Benefit empfanden sie die Teilnahme an der Erstellung von Veröffentlichungen der Ergebnisse in international anerkannten Fachzeitschriften. Das „Mitmachen“ der Vorgehensweise beim Einreichen, dem Review-Prozess und der Veröffentlichung ist eine wertvolle Erfahrung für eigene künftige Entwicklungsarbeiten und Veröffentlichungen.



Technische Kommunikation im Fokus

Prof. Dr. Alexander Monz
Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
TH Nürnberg

Zusammenfassung

Im Projekt „Technische Kommunikation im Fokus“ wird das letzte (7.) Fachsemester von Bachelorstudierenden der Fachrichtung Maschinenbau genutzt, um an Strategien und Methoden zur Kommunikation mit Fachfremden zu arbeiten. Dabei stehen weniger die Entwicklung der Methoden im Fokus als ein eigener Zugang der Studierenden zum Thema sowie die individuelle Erarbeitung passender Kommunikationsformen.

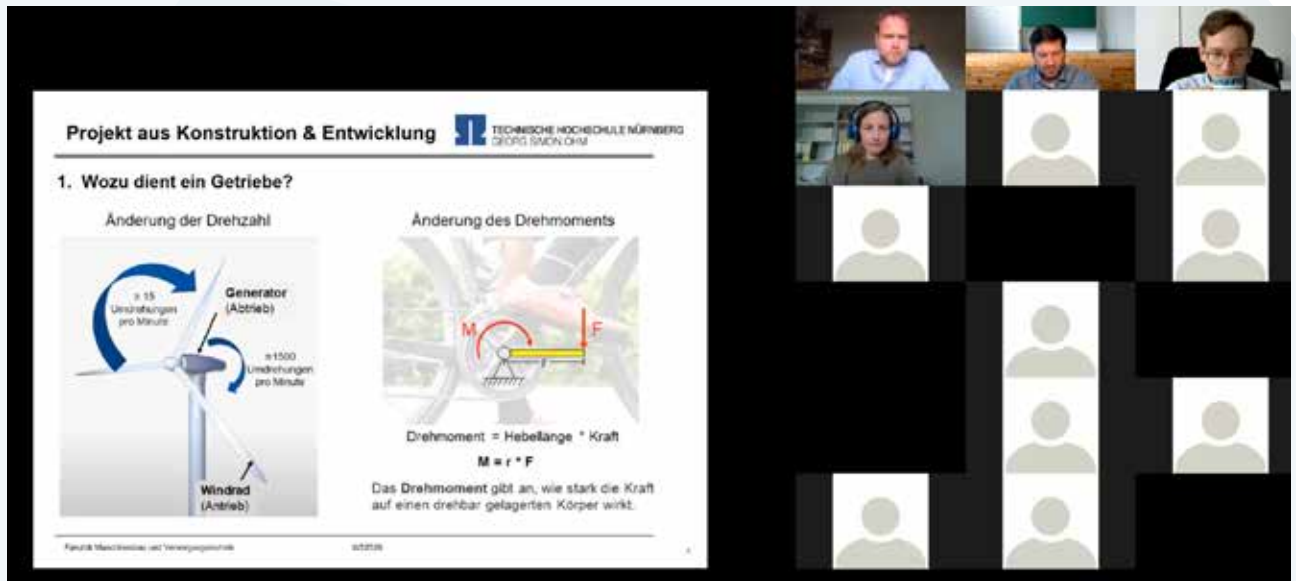


Abbildung 1: Zeitliche Gliederung der Veranstaltung. Grafik: Alexander Monz

14 Studierende in vier Projektgruppen sowie fünf Fachexperten unterschiedlicher Prägung näherten sich dem Thema gemeinsam durch wiederholte Übung mit detailliertem, anwendungsbezogenem Feedback sowie eingeschobenen Lehrsequenzen zu Experten-Laien-Kommunikation sowie Zielgruppenorientierter Kommunikation. Dabei war es die Aufgabe der Studierenden, die im Vorsemester erarbeiteten Fachinhalte zu vermitteln. Die Aufgabe der Fachexperten bestand darin, aus ihrer spezifischen Perspektive die Qualität dieser Vermittlung rückzukoppeln und Ansätze zur Weiterentwicklung aufzuzeigen.

1. Projektdaten

Fördersumme	6.800 Euro
Laufzeit	März bis Juli 2021
Fakultät	Maschinenbau und Versorgungstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Alexander Monz
Projektteam	Prof. Volker Banholzer, Fakultät AMP, THN Dr. Annelie Bachmaier, Institut für Slavistik, TU Dresden, Dr. Hendrik Fischer, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Bonn Alexander Knoth, DAAD, Berlin
Kontaktdaten	alexander.monz@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Die im Zuge der COVID-19-Pandemie schlagartig ins Bewusstsein gerückten Möglichkeiten digitaler Zusammenarbeit in Lehre und Forschung bieten ein gewaltiges Potenzial, um Menschen miteinander in Kontakt zu bringen, die sonst eher wenig miteinander zu tun haben. Damit wurden im Projekt gezielt das oft anzutreffende Verharren in der eigenen Fachdisziplin thematisiert und gezielt Ansatzpunkte zur Verbesserung erarbeitet. Das hierfür genutzte „Projekt aus Konstruktion und Entwicklung“ bildet als zweisemestrige Veranstaltung im 6. und 7. Semester des Bachelorstudiengangs Maschinenbau an der Technischen Hochschule Nürnberg den Abschluss der grundlegenden Konstruktionsausbildung im Maschinenbaustudium. Das primäre Lernziel ist dabei die Fähigkeit zum zielgerichteten Einsatz der im Studium erlernten und teilweise auch neu zu erlernenden Konstruktionsmethoden. Die konstruktive Aufgabenstellung „Entwicklung eines Getriebes für Linearachsen“ als Baukastenlösung in Zusammenarbeit mit einem/einer Industriepartner*in ist dementsprechend umfangreich und komplex. Das sekundäre Lernziel ist die zielgruppenorientierte Vermittlung technischer Inhalte. Auf die Spitze getrieben – so wie in dieser rein digital durchgeführten Veranstaltung –, wird damit ein aktuelles gesellschaftliches Problem thematisiert: Wie spreche ich so über das Gebiet meiner fachlichen Expertise, dass ich auch für Laien verständlich bin?

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Das Gerüst der Veranstaltung bildeten ein wöchentliches Seminartreffen via Zoom sowie ein begleitender und aktiv eingebundener Kurs im Lernmanagement-System Moodle. Die Studierenden arbeiteten in vier Projektgruppen zusammen und koordinierten sich weitgehend selbstständig. Die Bearbeitung der konstruktiven Aufgabenstellung mit einem/einer Projektpartner*in aus der Industrie im WS2020/21 bildete die Basis für eine Auseinandersetzung mit der zielgruppengerechten Darstellung im SS2021.



Abbildung 2: Zeitliche Gliederung der Veranstaltung. Grafik: Alexander Monz

Als Fachfremde konnten mit Annelie Bachmaier (Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Slavistik der TU Dresden), Alexander Knoth (Referatsleitung Digitalisierung beim Deutschen Akademischen Austauschdienst e.V.) und Dr. Hendrik Fischer (Abteilung Raumfahrtstrategie am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.) drei ausgewiesene Experten mit völlig unterschiedlichen fachlichen Hintergründen und Einsatzgebieten gewonnen werden. Der Fokus wurde damit im zweiten Kurssemester von der Bearbeitung einer konstruktiven Aufgabenstellung auf die Kommunikation technischer Inhalte verschoben – und das weit außerhalb der Komfortzone der Studierenden. Zusätzliche Expertise in der Technikkommunikation steuerte Prof. Volker Banholzer bei.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Das gewählte Lehrformat der Einbindung von Externen in verschiedenen Rollen (als Feedback-Geber für die Studierendenvorträge sowie als Lehrende für einzelne Einheiten), die im digitalen Raum ohne größeren logistischen oder finanziellen Aufwand möglich war, erwies sich als äußerst produktiv. Die Studierenden zeigten sich durchgängig hoch motiviert und die oben beschriebenen Lernziele wurden erreicht.

Die Lehrveranstaltung unterstützte dabei gezielt die verschiedenen Ebenen des Lernens: Die kognitive Ebene

Transformation und Nachhaltige Ernährungssysteme in der Metropolregion Nürnberg (TuNErMeNü)

Prof. Dr. Jan Niessen
Fakultät Betriebswirtschaft
M. A. Katrin Schwanke, Ronja Brozek, Bluepingu e.V.
Fakultät Betriebswirtschaft
TH Nürnberg

Zusammenfassung

In verschiedenen Organisationen und Initiativen bemühen sich politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Akteur*innen darum, durch nachhaltige Produktions- und Konsumansätze die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme zu erhalten und die planetaren (Ökosystem-)grenzen mittelfristig wieder einzuhalten. Transformation und Nachhaltigkeit der Ernährungssysteme sind aus verschiedenen wissenschaftlichen und praktischen Perspektiven systemisch zu betrachten und zu bearbeiten. Die Studierenden bearbeiten in Projekten der Lehr-Lernforschung als kleine Forscher*innen-Teams je nach Fach spezifische Fragestellungen zu Nachhaltigkeit in Unternehmen. Beteiligt sind die die sechsten und siebten Semester des Studienangs „Management in der Biobranche“. Im Lehrforschungsprojekt bekommen Studierende einen inhaltlichen Überblick über Zusammenhänge und Fragestellungen im Themenfeld nachhaltiger Ernährungssysteme. Ziel ist es, jeweils an Umsetzungsmöglichkeiten nachhaltiger Lösungen für Unternehmen zu forschen, um so Umsetzungs- und Praxisorientierung sowie Forschungs- und Sozialkompetenzen weiterzuentwickeln. Ferner erhalten die Studierenden die Möglichkeit, über eine methodisch-didaktisch passgenaue Aufbereitung ausgewählter Sustainable Development Goals (Nachhaltigkeitsziele) ihre Forschungsarbeit bewusst mit den Zielen nachhaltiger Entwicklung zu verknüpfen. Hierbei werden auch soziale, ethische und kulturelle Schwerpunkte gesetzt. Da unerwartet Eigenmittel zur Verfügung standen und aufgrund der Pandemie nicht alle Teilprojekte umgesetzt werden konnten, wurden die Projektmittel nicht ausgeschöpft.

1. Projektdaten

Fördersumme	9.800 Euro
Laufzeit	März bis Dezember 2021
Fakultät	Betriebswirtschaft
Projektleitung	Prof. Dr. Jan Niessen
Projektteam	Hidir Altinok (Amt für Nachhaltigkeitsförderung, Stadt Neumarkt), Ronja Brozek, Katrin Schwanke (Bluepingu e.V.)
Kontaktdaten	jan.niessen@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Nachhaltigkeit in Agrar- und Ernährungssystemen betrifft kulturell und wirtschaftlich nahezu alle Menschen und ist gleichzeitig mit komplexen, interdisziplinären gesellschaftlichen Fragestellungen und Herausforderungen verbunden. In verschiedenen Programmen, Organisationen und Initiativen bemühen sich politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Akteur*innen, durch nachhaltige Produktions- und Konsumansätze (SDG 12) die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme zu erhalten und die planetaren (Ökosystem-)Grenzen mittelfristig wieder einzuhalten (SDGs 13, 14, 15).

Im Jahr 2021 richteten die Vereinten Nationen das UN Food System Summit aus, um Wege zu nachhaltigen Ernährungssystemen in Multistakeholderformaten zu bestimmen. In der Vorbereitung der Beiträge aus Deutsch-

land war Prof. Dr. Jan Niessen durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) eingebunden und konnte die Veranstaltung durch ein Impulsreferat sowie die Moderation einer Arbeitsgruppe mitgestalten. Die Ergebnisse und Erfahrungen gilt es nun, in den Ländern und Regionen umzusetzen. Die Umsetzung soll in der Metropolregion Nürnberg auch mittels des LLF TuNErMeNü unterstützt werden.

Als Öko-Modellregion bietet das Nürnberger Land einen passenden Standort für das Lernforschungsprojekt. Öko-Modellregionen sollen die steigende Nachfrage nach ökologisch erzeugten Produkten in den jeweiligen Regionen produktionsseitig spiegeln, das Bewusstsein für regionale Kreisläufe bei den Verbraucher*innen stärken und zur „Rettung der Bienen“ beitragen. Ein Schwerpunkt ist es, mehr Bio-Produkte in der Außer-Haus-Verpflegung anzubieten.

Entsprechend den gesellschaftspolitischen Entwicklungen wie dem Prozess der „Zukunftskommission Landwirtschaft“ (ZKL) gilt es, in den Regionen verstärkt Beteiligung von Anspruchsgruppen, Ökologisierung und Regionalisierung der Ernährungssysteme zu ermöglichen, was vielseitige Forschungsgegenstände für forschendes Lernen mit sich bringt. Es kann modellhaft erforscht und dargestellt werden, dass sowohl wirtschaftliche als auch politische und soziale Fragen in Verbindung mit einer Ökologisierung der Ernährungssysteme und gesunder Ernährung zusammenhängen.

Das Lernforschungsprojekt soll die Studierenden an die Themenkomplexe, Zusammenhänge und Lösungsansätze heranführen, zum eigenen Handeln motivieren sowie zum eigenständigen Einbringen individueller Fragestellungen und Ansätze ermutigen. Im Lernprozess führt dies zu einer nachhaltigen Verankerung der im Forschungsprozess gewonnenen Erkenntnisse. Zudem soll die Komplexität systemischer Zusammenhänge veranschaulicht und erfahrbar gemacht werden. Durch Zusammenarbeit mit Unternehmen und Projekten in der Metropolregion sollen eine praxisorientierte Wirkung sowie Sichtbarkeit über die Grenzen der Hochschule hinaus erreicht werden. Damit können Forschungs- und Praxiserfahrungen im Feld der Transformation hin zu nachhaltigen Ernährungssystemen ermöglicht werden.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

In kleinen Teams von drei bis vier Studierenden (gegenüber Unternehmen in den Rollen als Forscher*innen, Berater*innen oder internen Nachhaltigkeitsteams) werden je nach Fach gezielt bestimmte Forschungs- und Transferaufträge und damit verbundene Fragestellungen bearbeitet. Phasen der Projekte bzw. Arbeitspakete sind wie folgt aufgebaut:

- Literaturrecherche und best practice zur konkreten Fragestellung (z. B. Steigerung Bio-Anteil in der Schulpflegung)
- Identifikation der wichtigsten Akteure und Anspruchsgruppen sowie deren mögliche Motive und Intentionen in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern oder Lieferanten in den Wertschöpfungsketten (z. B. Bio-Stadt Nürnberg, Bluepingu e.V., landwirtschaftliche Betriebe oder Verarbeitungsunternehmen)
- Erstellung einfacher Leitfäden / Fragebögen und qualitative Befragung relevanter Akteure / Anspruchsgruppen bzw. teilnehmende Beobachtung (z. B. Lieferanten von Bio oder Caterer für Schulkantinen)
- Erarbeitung von zertifizierbaren Bio-Wertschöpfungsketten für bestimmte / geeignete Produkte sowie eines geeigneten Nachhaltigkeitsstandards für die Unternehmen und verbundenen Zulieferbetriebe
- Auswertung der Befragungen / Beobachtungen und Erstellung eines Abschlussberichtes mit selbst erarbeiteten Vorschlägen / Konzepten zur Lösung / als Lösungsbeitrag (Fallstudie / Studienarbeit)

Im 6. Semester wurden Studienarbeiten in den Fächern „Nachhaltigkeit in der Wertschöpfungskette“ (NWSK) sowie „Zertifizierung / Bio-Kennzeichnung“ (BioZert) im Rahmen der LLF durch die forschenden Studierenden erstellt. Im 7. + X Semester in der Lehrveranstaltung „Bachelorseminar“ arbeiteten zwei Studierende im Forschungsprojekt GemüseWert und haben ihre Bachelorarbeiten im Rahmen des Projektes als Lehr-Lernforschung verfasst.

Die Studierenden lernen beispielsweise in NWSK reale oder zu identifizierende Wertschöpfungsketten der beteiligten Unternehmen kennen, teils erarbeiten sie selbst potenzielle Kooperationsmöglichkeiten mit nachhaltig

ausgerichteten Lieferanten. Es werden ein geeigneter Nachhaltigkeitsstandard ausgewählt und ein Konzept zur Implementierung ausgearbeitet. Dabei ist es wichtig, die unterschiedlichen Perspektiven zu erforschen und einzunehmen, was die im Forschungsprozess gewonnenen Erkenntnisse im Lernprozess nachhaltig verankert. Dadurch erhalten die Studierenden einen Überblick über die Zusammenhänge und Fragestellungen im Projektkontext hinsichtlich Transformation von Ernährungssystemen aus einzelbetrieblicher Sicht sowie den verschiedenen Perspektiven (z. B. Lieferant*innen und Kund*innen / Gäste).

Während des Prozesses wurden die Studierenden gruppenweise von Lehrenden begleitet und formulierten eigenständig ihre Forschungsfragen, welche in den Teams und mit den beteiligten Unternehmen diskutiert und reflektiert wurden. Durch die offene Herangehensweise und das Aufzeigen verschiedener Ansätze und Perspektiven auf die Forschungsfelder (z. B. Nachhaltigkeit in WSKs, Herausforderungen Bio-Zertifizierung) profitieren die Studierenden von den Anforderungen und der naheliegenden Notwendigkeit, ihre Kommunikations-, Forschungs- und Sozialkompetenzen weiterzuentwickeln.

Durch eine vertiefte Auseinandersetzung mit ausgewählten SDGs (z. B. „Gesundheit und Wohlergehen“ oder „Nachhaltiger Konsum und Produktion“) werden die Verarbeitung und Aneignung von Inhalten im Sinne qualitativ hochwertiger Bildung gefördert. Wichtige berufliche Kompetenzen wie Selbstorganisation, Eigenverantwortlichkeit oder auch die Vorbereitung und Durchführung zielorientierter und adressatenspezifischer Gesprächsleitfäden werden nachhaltig ausgebaut. Auch die mit der Pandemie einhergehenden Herausforderungen an Teamarbeit und Verbindlichkeit haben zu Lerneffekten geführt.

Das durch Studierende im Rahmen des Bachelorseminars bearbeitete Forschungsprojekt GemüseWert war sehr umfassend. Die Studierenden lernten, qualitative Leitfadeninterviews zu erstellen und durchzuführen, haben über 35 qualitative Leitfadeninterviews mit Akteur*innen der Wertschöpfungsstufen Landwirtschaft, Verarbeitung, Außer-Haus-Verzehr und Lebensmittelhandel durchgeführt, transkribiert und mit MAXQDA ausgewertet. Erste Ergebnisse konnten auf der Auftaktveranstaltung des Projekts (15. Juli 2021) vor großem Publikum sowie im Rahmen der MS Wissenschaft vorgestellt werden.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Die Forschungsteams haben jeweils ca. 15-seitige Studienarbeiten zu ihren Themen verfasst und dies in Postern zusammengefasst. Die schriftlichen Ausarbeitungen mit Empfehlungen wurden den Praxispartner*innen-Unternehmen ausgehändigt und die Ergebnisse anhand der Poster virtuell oder in Präsenz vorgestellt und diskutiert. So konnte insbesondere der Transferprozess einschließlich Rückmeldung zu den Lösungskonzepten durch die „beforschten“ Unternehmen erfahrbar und zur praktischen Verwertung übergeben werden. In den Fächern NWSK und BioZert haben vier Forscher*innen-Teams Fragestellungen von Unternehmen / Organisationen forschend bearbeitet. Die Ergebnisse können im Folgenden nur sehr komprimiert dargestellt werden.

1. „Paradies“: Restaurant und Biergarten nachhaltig und bio in St. Johannis. Anknüpfung an und Ergänzung des Nachhaltigkeitskonzeptes in Zusammenarbeit mit „SDGs go local“ (Bluepingu e.V.): <https://sdgs-go-local.bluepingu.de/nuernberg-st-johannis/rest-e-los/> Es wurden Optionen für Bio-Speisen und Zertifizierung ebenso wie die Möglichkeiten der Einführung eines Nachhaltigkeitsstandards erarbeitet.
2. „Bio-Schulverpflegung und Catering“ der Jura-Werkstätten Lebenshilfe Neumarkt. Ausbau Bio- Angebote zur Schulverpflegung. Es wurde die Ausweitung des Bio-Angebotes geprüft, da der Bio-Anteil in Schulen steigen wird. In Anknüpfung an die „Soziale Ader“ des Unternehmens wurde die Einführung des Deutschen Nachhaltigkeitskodexes (DKN) Food geprüft: <https://lebenshilfe-neumarkt.de/arbeiten/produktion/kueche-und-catering/>
3. „RegionalSmoothie“: Start-up verwertet wertvolles O&G – „the real true fruits“. Etablierung und Prüfung von Bio-Wertschöpfungsketten (WSKs) in unterschiedlichen Produktbereichen. Sustainable Food Start-up eines Studierenden aus dem 8. Semester, das konkret wird. Verschiedene Bio-WSKs und Nachhaltigkeitsstandard / Selbstverständnis des zu gründenden Unternehmens wurden konzipiert und geprüft: www.regiosmoothie.de

com. Die Ergebnisse wurden auch auf einer öffentlichen Veranstaltung (MS Wissenschaft) präsentiert. Auch hat sich die Bachelorarbeit eines Teammitgliedes angeschlossen, um ein optimales Finanzierungskonzept zu erforschen und auszuarbeiten. Das Start-up firmiert mittlerweile unter www.kraftschluck.bio, die Produkte sollen im Herbst 2022 auf den Markt kommen. Die Bachelorarbeit zu Finanzierungspotenzialen ist abgeschlossen.

4. „Flaire-Gastronomie“: nachhaltig-kreative Gastro der geplanten Villa Flair in Schwarzenbruck. Geplantes Kulturzentrum mit Gastronomie: Recherche und Potenziale der Beschaffung regionaler und Bio-Lieferanten sowie der möglichen Einführung des Deutschen Nachhaltigkeitskodexes (DKN) Food. Ein Projekt des Laissez-Faire e.V.: www.LAISSEZ-FAIRE.org. Die Gastronomie wird ihren Betrieb im Herbst 2022 aufnehmen.
5. Die im Rahmen des Forschungsprojektes GemüseWert erarbeiteten Bachelorarbeiten zeigen auf, in welchen Bereichen der Außer-Haus-Verpflegung sowie des Lebensmitteleinzelhandels noch besondere Potenziale zur Steigerung der Vermarktung von regionalem Bio-Gemüse bestehen. Auch darüber hinaus konnten Zusammenhänge über die gesamten Wertschöpfungsketten erforscht und herausgearbeitet werden.



Fallstudie Paradies



Quelle: Restaurant Paradies Nürnberg (2021) <https://restaurant-paradies-nuernberg.eatbu.com/?lang=de>

Aufgabenstellung/ Zielsetzung:

Angesichts der Überlastung des Planeten und dem daraus resultierenden Klimawandel, ist es gewünscht und notwendig, dass sich ein Unternehmen mit dem Thema Nachhaltigkeit intensiv auseinandersetzt und es vollkommen integriert.

Ziel dieser Fallstudie ist es auf Grundlage der aktuellen Gegebenheiten die Nachhaltigkeitsleistungen des Restaurants Paradies umfassend zu verbessern und dadurch langfristig eine entsprechende Bio-Zertifizierung zu erreichen.

Vorgehensweise:

Zu Beginn wird die allgemeine Ausgangssituation analysiert. Dabei dient der Nachhaltigkeitsbericht, der zusammen mit dem Bluepingu e.V 2021 erstellt wurde, als Grundlage für die Weiterentwicklung.

Daraufhin werden Entwicklungspotenziale, die eine Biozertifizierung ermöglichen sowie verschiedene Möglichkeiten der Zertifizierung und der Komplettumstellung aufgezeigt. Anschließend wird der Zertifizierungsprozess mit den damit verbundenen Anforderungen und die sich daraus ergebende Kundenkommunikation beschrieben. Abgeschlossen wird die Fallstudie mit einer Handlungsempfehlung und einer Zusammenfassung.

Ergebnisse:

Das Paradies setzt bereits einige Nachhaltigkeitsleistungen um. Dennoch lassen sich Ausbaupotenziale ausmachen, um das Ziel einer „grünen“ Gastronomie zu erreichen. Aufgrund dessen sollten die Nachhaltigkeitsleistungen kontinuierlich verbessert und der Anteil an Bio-Produkten schrittweise erhöht werden. Dadurch ist es realistisch bis Ende 2021 das Greentable-Siegel und auf langfristige Sicht das Bioland-Bronze-Zertifikat zu erhalten.



Quellen: Bioland e.V. (2021) <https://www.bioland.de/gastronomie>
Greentable e.V. <https://www.greentable.org/pressebereich/>

Tobias Busse, Leonie Roth, Theresa Hetz, Vanessa Herzig Semester: SS / 2021 Betreuer: Herr Niessen

Abbildung 1: „Paradies“: Restaurant und Biergarten nachhaltig und bio in St. Johannis. Anknüpfung an und Ergänzung des Nachhaltigkeitskonzeptes in Zusammenarbeit mit „SDGs go local“ (Bluepingu e.V.): <https://sdgs-go-local.bluepingu.de/nuernberg-st-johannis/rest-e-los/> Es wurden Optionen für Bio-Speisen und Zertifizierung ebenso wie die Möglichkeiten der Einführung eines Nachhaltigkeitsstandards erarbeitet. Grafik: Tobias Busse, Leonie Roth, Theresa Hetz, Vanessa Herzig

„Bio-Schulverpflegung und Catering“ der Jura-Werkstätten Lebenshilfe Neumarkt

Jasmine Schreiner, Stephan Knoll, Alexander Grad und Sarah Zeise

I. Aufgabenstellung

Ausweitung des Bio-Angebotes zur Schulverpflegung, da Bio-Anteil in Schulen steigen wird und Anknüpfung an „Soziale Ader“ in Sachen Nachhaltigkeit

II. Vorgehensweise



III. Ergebnis

Bio und Regionalität gehen Hand in Hand



→ Regionale Bio-Lebensmittel:

- Pasteurisierte Milch & Molkereiprodukte
- Eier
- Fleisch
- Kartoffeln
- Saisonales Gemüse



→ Bio-Lebensmittel:

- Quinoa, Couscous
- Verschiedene Linsenarten
- Tofu
- Nudeln
- Fisch
- Molkereiprodukte



Implementieren des Nachhaltigkeitsstandards



Zertifizierungsprozess



Wertschöpfungskette



Abbildung 2: „Bio-Schulverpflegung und Catering“ der Jura-Werkstätten Lebenshilfe Neumarkt. Ausbau Bio- Angebote zur Schulverpflegung. Es wurde die Ausweitung des Bio-Angebotes geprüft, da der Bio-Anteil in Schulen steigen wird. In Anknüpfung an die „Soziale Ader“ des Unternehmens wurde die Einführung des Deutschen Nachhaltigkeitskodexes (DNK) Food geprüft. Grafik: Jasmine Schreiner, Stephan Knoll, Alexander Grad, Sarah Zeise



Food Start-up „RegioSmoothie“

Aufgabenstellung/Zielsetzung:

- Erstellung eines Konzeptes für die Integration eines Nachhaltigkeitsstandards
- Darstellung der beteiligten Akteure entlang der Wertschöpfungskette
- Empfehlung einer Zertifizierung und Bio-Kennzeichnung
- Unterstützung des Start-ups in der Entscheidungsfindung

Vorgehensweise:

- Beschreibung des Start-ups „RegioSmoothie“ (Interview mit dem Gründer)
- Analyse von ausgewählten Lieferanten (Interview mit den Lieferanten)
- Untersuchung der Unternehmensumwelt
- Bewertung der Nachhaltigkeitsleistungen
- Prüfung und Auswahl einer geeigneten Bio-Zertifizierung und Kennzeichnung für das Produkt und das Unternehmen selbst
- Beschreibung eines potenziellen Nachhaltigkeitsmarketings und Entwicklung von Kaufanreizen

Ergebnisse:

- Erschließung einer Marktlücke, durch Herstellung eines Smoothies mit ausschließlich regional bezogenen Rohstoffen
- Befriedigung der Kundenbedürfnisse in besonderem Maße (Regionalität, Transparenz, ZeroWaste, Bioprodukte)
- Zertifizierung nach EU-Öko-Verordnung
- Kennzeichnung mit EU-Bio-Siegel, deutschem Bio-Siegel und dem Zeichen des Regionalfenster e. V.
- Zertifizierung des Start-ups nach *We Care* zur Gewährleistung von Normenanforderungen und Generierung von Kundenvertrauen
- Soziales und faires Handeln entlang der gesamten Wertschöpfungskette
- Umsetzung des Vorhabens mit hohen Anfangsinvestitionen verbunden
- Kritik: kürzere Haltbarkeit durch hohen Gemüseanteil und unsichere Verfügbarkeit der regionalen Ware

Sandra Vorreiter, Patrick Köppel, Sara Grüner, Ilir Sopa

Abbildung 3: „RegionalSmoothie“: Start-up verwertet wertvolles O&G – „the real true fruits“. Etablierung und Prüfung von Bio-Wertschöpfungsketten (WSKs) in unterschiedlichen Produktbereichen. Sustainable Food Start-up eines Studierenden aus dem 8. Semester, das konkret wird. Verschiedene Bio-WSKs und Nachhaltigkeitsstandard / Selbstverständnis des zu gründenden Unternehmens wurden konzipiert und geprüft: www.regiosmoothie.com. Die Ergebnisse wurden auch auf einer öffentlichen Veranstaltung (MS Wissenschaft) präsentiert. Auch hat sich die Bachelorarbeit eines Teammitgliedes angeschlossen, um ein optimales Finanzierungskonzept zu erforschen und auszuarbeiten. Das Start-up firmiert mittlerweile unter www.kraftschluck.bio, die Produkte sollen im Herbst 2022 auf den Markt kommen. Die Bachelorarbeit zu Finanzierungspotenzialen ist abgeschlossen. Grafik: Sandra Vorreiter, Patrick Köppel, Sara Grüner, Ilir Sopa



Flaire – die außergewöhnliche Gastronomie

Aufgabenstellung/Zielsetzung

Die Flaire-Gastronomie ist ein Projekt des Laissez-Faire e.V. Sie soll mit ökologisch und/oder regional bezogenen Speisen und Getränken eine Veranstaltungsstätte mit Events für Jung und Alt werden.

Es sollen Grundlagen, Bedeutung und Potenziale der Bio-Zertifizierung in der Außer-Haus-Verpflegung erforscht werden.



Vorgehensweise

Das Unternehmen wurde vorgestellt und seine Philosophie sowie Pläne erläutert

Das Umfeld, in das das Flaire-Projekt einsteigt wurde analysiert und der Platz einer ökologisch-kulturellen Gastronomie im Markt wurde erschlossen

Nachhaltigkeitsinstrumente zur Bewertung von Nachhaltigkeitsleistungen wurden vorgestellt

Potenziale und Möglichkeiten der Bio-Zertifizierung wurden erläutert

Kanäle zur Kommunikation der Nachhaltigkeitsleistungen wurden vorgestellt sowie weiterführende Möglichkeiten einer Zertifizierung

Ergebnisse/Empfehlungen

- Bewusstsein in der Ernährung und der Wunsch nach Verbundenheit zur Natur steigt → Flaire-Gastronomie steigt in einen wachsenden Markt ein
- Eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Gastronomie wie die Flaire sollte Bio zu einem Standard machen; regional kann eine gute Ergänzung darstellen
- Zur Messung und Kommunikation der Nachhaltigkeitsleistung wird der Deutsche Nachhaltigkeitskodex mit Branchenspezialisierung der Ernährungsindustrie empfohlen
- Durch den Einsatz von Bio ist die Einhaltung gesetzlicher Rechtsvorschriften verpflichtend; eine zusätzliche Zertifizierung nach privatrechtlichen Standards sowie mit dem Siegel von Regionalfenster und Fairtrade ist empfehlenswert
- Die Kommunikation der Nachhaltigkeitsleistungen ist empfehlenswert, um die Kunden für Bio zu sensibilisieren. Empfehlenswerte Kommunikationsmittel: die Website, Social Media und die Speisekarte

Paul Chambers, Theano Koundoura, Johanna Peters, Eva Strehle

Abbildung 4: „Flaire-Gastronomie“: nachhaltig-kreative Gastro der geplanten Villa Flair in Schwarzenbruck. Geplantes Kulturzentrum mit Gastronomie: Recherche und Potenziale der Beschaffung regionaler und Bio-Lieferanten sowie der möglichen Einführung des Deutschen Nachhaltigkeitskodexes (DKN) Food. Ein Projekt des Laissez-Faire e.V.: www.LAISSEZ-FAIRE.org. Die Gastronomie wird ihren Betrieb im Herbst 2022 aufnehmen. Grafik: Paul Chambers, Theano Koundoura, Johanna Peters, Eva Strehle

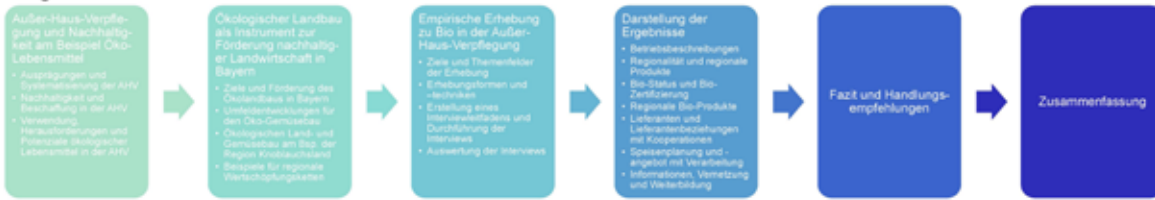


Potenziale der Außer-Haus-Verpflegung zur Steigerung des Öko-Landbaus in Bayern. Empirische Analyse am Beispiel der Region Knoblauchsland

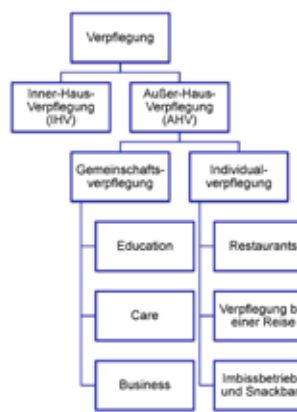
Forschungsfragen mit Zielsetzung



Vorgehensweise



Systematisierung der AHV



Ziele und Förderung des ökologischen Landbaus



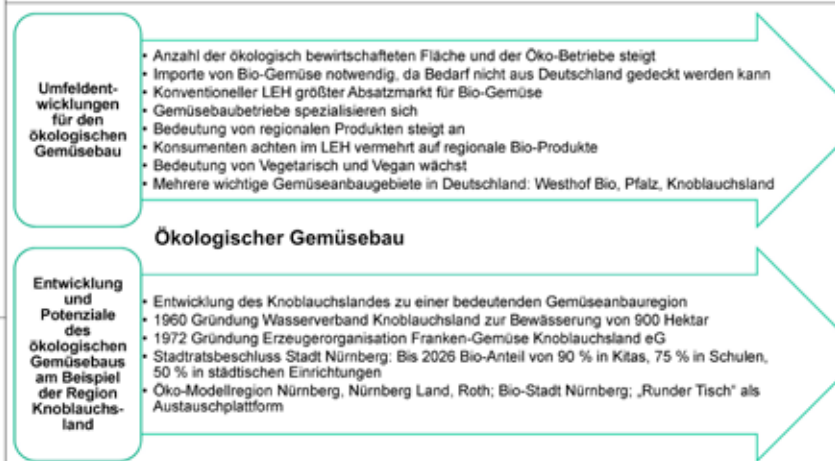
Bachelorarbeit von Katharina Gebhard
Betreuer: Prof. Dr. Jan Niessen
Literaturverzeichnis im QR-Code



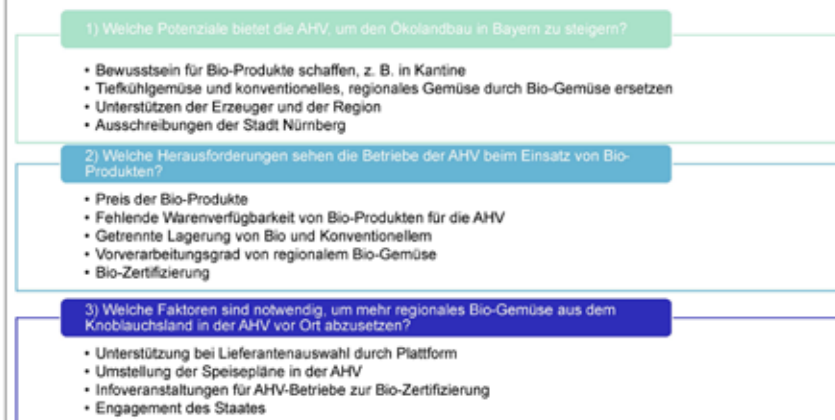
SCAN ME

Konzepte zur Bio-Zertifizierung in der AHV

Ausschließlich Bio-Produkte ➤ Verwendung von 100 % Bio-Produkten	Komplette Bio-Speisen ➤ z. B. Bio-Lasagne	Bio-Komponenten ➤ z. B. Bio-Kartoffeln	Austausch einzelner Rohstoffe oder Zutaten ➤ z. B. ausschließliche Verwendung von Bio-Nudeln
--	---	--	--



Fazit

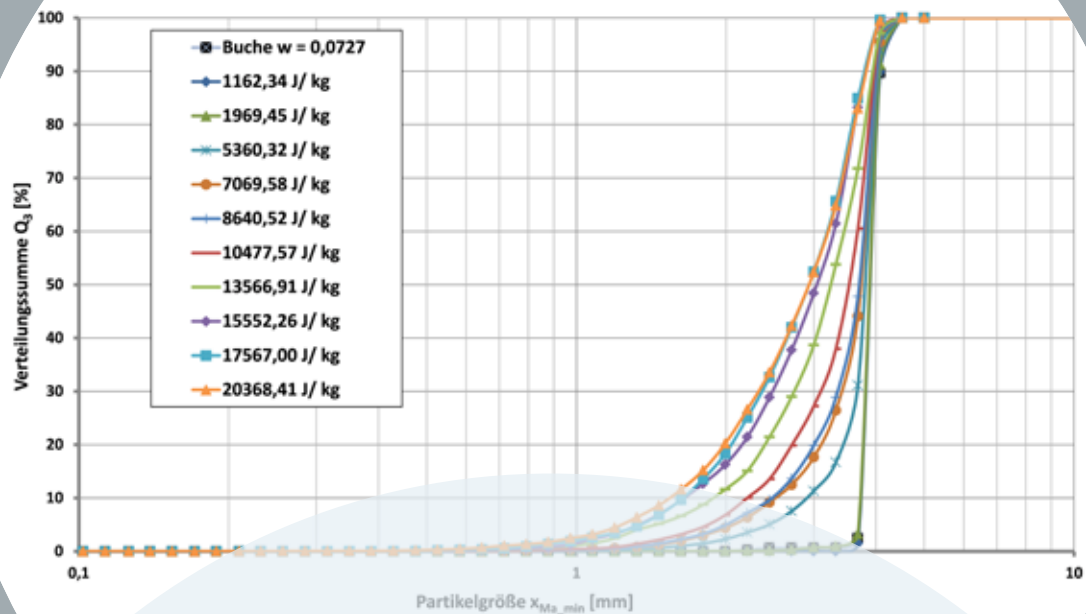


Abbildungen 5 und 6: Die im Rahmen des Forschungsprojektes GemüseWert erarbeiteten Bachelorarbeiten zeigen auf, in welchen Bereichen der Außer-Haus-Verpflegung sowie des Lebensmitteleinzelhandels noch besondere Potenziale zur Steigerung der Vermarktung von regionalem Bio-Gemüse bestehen. Auch darüber hinaus konnten Zusammenhänge über die gesamten Wertschöpfungsketten erforscht und herausgearbeitet werden. Grafiken: Patrick Müller, Katharina Gebhard

5. Fazit und Ausblick

Die Studierenden konnten tiefe Einblicke in ganz aktuelle Fragestellungen und Herausforderungen der Lebensmittelwirtschaft und der Transformation zu Nachhaltigkeit sowie nachhaltigen Ernährungssystemen erlangen. Insbesondere die Zusammenhänge UND das Systemische wurden deutlich. Aber auch die Gruppendynamik und die Bedeutung der kollegialen Zusammenarbeit konnten ebenso erlebt werden wie die pragmatischen Rahmenbedingungen und Herausforderungen in der praxisorientierten Umsetzung bei Unternehmen oder in Unternehmensgründungsprozessen.

Bei allen Projekten wurde deutlich, wie wichtig Kommunikation ist. „Tue Gutes und rede darüber“ oder noch besser: „Tue Gutes und lasse andere darüber reden.“ Es sind während und nach dem Forschungsprozess weitere Fragestellungen und konkrete Fragestellungen von Unternehmen und Netzwerken im Bereich der Ernährungssysteme in der Metropolregion Nürnberg aufgekommen. Diese werden bei der Fortführung im Jahr 2022 bearbeitet. Dabei können noch weitere Lehrveranstaltungen miteinbezogen und die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Studierenden anderer Studiengänge verstärkt werden.



Visualisierung von Bruchvorgängen komplexer Materialien

Moritz Eisenlauer, M. Sc.
 Prof. Dr. Ulrich Teipel
 Fakultät Verfahrenstechnik
 Forschungsgruppe „Partikeltechnologien, Rohstoffinnovationen und Ressourceneffizienz“ (FPR)
 TH Nürnberg
 Institut Chemieingenieurwesen
 Universität Ulm

Zusammenfassung

Zusammenfassend kann insgesamt ein durchweg positives Fazit gezogen werden. Aus inhaltlicher Sicht wurden die gesetzten Ziele für das Vorhaben alle erreicht und zum Teil auch übertroffen. Der geplante Versuchsstand zur Visualisierung von Bruchvorgängen wurde im Rahmen des Vorhabens konzeptioniert, umgesetzt und in Betrieb genommen. Zusätzlich wurden erste Ergebnisse zur Untersuchung des Bruchverhaltens von Buchenholz-Modellpartikeln erzeugt. Dabei wurden 5.000 einzelne Bruchvorgänge mittels schneidender Beanspruchung und Prallbeanspruchung durchgeführt sowie analysiert. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass sich die Bruchwahrscheinlichkeitsfunktion sehr gut für beide Beanspruchungsarten modellieren lässt. Dies stellt einen entscheidenden Schritt für eine zukünftige DEM-Simulation (Diskrete-Elemente-Methode) der Zerkleinerungsprozesse von nachwachsenden Rohstoffen dar. Durch die Publikation der ersten Ergebnisse des Vorhabens entstand eine Kooperation mit der Firma CAD-FEM zur Übertragung der experimentellen Ergebnisse in die DEM-Simulation. Das Vorhaben ermöglichte den Einstieg der Forschungsgruppe FPR in die Einzelkornzerkleinerung sowie die DEM-Simulation. Im Rahmen der Kooperation mit der Firma CAD-FEM soll ein Forschungsvorhaben entstehen und beantragt werden.

Das Konzept des forschenden Lernens bietet sehr gute Möglichkeiten für die Entwicklung neuer Forschungsvorhaben. Durch den finanziellen Rahmen ist es möglich, neue Ideen so weit zu entwickeln, dass die für die Beantragung öffentlich geförderter Forschungsprojekte nötigen Erfahrungen und Vorversuche erreicht werden können und somit die Wahrscheinlichkeit einer positiven Begutachtung eines Förderantrages deutlich gesteigert wird. Suboptimal hat sich jedoch der zeitliche Rahmen des Konzeptes herausgestellt. Auf der einen Seite handelt es sich in der Grundlagenforschung generell um Projekte mit einem sehr hohen Risiko, welche oft durch erhebliche Verzögerungen gekennzeichnet sind. Hierbei wäre ein längerer Zeitrahmen empfehlenswert. Auf der anderen Seite werden im Rahmen des Vorhabens motivierte und engagierte Studierende mit einer hohen Affinität zur Forschung aufwendig in ein Themengebiet eingearbeitet, aber es wird keine Möglichkeit geboten, ihre gewonnene Expertise weiter zu vertiefen und zu erweitern. Hierbei wäre die Möglichkeit der Verlängerung des Vorhabens unter der Voraussetzung eines positiven Abschlusses des ersten Teiles des Vorhabens zu begrüßen.

Im Rahmen des Vorhabens wurden die Durchführung sowie das Konzept des forschenden Lernens auch durch die beteiligten Studierenden evaluiert. Das Feedback war dabei durchweg positiv. Besonders hervorgehoben wurde dabei die Möglichkeit der Durchführung von Bachelorarbeiten in Präsenz trotz der pandemiebedingten Einschränkungen. Auch der enge Bezug zu anderen Forschungsvorhaben und den Partnern in den Forschungsvorhaben wurde durch die Studierenden als höchst ansprechend empfunden. Die Betreuung des Vorhabens durch Doktoranden der Forschungsgruppe FPR und der direkte Austausch mit den Doktoranden über die Möglichkeiten zur Promotion an der TH Nürnberg wurden sehr positiv bewertet. Auch von den Studierenden wurde der zeitliche Rahmen als zu kurz empfunden und sie hätten gerne im Rahmen einer Anstellung als studentische Hilfskräfte die Entwicklung des Vorhabens weiter begleitet.

1. Projektdaten

Fördersumme	10.000 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2021
Fakultät	Verfahrenstechnik, Forschungsgruppe „Partikeltechnologien, Rohstoffinnovationen und Ressourceneffizienz“ (FPR)
Projektleitung	Prof. Dr. Ulrich Teipel
Projektteam	Moritz Eisenlauer, M. Sc.
Kontaktdaten	moritz.eisenlauer@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Die Zerkleinerung verfolgt das Ziel, die partikulären Eigenschaften des Ausgangsmaterials so zu verändern, dass es in den nachfolgenden Prozessen zweckorientiert eingesetzt werden kann. Die partikulären Eigenschaften, die durch die Zerkleinerung beeinflusst werden, sind u. a. die Partikelgröße bzw. die Partikelgrößenverteilung, die Partikelform sowie die spezifische Oberfläche. Durch eine zielgerichtete Zerkleinerung kann die Effizienz vieler Prozesse erheblich verbessert werden. Jedoch sind Zerkleinerungsprozesse sehr energieaufwendig und besitzen schlechte Wirkungsgrade. Schon bei der Zerkleinerung von klassischen Materialien wie Kohle, Kalkstein oder Erzen sind die Verluste sehr hoch. Durch die zunehmende Technologisierung werden die zu zerkleinernden Materialien immer komplexer und die zu erwartenden Verluste werden damit signifikant zunehmen. Ebenfalls ist bis heute nicht hinreichend geklärt, ob und wie weit sich Mühlen, die für die Zerkleinerung klassischer Materialien entwickelt wurden, für diese hoch technologisierten Materialien eignen. Zukünftig werden immer mehr komplexe Materialien mit völlig unbekanntem Bruchverhalten, wie beispielsweise CFK, GFK und nachwachsende Rohstoffe, im Bereich des Recyclings und der Aufbereitung zerkleinert werden müssen. Die für die Zerkleinerung dieser Materialien am besten geeigneten Beanspruchungsarten sind dabei theoretisch die Prall- und Schneidbeanspruchung, jedoch gilt es, die Theorie für diese Materialien zu bestätigen. Für die Durchführung von energieeffizienten und ressourcenschonenden Zerkleinerungsprozessen sowie die Entwicklung neuer und innovativer Zerkleinerungsmaschinen ist es von größter Bedeutung, grundlegend die bei der Zerkleinerung auftretenden Bruchphänomene und Bruchvorgänge zu verstehen. Das prinzipielle Vorgehen dafür ist momentan immer noch das Durchführen von zeit- und kostenintensiven Parameterstudien in Mühlen. Eine neue und innovative Methode zur systematischen Untersuchung und Beschreibung von Bruchvorgängen unterschiedlicher Materialien stellt die Einzelkornzerkleinerung dar. Dadurch lässt sich die Anzahl an Parameterstudien für die Auslegung von Zerkleinerungsprozessen in einem erheblichen Maße reduzieren. Sie ist bis heute jedoch nur für die Beschreibung des Bruchverhaltens von Materialien mit einfachen Materialverhalten und Partikelgeometrien untersucht. Es gibt kaum Arbeiten, die sich mit diesem Thema für hochkomplexe Werkstoffe beschäftigen. Im Rahmen des Vorhabens Lehrforschung sollen das Bruchverhalten und die Bruchphänomene von komplexen Materialien in Form von studentischen Projekten und Abschlussarbeiten anhand von Einzelpartikeln untersucht werden und die Effizienz dieser Beanspruchungsarten hinsichtlich der Zerkleinerung der Materialien bewertet werden. Dabei wird in Zusammenarbeit mit den Student*innen im ersten Arbeitspaket AP1 das Bruchverhalten von Modellpartikeln unter Prallbeanspruchung untersucht. Dazu wird eine Hammermühle im Rahmen des Forschungsvorhabens „Zer-Prim“ mit dem Förderkennzeichen FKZ: 031B0675A so umgebaut, dass der Zerkleinerungsprozess mittels einer vorhandenen Hochgeschwindigkeitskamera aufgezeichnet werden kann. Die Untersuchungen des Bruchverhaltens von Holz sind dabei in das Verbundvorhaben „ZerAuNa“ mit dem Förderkennzeichen FKZ: 22017617 eingebunden, zusätzlich sollen im Rahmen des Vorhabens Lehrforschung weitere komplexe Materialien wie beispielsweise Kompositmaterialien untersucht werden. Beide Forschungsvorhaben sind eng mit der Region Nürnberg verbunden und beziehen ihre Ausgangsmaterialien ausschließlich von regionalen Anbietern. Des Weiteren handelt es sich bei beiden Vorhaben um Verbundprojekte, welche regionale Partner wie das Institut für interdisziplinäre Innovation (iii), aber auch überregionale Partner wie das Fraunhofer ICT (ICT) und die PSE GmbH beinhalten. Durch die beiden in das Vorhaben Lehrforschung eingebundenen Forschungsprojekte ist jedoch nicht die schneidende Beanspruchung abgedeckt. Daher soll im Rahmen des Vorhabens Lehrforschung im Arbeitspaket AP2 mit den Student*innen ein Versuchsstand entwickelt und gebaut werden, mit welchem die schneidende Zerkleinerung am Einzelkorn in Arbeitspaket AP3 untersucht und mittels der Highspeed-Kamera beobachtet werden kann. Durch das Vorhaben Lehrforschung wird mit den Student*innen dann im Arbeitspaket AP4 ein Vergleich der unterschiedlichen Beanspruchungsarten für die Eignung der Zerkleinerung der verschiedenen Materialien gezogen. Zusätzlich werden weitere Materialien für die Entwicklung und die Ideenfindung für neue Forschungsvorhaben untersucht und somit den Student*innen die Möglichkeit gegeben, einen Einblick in den Prozess der Ideenfindung für neue Forschungsvorhaben zu gewinnen. Durch das Vorhaben soll es den Student*innen ermöglicht werden, einen direkten Einblick in bestehende Forschungsvorhaben zu bekommen und durch den engen Kontakt mit den betreuenden Doktoranden den Alltag einer Promotion kennenzulernen. Ziel des Vorhabens ist es des Weiteren, zum einen Student*innen, welche durch die momentane Corona-Situation keine Möglichkeit für das Anfertigen einer Abschlussarbeit in der Industrie haben, die Möglichkeit zu bieten, im Rahmen des

Vorhabens Lehrforschung diese anzufertigen, zum anderen aber auch digitale Inhalte für die Vorlesungen von Prof. Dr. Teipel zu schaffen.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Durch die interdisziplinäre und enge Verzahnung der Forschungsgruppe „Partikeltechnologien, Rohstoffinnovationen und Ressourceneffizienz“ (FPR), welche für die Durchführung der Forschungsprojekte verantwortlich ist, und der Fakultät Verfahrenstechnik, wird Student*innen die Möglichkeit der Teilnahme an konkreten Forschungsvorhaben geboten und die Chance, in einem interdisziplinären Forschungsumfeld Erfahrungen im Bereich des fundierten wissenschaftlichen Arbeitens zu erlangen. Zusätzlich besteht eine hervorragende Zusammenarbeit der FPR mit den Fakultäten Maschinenbau, Werkstofftechnik und Chemie, welche eine fächerübergreifende Zusammenarbeit der Student*innen ermöglicht. Durch die unterschiedlichen Forschungsgebiete der FÜR, welche in den meisten Fällen als gemeinsame Schnittstelle die Aufbereitung und Zerkleinerung besitzen, bietet sich die Möglichkeit, einen breiten Einblick in die momentanen relevanten Bereiche der Forschung zu bekommen. Die studentische Beteiligung wird dabei in Form des Projektes im Rahmen des Bachelorstudienganges, aber auch in Form von Bachelorarbeiten gewährleistet. Die enge Betreuung, der fachliche Austausch und die kritische und wissenschaftliche Diskussion werden dabei durch die entsprechenden Doktoranden der einzelnen Forschungsprojekte gewährleistet. Diese leiten die Student*innen dazu an, eigenständig experimentelle Versuche zu planen und durchzuführen sowie ihre wissenschaftlichen Ergebnisse aufzubereiten und zu publizieren. Mittels der Betreuung der Student*innen durch Doktoranden wird die Möglichkeit geboten, sich direkt darüber zu informieren, wie eine mögliche zukünftige Promotion an der TH Nürnberg gestaltet und finanziert werden kann. Das angestrebte Lernziel ist dabei, grundlegend den Ablauf von Forschungsprojekten kennenzulernen, mit allen Hürden und Erfolgen, eigenständig Versuche planen und durchführen zu können sowie deren Ergebnisse bewerten zu lernen. Des Weiteren sollen die Student*innen neben der Gewinnung von Fähigkeit im Bereich der Durchführung experimentellen Arbeitens ebenfalls Einblicke in das Projektmanagement bekommen.

Hierbei soll der Schwerpunkt auf der Entwicklung von Projektideen, der Auswahl des richtigen Förderprogrammes, bis zur Antragsstellung liegen. Hierbei ist die enge Betreuung durch die Doktoranden mit ihren jahrelangen Erfahrungen zum erfolgreichen Einwerben von Fördermitteln von Vorteil. Aufgaben der Studierenden sind dabei die folgenden: In einem ersten Schritt wird die Einzelkornzerkleinerung von Modellpartikeln mittels Prallbeanspruchung untersucht. Dazu wird mit den Student*innen ein Versuchsstand geplant und aufgebaut, mit welchem die Prallbeanspruchung in einer Hammermühle untersucht werden kann. Der Bruchvorgang wird dabei mit einer Highspeed-Kamera mit 250.000 fps erfasst. Mittels der Analysesoftware kann die Aufprallgeschwindigkeit ermittelt werden. Aus dieser wird mit der Masse der Partikel die Aufprallgeschwindigkeit errechnet werden. Ziel dabei ist es, die Bruchwahrscheinlichkeit der Materialien in Abhängigkeit der eingetragenen Energie zu ermitteln und daraus sogenannte Bruchwahrscheinlichkeitsfunktionen zu erzeugen. Diese Bruchwahrscheinlichkeitsfunktionen stellen die Grundlage für die Modellierung von Zerkleinerungsprozessen mit komplexen Materialverhalten dar. Parallel wird im Rahmen des Vorhabens mit den Student*innen ein Versuchsstand gebaut, mit welchem die schneidende Beanspruchung untersucht werden kann. Dazu sollen durch die Student*innen Konzepte entwickelt werden, wie dieser Versuchsstand realisiert werden kann. Nach der Festlegung des Konzeptes werden die Student*innen in den Bau miteinbezogen. Mit dem Versuchsstand werden dann von den Student*innen abermals Einzelkornzerkleinerungsversuche durchgeführt. Auch aus diesen Ergebnissen werden Bruchwahrscheinlichkeitsfunktionen ermittelt.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

4.1 Konzept des Versuchsstandes

Ausgehend von dem bereits bestehenden Versuchsstand im Labor für mechanische Verfahrenstechnik der Fakultät Verfahrenstechnik, wurde das Konzept für den Versuchsaufbau entwickelt. Alle Zeichnungen und Pläne wurden dabei mit Autodesk Fusion 360 erstellt. Student*innen erhalten die Lizenz für die Vollversion dieser leistungsfähigen CAD-Software für die Dauer der Ausbildung kostenlos zur Verfügung gestellt. Autodesk Fusion 360 ermöglicht zusätzlich Renderings. In den fotorealistischen Darstellungen ließen sich Stellen finden und verbesser-

sern, die in den herkömmlichen Konstruktionsmodellen möglicherweise übersehen worden wären. In Abbildung 1 ist das Endkonzept des Versuchsstandes dargestellt.



Abbildung 1 Konzept des Versuchsstandes zur Einzelkornzerkleinerung von Materialien mit komplexen Materialverhalten mittels Prall- und Schneidbeanspruchung. Grafik: Moritz Eisenlauer

Abbildung 1 zeigt das Endkonzept für den Versuchsstand der im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Konzeptstudien. Grundlegend basiert der Versuchsstand auf einem Paintballmarkierer. Dieser besteht aus einer Druckgasflasche (1) mit einem Druck von $p = 300 \text{ bar}$, einer Auslöseeinheit (2) zum Auslösen des Schusses, einer Beladeeinheit (3) zum Beladen des Markierers mit den zu untersuchenden Materialien und einem Druckregulator (4) zur Regulierung des Druckes bzw. der Geschwindigkeit des Schusses. Aufgebaut ist der Versuchsstand auf einer zweigeteilten 42 mm starken Multiplexplatte, die mittels Gleitschienen (5) auseinandergezogen werden kann. Dadurch ist es möglich, den Abstand des Laufes zum auswechselbaren Target (9) zu variieren und somit unterschiedliche Targets zu verwenden und die Geschwindigkeit des zu untersuchenden Materials weiter zu variieren. Die Kammer, in der der Bruchvorgang stattfindet, ist zweigeteilt. Sie besteht aus der Prallkammer (7), in welcher der Bruchvorgang stattfindet, und der Druckentlastungskammer (6), über die das Gasvolumen entweichen kann. Über eine Vorrichtung (8) können die Bruchstücke zur Analyse entnommen werden.

Ziel des Vorhabens war es neben der Untersuchung des Bruchvorganges bei Prallbeanspruchung auch, die Möglichkeit zur Untersuchung bei schneidender Beanspruchung zu haben. Daher wurden im Rahmen der Konzeptstudie unterschiedliche Möglichkeiten zur Untersuchung der schneidenden Beanspruchung evaluiert. Entscheidend dabei war, dass die Geometrie der Schneide möglichst genau, der in einer Schneidmühle entspricht und somit mit dem realen Bruchvorgang verglichen werden kann. In Abbildung 2 ist das Endkonzept für das Target für die schneidende Beanspruchung dargestellt.

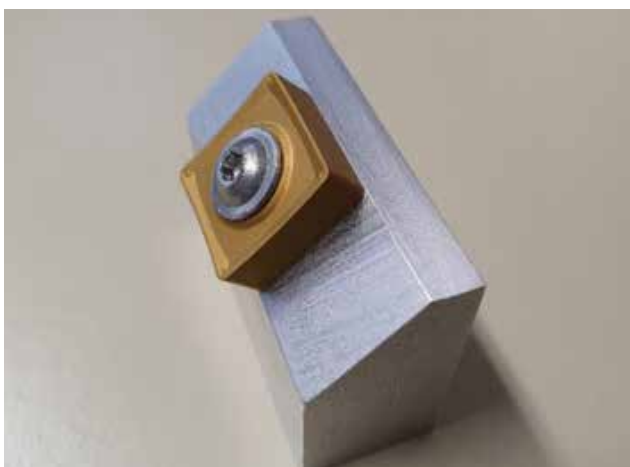


Abbildung 2: Target zur Untersuchung der schneidenden Beanspruchung. Foto: Moritz Eisenlauer

Abbildung 2 zeigt das für die Untersuchung der schneidenden Beanspruchung entwickelte Target. Hierbei können die in der jeweiligen Mühle eingesetzten Wendeschneidplatten flexibel ausgetauscht und untersucht werden.

4.2 Rechtliche Rahmenbedingungen und Sicherheitskonzept

Paintballmarkierer eignen sich aufgrund des ausreichenden Laufdurchmessers und der zur Verfügung gestellte Luftmenge gut für die Zwecke dieser Arbeit. Heutzutage wird der Markt von elektropneumatischen Markierern dominiert. Vollständig mechanische Ausführungen spielen nur noch eine untergeordnete Rolle. Bei den elektropneumatischen Modellen wird die für den Schuss benötigte Luftmenge durch ein schnell arbeitendes, batteriebetriebenes Magnetventil (Solenoid) gesteuert. Die Luft schiebt den Bolzen nach vorne und verschließt so die Ladeöffnung im Lauf (Abbildung 3). Anschließend wird durch Bohrungen im Bolzen das gesamte Luftvolumen freigegeben und die Kugel aus dem Lauf heraus beschleunigt. Der Bolzen wird durch nachströmende Luft wieder in seine Ausgangsposition zurückgeschoben und ist bereit für den nächsten Schuss. Theoretisch können auf diese Weise mehrere Schüsse pro Sekunde abgegeben werden.

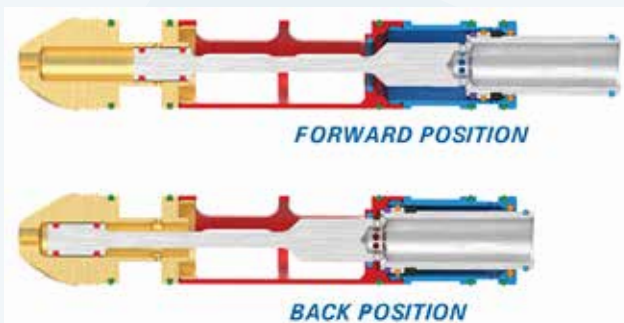


Abbildung 3 : Funktionsweise des Markiererbolzens, Ausgangsposition unten. Grafik: Moritz Eisenlauer

Paintballmarkierer sind laut Waffengesetz § 2 Abs. 1 und 2 „Druckluft-, Federdruck und CO₂-Waffen“ und werden rechtlich genauso behandelt wie ein Luftgewehr. Nach Rücksprache mit einem Experten des Bundeskriminalamtes kann von keiner waffenrechtlichen Relevanz ausgegangen werden, wenn die Geschossenergie 7,5 Joule nicht übersteigt. Vorrichtungen, die Geschosse auf diese Energie beschleunigen können, dürfen in Deutschland von Personen, die das achtzehnte Lebensjahr vollendet haben, erlaubnisfrei erworben und besessen werden. Gemäß § 12 Abs. 4 Nr. 1 WaffG ist das Schießen außerhalb von Schießstätten ohne Schießerlaubnis zulässig durch den Inhaber des Hausrechtes oder mit dessen Zustimmung im befriedeten Besitztum, sofern die Geschosse das Besitztum nicht verlassen können.

Je nach Konfiguration und Bolzen dürfen keine Geschosse mit mehr als 1,5 g verwendet oder Paintballs und Reballs (Gummibälle) im Kaliber .68 (17,3 mm) verschossen werden. Gegebenenfalls ist die Mündungsenergie auf Einhaltung des Grenzwertes zu überprüfen. Bei der Versuchsdurchführung muss auf die Sicherheit aller anwesenden Personen geachtet und die Abdeckung des Zielbereiches stets geschlossen gehalten werden. Eine Betriebsanweisung liegt aus. Nur unterwiesene Personen dürfen den Versuchsstand bedienen. Als Schutz vor manuellem Zugriff in den Bewegungskorridor des Bolzens ist der Zugang zur Ladeöffnung des Markierers durch einen 3D-gedruckten Trichter verengt (Abbildung 4). Geschosse mit mehr als 16 mm Durchmesser können nicht geladen werden. Die entsprechende Betriebsanweisung für den Versuchsstand ist dem Anhang zu entnehmen.



Abbildung 4: Reduzierung der Ladeöffnung des Markierers zum Schutz gegen manuellen Zugriff. Foto: Moritz Eisenlauer

4.3 Umsetzung des Versuchsstandes

Im Rahmen des Vorhabens wurde das Konzept des Versuchsstandes mit den Studierenden umgesetzt. Abbildung 5 zeigt die ISO-Ansicht des Versuchsstandes.

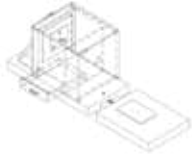


Abbildung 5 ISO-Ansicht des Versuchsstandes. Grafik: Moritz Eisenlauer

Der Zuschnitt der Holz- und Acrylglasplatten erfolgt mit einer Tischkreissäge GTS10 XC der Marke Bosch. Dabei wird der auf den Konstruktionszeichnungen basierende Zuschnittplan im Anhang verwendet. Die entsprechenden Sicherheitsvorschriften beim Umgang mit Holzbearbeitungsmaschinen müssen unbedingt eingehalten werden. Für schmale Schnitte unter 8 cm Breite wird eine Schiebehilfe verwendet.

Die 30 mm breite Nut für die Aluminiumschiene wird mit einer Oberfräse TRA001 des Herstellers Triton gefräst, die in die Tischverlängerung der Kreissäge eingelassen ist. Zum Einsatz kommt ein Hartmetallwendeplattenfräser mit 16 mm Durchmesser.

Die Schlitzlöcher für Flachdübel werden mit einer akkubetriebenen Flachdübelfräse von Makita hergestellt. Um einen stabilen Anschlag zu haben, wird eine Hilfskonstruktion aus Holzplatten verwendet. Auf diese Weise ist auch die Position des Zielbereiches auf der Unterkonstruktion exakt rechtwinklig ausgerichtet. Zwei weitere Schlitzlöcher werden gefräst, nachdem die erste Platte verleimt ist und wiederum als Anschlag für die Dübelfräse dienen kann (Abbildung 6).



Abbildung 6 : Flachdübelverbindung der Holzbauteile. Foto: Moritz Eisenlauer

Alle Holzverbindungen werden mit Bindan P (D3) Propellerleim verleimt. Der Leim wird einseitig und in den Dübel-schlitzlöchern aufgetragen und gleichmäßig verteilt. Die Werkstücke werden ausgerichtet und anschließend für mindestens 8 Stunden mit genügend Schraubzwingen fest gespannt.

Die Wände und der Deckel der Acrylglaskammer werden mit Acrifix-Spezialkleber geklebt. Der Klebstoff wirkt polymerisierend und sorgt für eine zuverlässige Verbindung der Bauteile. Da er sehr stark riecht und gesundheitsschädliche Dämpfe freisetzt, erfolgt die Verarbeitung in einem Abzug. Das Licht- und UV-härtende Material kann mit einer 100-W-Schwarzlichtlampe innerhalb einer Stunde gehärtet werden. Die vollständige Aushärtung erfolgt binnen 24 Stunden.

Das Target wurde mit einer Metallbandsäge aus Aluminiumrohmaterial (AlMgSi0.5 nach EN AW-6060) gesägt. Auch die 45°-Fase des Metallblockes, der als Träger für Wendeschneidplatten dient, wurde auf diese Weise hergestellt. Auf der abgeschrägten Seite ist eine M5-Gewindebohrung eingebracht, mit der die Wendeschneidplatte befestigt wird. Die runde Vertiefung des Blockes, der das Wendemesser trägt, wird auf der Stirnseite einer Bandschleifmaschine mit 60 mm Walzendurchmesser geschliffen. Er hat zwei M3-Gewindebohrungen auf der Oberseite, die der Befestigung des Wendemessers (ENT 00511) dienen.

Der Absatz und die Fase werden auf einer Fräse MH20V von Optimum Maschinen gefertigt, die auf CNC-Betrieb umgerüstet wurde (Abbildung 7). Auch wenn die CNC-Funktionalität nicht benötigt wird, fungiert diese Konfiguration als Messsystem und erlaubt per Handradsteuerung genaues Positionieren sowie die präzise Bearbeitung des Werkstückes ohne manuelles Kurbeln. Es kamen ein 16-mm- Wendeplattenfräser und ein 10-mm-Fasefräser zum Einsatz. Durch die Fase sollen sekundäre Zerkleinerungsvorgänge auf ein Minimum reduziert werden. Das Design ist an die Holzfräser angelehnt, in denen das Schneidmesser üblicherweise eingesetzt wird.



Abbildung 7: Fräsen des Aluminiumblockes. Foto: Moritz Eisenlauer

Die Targets haben dieselben zwei M5-Sacklochgewindebohrungen auf der Rückseite, mit denen sie auf der 15 mm dicken, tragenden Stahlplatte verschraubt werden. Die Durchgangsbohrungen der Stahlplatte sind 5 mm tief versenkt, um den Schraubenkopf bündig aufnehmen zu können.

In Abbildung 8 ist der fertige Versuchsstand dargestellt, inklusive der für die Visualisierung eingesetzten High-Speed-Kamera.



Abbildung 8: Versuchsstand zur Einzelkornzerkleinerung mit High-Speed-Kamera und Beleuchtung. Foto: Moritz Eisenlauer

Die Ermittlung der Geschwindigkeit mit der Hochgeschwindigkeitskamera KEYENCE VW-600M bietet viele Vorteile. Die Kamera kann, im Gegensatz zu Geräten mit Lichtschranken, außerhalb des Schutzbereiches aufgestellt werden (Abbildung 9). Dadurch kann nicht nur die Mündungsgeschwindigkeit, sondern insbesondere die Geschwindigkeit im Moment des Aufpralles ermittelt werden. Das Bruchverhalten kann Bild für Bild analysiert werden. Schließlich kann die Zielplatte, für Zerkleinerungsversuche auf Schneidmessern, mithilfe der Videoaufzeichnungen mittig ausgerichtet werden.



Abbildung 9: Hochgeschwindigkeitskamera KEYENCE VW-600M. Foto: Moritz Eisenlauer

Die Geschwindigkeit wurde mit der Bildanalysesoftware VW-9000 MotionAnalyzer des Kameraherstellers aus den Videoaufzeichnungen bestimmt. Die Geschwindigkeit wird dabei für das letzte Bild ermittelt, bei dem die Holzkugel erkennbar noch nicht die Beanspruchungsfläche der Schneide erreicht hat.

4.4 Experimentelle Untersuchung des Bruchvorganges komplexer Materialien

4.4.1 Material

Im Rahmen des Vorhabens wurde das Bruchverhalten von Buchenholz in Form von sphärischen Modellpartikeln untersucht. Dazu wurden Buchenholzkugeln mit einem Durchmesser von $d = 4 \text{ mm}$ und $d = 15 \text{ mm}$ untersucht. Die unterschiedlichen Durchmesser wurden eingesetzt, um den Einfluss des Partikeldurchmessers auf den Bruchvorgang zu charakterisieren. Zusätzlich wurde der Einfluss des Wassergehaltes auf den Bruchvorgang anhand der Modellpartikel mit einem Durchmesser von $d = 4 \text{ mm}$ untersucht. Dabei wurden Modellpartikel mit einem Wassergehalt von $w = 0,1 \text{ %}$ und $w = 7,3 \text{ %}$ eingesetzt. Abbildung 10 zeigt die eingesetzten Modellpartikel exemplarisch.

+

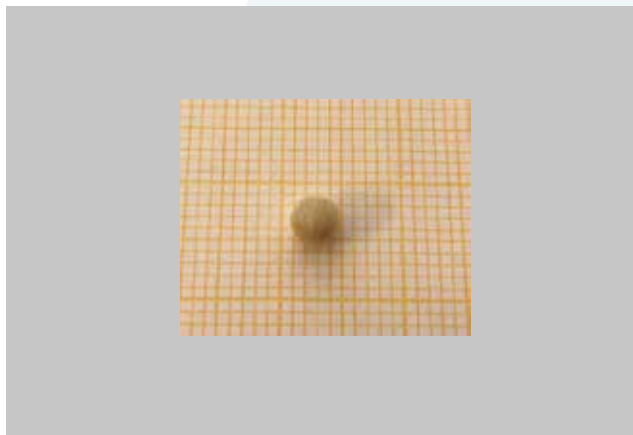


Abbildung 10: Buchenholz-Modellpartikel mit den Durchmessern $d = 15 \text{ mm}$ (links) und $d = 4 \text{ mm}$. Fotos: Moritz Eisenlauer

Die partikulären Eigenschaften der Modellpartikel wurden mittels eines CAMSIZER® P4 der Firma Retsch GmbH charakterisiert. Die charakteristischen Kenngrößen, die Wassergehalte und die Massen der einzelnen Holzkugeln sind in Tabelle 1 dargestellt.

Material	Wassergehalt $w \text{ [%]}$	Masse $m \text{ [g]}$	Sphärität ψ_{Wa}	X_{Ma_min}			Dispersität ξ
				$X_{16,3}$ [mm]	$X_{50,3}$ [mm]	$X_{84,3}$ [mm]	
Buche ($d=4\text{mm}$)	7,3	0,0261	0,994	3,794	3,924	4,044	0,032
Buche ($d=4\text{mm}$)	0,1	0,0252	0,99	3,785	3,892	3,994	0,027
Buche ($d=15\text{mm}$)	0,11	0,0246	0,926	4,131	4,263	4,396	0,031

Tabelle 1 Partikuläre Eigenschaften der Buchenholz-Modellpartikel

4.4.2 Versuchsdurchführung

Der Prallvorgang der Partikel wurde mit der High-Speed-Kamera aufgezeichnet und die Aufnahmen mit einer Bildrate von 35.000 fps und einer Belichtungszeit von $1/300.000$ s-1. Die Auswertung der aufgenommenen Videos erfolgte mit der Software VW-9000 MotionAnalyzer von KEYENCE. Anhand dieser Software kann die Partikelgeschwindigkeit bestimmt werden. Die prallbeanspruchten Partikel wurden nach dem Aufprall aus der Prallkammer entnommen. Insgesamt wurden drei Versuchsreihen durchgeführt, Buche ($w = 0,1$ %, $d = 4$ mm), Buche ($w = 7,27$ %, $d = 4$ mm) und Buche ($w = 0,11$ %, $w = 15$ mm). Zusätzlich wurde bei den Modellpartikeln mit einem Durchmesser von $d = 15$ mm der Einfluss der Beanspruchungsart, schneidende Beanspruchung und Prallbeanspruchung, auf den Bruchvorgang untersucht. Bei jeder Versuchsreihe wurden zur Gewährleistung statistisch relevanter Ergebnisse bei jeder untersuchten Schussgeschwindigkeit mindestens 100 Einzelversuche durchgeführt. Bei 10 untersuchten Schussgeschwindigkeiten pro Versuchsreihe und vier Versuchsreihen wurden im Rahmen des Vorhabens mehr als 4.000 Einzelversuche durchgeführt.

4.4.3 Versuchsergebnisse Prallbeanspruchungen

4.4.3.1. Visualisierung Prallbeanspruchungen

Ziel des Vorhabens war die Visualisierung des Bruchvorganges bei unterschiedlichen Beanspruchungsarten. Mit dem Versuchsstand konnten Partikelgeschwindigkeiten im Bereich von $v = 30$ m/s bis 230 m/s realisiert werden. Abbildung 11 zeigt exemplarisch den Bruchvorgang eines Partikels mit einem Durchmesser von $d = 4$ mm bei einer Aufprallgeschwindigkeit von $v = 160$ m/s.

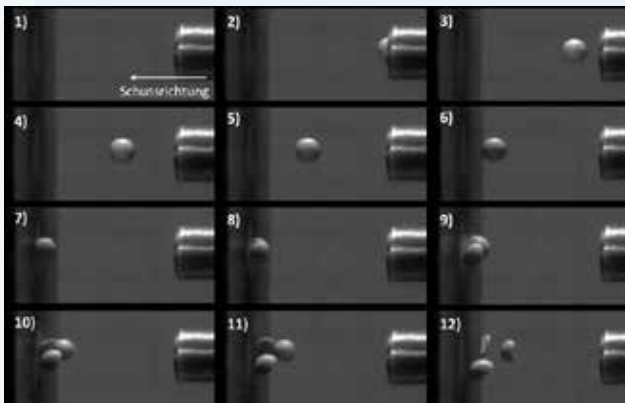


Abbildung 11: Bruchvorgang eines Buchenholzpartikels mit einem Durchmesser von $d = 4$ mm und einem Wassergehalt von $w = 0,1$ % bei einer Prallgeschwindigkeit von $v = 160$ m/s. Grafik: Moritz Eisenlauer

Zum Vergleich ist in Abbildung 12 der Bruchvorgang eines Modellpartikels mit einem Durchmesser von $d = 15$ mm und einem Wassergehalt von $w = 0,1$ % bei einer Prallgeschwindigkeit von $v = 160$ m/s dargestellt.

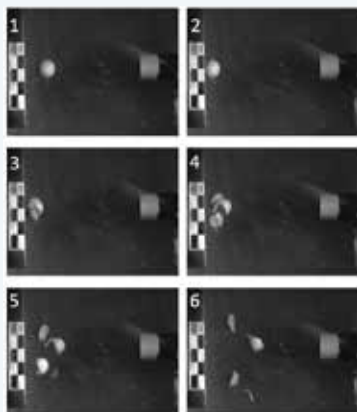


Abbildung 12: Bruchvorgang eines Buchenholzpartikels mit einem Durchmesser von $d = 15$ mm und einem Wassergehalt von $w = 0,1$ % bei einer Prallgeschwindigkeit von $v = 160$ m/s. Grafik: Moritz Eisenlauer

Im Rahmen der Arbeit zeigte sich, dass im Falle eines Bruches bei der Prallbeanspruchung immer eine Vielzahl an Bruchstücken entsteht. Der Bruch entsteht immer parallel zur Faserrichtung. Für alle Bruchstücke wurde beobachtet, dass sie in ihrer Ausgangslänge nicht gekürzt werden. Das heißt, es kommt zu keinem Bruch senkrecht zur Faserrichtung. Des Weiteren konnte anhand der optischen Auswertung gezeigt werden, dass, unabhängig von der Aufprallrichtung des orthotropen Werkstoffes Holz, der Bruch immer parallel zur Faserrichtung verläuft. In Abbildung 13 ist dieses Verhalten dargestellt.

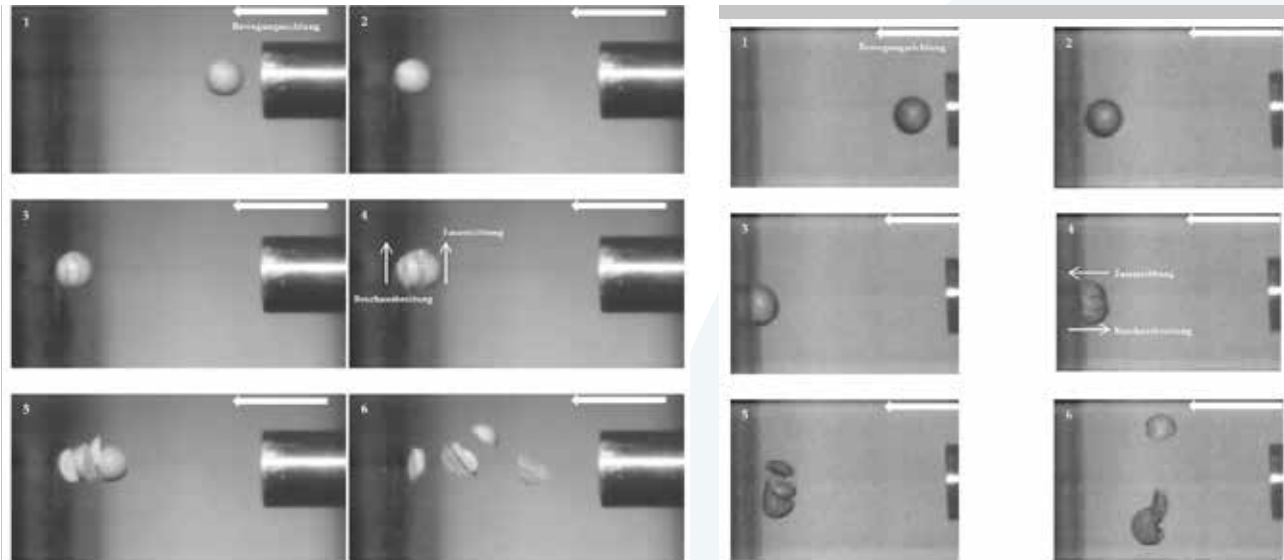


Abbildung 13 Bruchausbreitung bei Aufprall senkrecht (links) zur Faserrichtung und parallel (rechts) zur Faserrichtung des Holzpartikels. Grafik: Moritz Eisenlauer

Kommt es beim Aufprall der Partikel nicht zum Bruch, so werden die Partikel bei der Prallbeanspruchung elastisch und plastisch verformt. Dies stellt bei der Zerkleinerung den ungünstigsten Zustand dar, da die in das Partikel eingetragene Energie nicht zum Bruch führt und der Partikel im realen Prozess ein weiteres Mal beansprucht werden muss, um einen Bruch zu induzieren. Abbildung 14 zeigt exemplarisch die elastische und plastische Verformung durch Prallbeanspruchung.

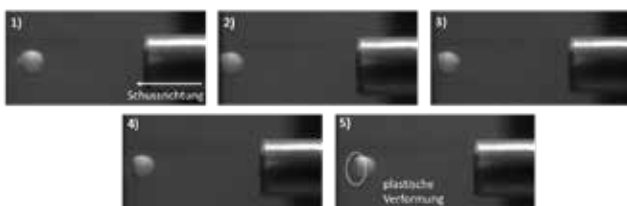


Abbildung 14: Plastische Verformung bei der Prallbeanspruchung. Grafik: Moritz Eisenlauer

4.3.3.2 Einfluss der Aufprallenergie auf das Bruchverhalten und die Partikelgrößenverteilung der Buchenpartikel

Im Rahmen des Vorhabens wurden der Einfluss der Aufprallgeschwindigkeit und der damit verbundenen Aufprallenergie auf die Partikelgrößenverteilung und die Bruchwahrscheinlichkeit untersucht.

Im Folgenden sind die Verteilungssummen der Partikelgröße der Bruchstücke der 4-mm-Modellpartikel bei einem Wassergehalt von $w = 7,3 \%$ (Abbildung 15) und $w = 0,1 \%$ (Abbildung 16) in Abhängigkeit der Aufprallenergie dargestellt.

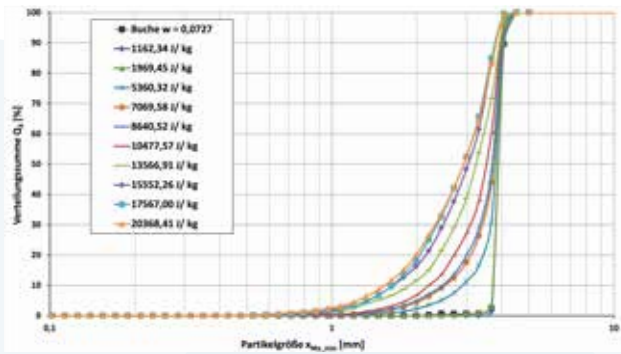


Abbildung 15: Verteilungssummen der Partikelgröße der Bruchstücke in Abhängigkeit der Aufprallenergie bei einem Wassergehalt von $w = 7,3\%$ und einem Durchmesser von $d = 4\text{ mm}$. Grafik: Moritz Eisenlauer

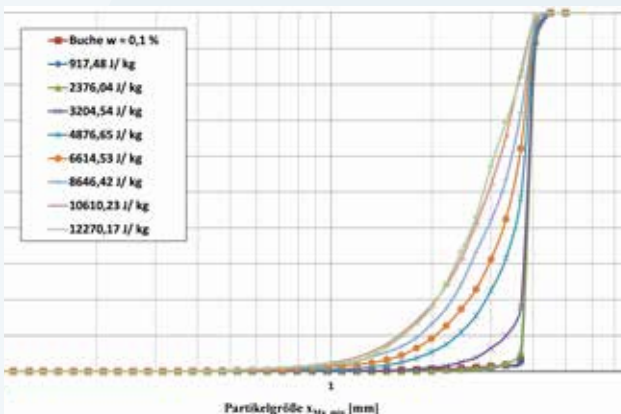


Abbildung 16: Verteilungssummen der Partikelgröße der Bruchstücke in Abhängigkeit der Aufprallenergie bei einem Wassergehalt von $w = 0,1\%$ und einem Durchmesser von $d = 4\text{ mm}$. Grafik: Moritz Eisenlauer

In Abbildung 17 sind die Verteilungssummen der Partikelgröße der Bruchstücke der 15-mm- Modellpartikel bei einem Wassergehalt von $w = 0,1\%$ in Abhängigkeit der Aufprallenergie dargestellt.

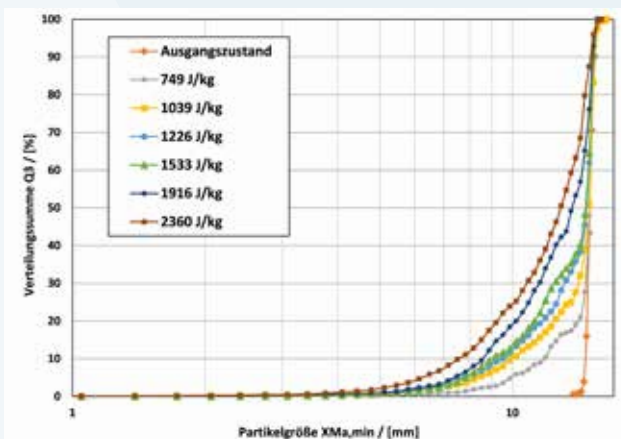


Abbildung 17: Verteilungssummen der Partikelgröße der Bruchstücke in Abhängigkeit der Aufprallenergie bei einem Wassergehalt von $w = 0,1\%$ und einem Durchmesser von $d = 15\text{ mm}$. Grafik: Moritz Eisenlauer

Mit Zunahme der Aufprallenergie nimmt die Partikelgröße der Bruchstücke ab. Deutlich ist das an der starken Zunahme des Feingutanteils. Die Dispersität (ξ), welche die Breite der Partikelgrößenverteilung der Bruchstücke beschreibt, nimmt ebenfalls mit steigender Aufprallenergie zu. Zur besseren Interpretation der Summenverteilungen sind in Abbildung 18 der Zusammenhang der charakteristischen Kenngrößen $x_{16,3}$ und $x_{84,3}$ in Abhängigkeit der Aufprallenergie dargestellt.

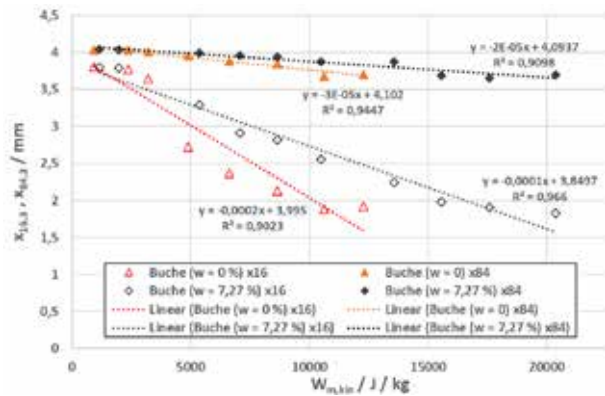


Abbildung 18: Zusammenhang zwischen den charakteristischen Kenngrößen $x_{16,3}$ und $x_{84,3}$ und der Aufprallenergie für die Modellpartikel mit einem Durchmesser von $d = 4$ mm und einem Wassergehalt von $w = 0,1$ % und $w = 7,3$ %. Grafik: Moritz Eisenlauer

In Abbildung 19 ist der Zusammenhang zwischen den charakteristischen Kenngrößen $x_{16,3}$ und $x_{84,3}$ und der Aufprallenergie für die Modellpartikel mit einem Durchmesser von $d = 15$ mm und einem Wassergehalt $w = 0,1$ % dargestellt.

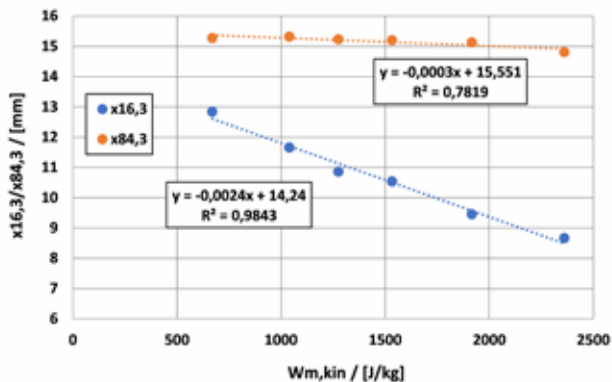


Abbildung 19: Zusammenhang zwischen den charakteristischen Kenngrößen $x_{16,3}$ und $x_{84,3}$ und der Aufprallenergie für die Modellpartikel mit einem Durchmesser von $d = 15$ mm und einem Wassergehalt von $w = 0,1$ % . Grafik: Moritz Eisenlauer

In Abbildung 18 und Abbildung 19 ist deutlich zu erkennen, dass die charakteristischen Kenngrößen der Verteilungssummen der Bruchstücke durch die Aufprallenergie beeinflusst werden. Mit der Zunahme der Aufprallenergie nimmt die charakteristische Kenngröße $x_{16,3}$ signifikant bei allen drei untersuchten Modellsystemen ab. Der Zusammenhang kann für alle drei Modellsysteme mit einer linearen Regressionsfunktion mit negativer Steigung beschrieben werden. Die Steigung ist dabei abhängig vom untersuchten Modellsystem. Zurückzuführen ist das auf den Bruch der Partikel. Die Kenngröße $x_{16,3}$ kennzeichnet, wie viel Prozent des Gesamtvolumens der Partikel kleiner oder gleich einer Partikelgröße sind. Nimmt die Beanspruchungsenergie zu, so nimmt auch die Anzahl der gebrochenen Partikel zu und somit verschiebt sich die charakteristische Kenngröße $x_{16,3}$ hin zu kleineren Werten.

Die charakteristische Kenngröße $x_{84,3}$ wird ebenfalls durch die Aufprallenergie beeinflusst. Sie nimmt mit der Zunahme der Aufprallenergie ebenfalls bei allen untersuchten Modellpartikeln ab. Auch dieser Zusammenhang kann mittels einer linearen Regressionsfunktion mit negativer Steigung beschrieben werden. Die Steigung ist jedoch im Vergleich zu der Regressionsfunktion der charakteristischen Kenngröße $x_{84,3}$ deutlich geringer. Dieser Unterschied kennzeichnet, dass die Partikel, welche durch die Kenngröße $x_{84,3}$ charakterisiert werden, nicht brechen, sondern plastisch verformt werden.

Die Bruchwahrscheinlichkeit P_B nimmt bei allen untersuchten Modellpartikeln mit der Zunahme der Prallgeschwindigkeit bzw. der Prallenergie zu. Im Rahmen des Vorhabens wurde die Bruchwahrscheinlichkeitsfunktion mit den Modellen von Weichert [1] und Peukert und Vogel [2] modelliert. In Abbildung 20 und Abbildung 21 sind die Bruchwahrscheinlichkeitsfunktionen für die prallbeanspruchten Modellpartikel mit einem Durchmesser von $d = 4 \text{ mm}$ und einem Wassergehalt von $w = 0,1 \text{ %}$ und $w = 7,3 \text{ %}$ dargestellt.

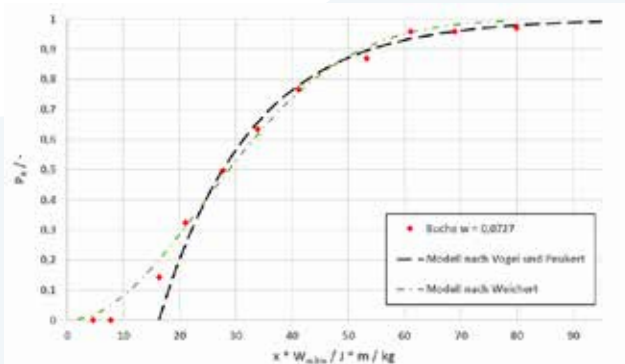


Abbildung 20: Bruchwahrscheinlichkeiten der Buchenpartikel ($d = 4 \text{ mm}$) bei einem Wassergehalt von $w = 7,27 \text{ %}$. Grafik: Moritz Eisenlauer

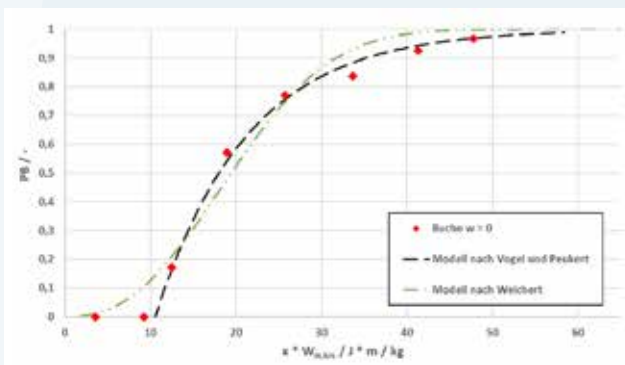


Abbildung 21: Bruchwahrscheinlichkeiten der Buchenpartikel ($d = 4 \text{ mm}$) bei einem Wassergehalt von $w = 0,1 \text{ %}$. Grafik: Moritz Eisenlauer

Abbildung 22 zeigt die Bruchwahrscheinlichkeitsfunktion und die Modellierung der Bruchwahrscheinlichkeitsfunktion der Modellpartikel mit einem Durchmesser von $d = 15 \text{ mm}$ und einem Wassergehalt von $w = 0,1 \text{ %}$.

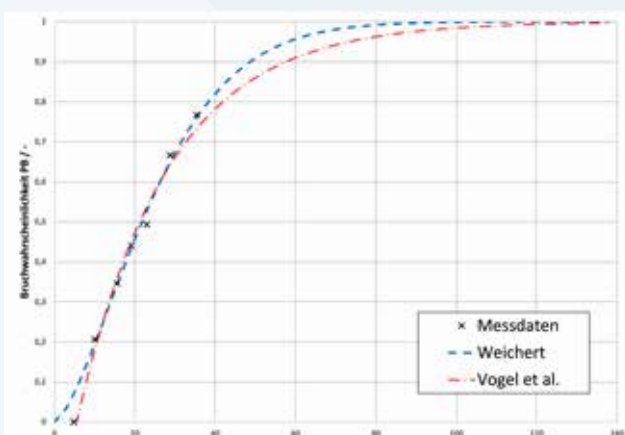


Abbildung 22: Bruchwahrscheinlichkeiten der Buchenpartikel ($d = 15 \text{ mm}$) bei einem Wassergehalt von $w = 0,1 \text{ %}$. Grafik: Moritz Eisenlauer

Das Modell von Weichert [1] sowie das Modell von Vogel und Peukert [2] zeigen beide eine gute Übereinstimmung mit den experimentell ermittelten Versuchsdaten (Abbildung 20, Abbildung 21 und Abbildung 22). Besonders das

Modell von Vogel und Peukert ist hierbei hervorzuheben, da es die Schwellenergie $W_{m,min}$ berücksichtigt. Wie im Modell nach Vogel und Peukert beschrieben, kann es nur zum Partikelbruch kommen, wenn die Aufprallenergie größer als die Schwellenergie ($W_{m,kin} > W_{m,min}$) ist. Unterhalb des Schwellwertes findet keine Zerkleinerung statt. Des Weiteren wird in der Gleichung von Vogel und Peukert die Anzahl der Beanspruchungen mit dem Faktor k berücksichtigt, in den durchgeführten Versuchen wurden die Holzpartikel nur einmal beansprucht, deswegen gilt in dieser Arbeit $k=1$. Das Modell von Weichert berücksichtigt die Schwellenergie und die Anzahl der Beanspruchungen nicht, bildet den Verlauf der Bruchwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Aufprallenergie für die Versuchsdaten dennoch sehr gut ab.

4.4.4 Versuchsergebnisse Prallbeanspruchungen

4.4.4.1. Visualisierung schneidende Beanspruchung

Im Rahmen des Vorhabens wurde neben dem Bruchvorgang bei der Prallbeanspruchung auch der Bruchvorgang der schneidenden Beanspruchung visualisiert. Die schneidende Beanspruchung konnte nur für die Modellpartikel mit einem Durchmesser von $d = 15$ mm untersucht werden. Abbildung 23 zeigt den Bruchvorgang bei der schneidenden Beanspruchung mit einer Geschwindigkeit von $v = 35$ m/s.

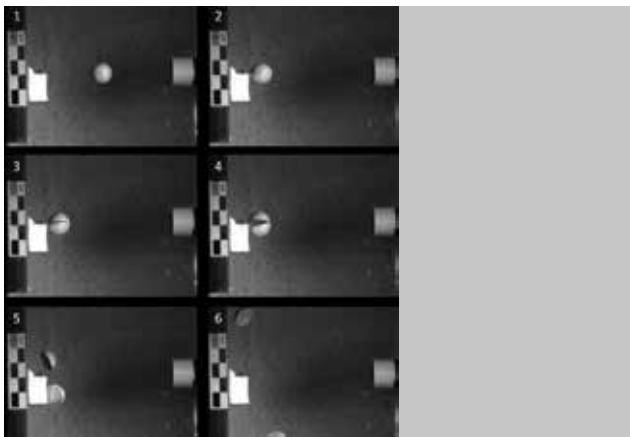


Abbildung 23: Bruchvorgang eines Buchenholzpartikels mit einem Durchmesser von $d = 15$ mm und einem Wassergehalt von $w = 0,1$ % an der Schneide bei einer Prallgeschwindigkeit von $v = 35$ m/s.
Grafik: Moritz Eisenlauer

Deutlich zu erkennen ist, dass der beanspruchte Partikel an der Schneide in zwei Teile bricht. Der Bruch verläuft dabei parallel zur Faserrichtung des Holzes. Bemerkenswert ist, dass der Bruch schon bei einer geringen Beanspruchungsgeschwindigkeit erfolgen kann. Bei hoher Beanspruchungsgeschwindigkeit unterscheidet sich der Bruchvorgang optisch deutlich von dem in Abbildung 23 dargestellten Bruchvorgang.

In Abbildung 24 sind die Verteilungssummen der Partikelgröße der Bruchstücke der 15-mm-Modellpartikel bei einem Wassergehalt von $w = 0,1$ % in Abhängigkeit der Aufprallenergie bei der schneidenden Beanspruchung dargestellt.

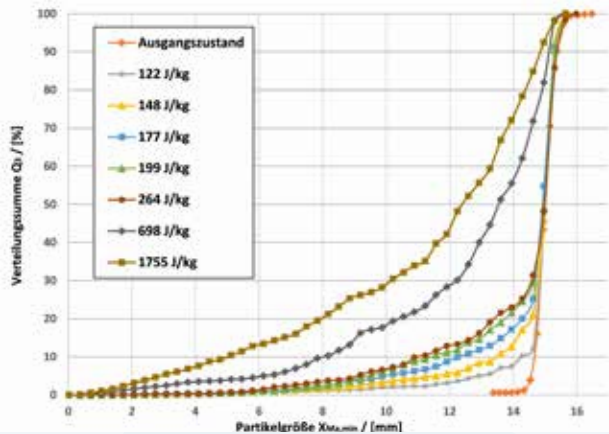


Abbildung 24: Verteilungssummen der Partikelgröße der Bruchstücke in Abhängigkeit der Aufprallenergie bei der schneidenden Beanspruchung bei einem Wassergehalt von $w = 0,1 \%$ und einem Durchmesser von $d = 15 \text{ mm}$
Grafik: Moritz Eisenlauer

Abbildung 24 zeigt deutlich, dass mit Zunahme der Beanspruchungsenergie die Verteilungssummen der Bruchstücke sich im Diagramm nach links, hin zu kleineren Partikelgrößen verschieben. Von einer Beanspruchungsenergie von 122 J/kg bis 264 J/kg findet keine Veränderung der Partikelgröße des Grobgutes statt. Nur der Feingutanteil steigt mit Zunahme der Beanspruchungsenergie an. Ab den Beanspruchungsenergien von 698 J/kg und 1755 J/kg ist deutlich zu sehen, dass eine Zerkleinerung über den gesamten Größenbereich stattfindet.

Für die schneidende Beanspruchung wurde ebenfalls die Bruchwahrscheinlichkeitsfunktion mittels der Modelle von Weichert [1] und Peukert und Vogel [2] modelliert. Abbildung 25 zeigt die Modellierung der Bruchwahrscheinlichkeitsfunktion für die Zerkleinerung der Modellpartikel mit einem Durchmesser von $d = 15 \text{ mm}$ und einem Wassergehalt von $w = 0,1 \%$.

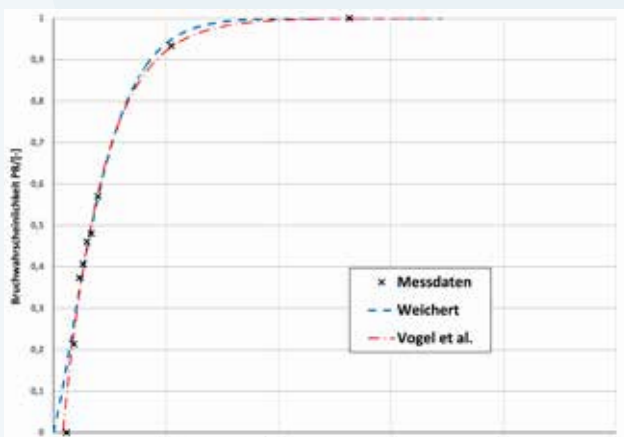


Abbildung 25: Bruchwahrscheinlichkeiten für schneidende Beanspruchung der Buchenpartikel ($d = 15 \text{ mm}$) bei einem Wassergehalt von $w = 0,1 \%$.
Grafik: Moritz Eisenlauer

Auch bei der schneidenden Zerkleinerung und der Modellierung der Bruchwahrscheinlichkeitsfunktion mit den Modellen von Weichert [1] sowie dem Modell von Vogel und Peukert [2] zeigt sich eine gute Übereinstimmung mit den experimentell ermittelten Versuchsdaten.

4.4.5 Vergleich zwischen Prallbeanspruchung und schneidender Beanspruchung

Im Rahmen des Vorhabens wurde ein Vergleich zwischen der Prallbeanspruchung und schneidender Beanspruchung gezogen. Der Vergleich wurde dabei bei den Modellpartikeln mit einem Durchmesser von $d = 15 \text{ mm}$ und einem Wassergehalt von $w = 0,1 \%$ gezogen. Abbildung 26 zeigt exemplarisch den Vergleich der Verteilungssummen der Partikelgröße der Bruchstücke bei einer Beanspruchungsenergie von 1800 J/kg .

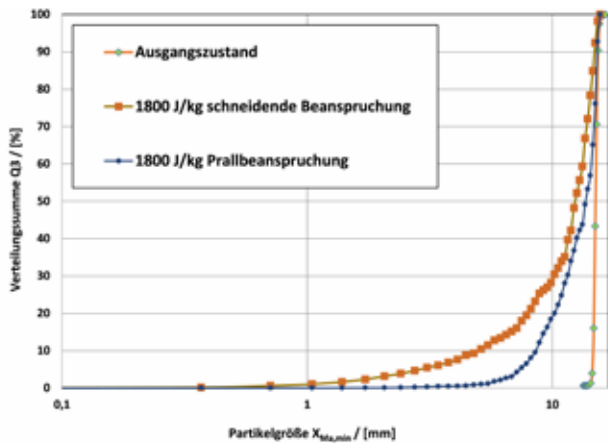


Abbildung 26: Vergleich zwischen den Verteilungssummen der Partikelgröße der Bruchstücke für Prallbeanspruchung und schneidender Beanspruchung bei einer Beanspruchungsenergie von $E_{m,kin} = 1800 \text{ J/kg}$.
Grafik: Moritz Eisenlauer

In Abbildung 26 ist zu erkennen, dass sich die Verteilungssummen der prallbeanspruchten und der schneidend beanspruchten Modellpartikel deutlich unterscheiden. Die Verteilungssumme der schneidend beanspruchten Partikel ist im Vergleich zu der prallbeanspruchten Partikel im Diagramm nach links verschoben, hin zu kleineren Partikelgrößen. Ebenfalls zu erkennen ist, dass der Feingutanteil durch die schneidende Beanspruchung deutlich höher ist. Dies kennzeichnet, dass es bei der schneidenden Beanspruchung zu deutlich mehr Brüchen bei gleicher Beanspruchungsenergie kommt.

Der Vergleich der Bruchwahrscheinlichkeitsfunktionen der prallbeanspruchten und der mittels schneidender Beanspruchung beanspruchten Modellpartikel zeigt ebenfalls, dass es bei der schneidenden Beanspruchung bei gleicher Beanspruchungsenergie zu mehr Brüchen kommt. Dieser Vergleich ist in Abbildung 27 dargestellt.

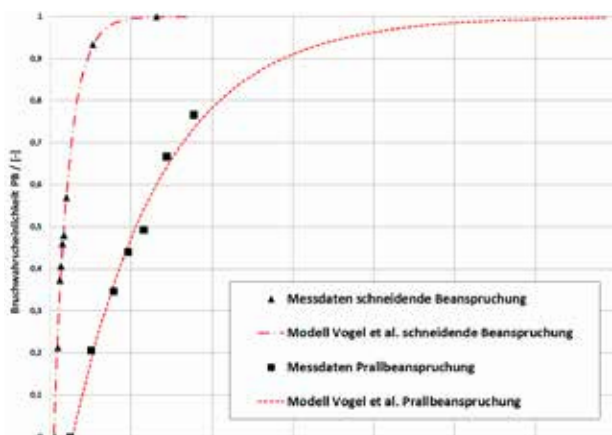


Abbildung 27: Bruchwahrscheinlichkeitsfunktion der schneidenden Beanspruchung und der Prallbeanspruchung, modelliert mit dem Modell nach Vogel et al., für Modellpartikel mit einem Durchmesser von $d = 15 \text{ mm}$ und einem Wassergehalt von $w = 0,1 \text{ %}$. Grafik: Moritz Eisenlauer

Abbildung 27 zeigt deutlich den Unterschied in der Bruchwahrscheinlichkeit zwischen Prallbeanspruchung und schneidender Beanspruchung. Der Verlauf der Bruchwahrscheinlichkeitsfunktion der schneidenden Beanspruchung verläuft deutlich weiter links im Diagramm im Vergleich zur Prallbeanspruchung. Auch ist deutlich zu erkennen, dass die Bruchwahrscheinlichkeitsfunktion der schneidenden Beanspruchung deutlich steiler verläuft als die der Prallbeanspruchung. Die Ergebnisse aus Abbildung 27 zeigen, dass die Zerkleinerung mittels schneidender Beanspruchung deutlich effizienter ist im Vergleich mit der Prallbeanspruchung.

5. Literatur

[1] R. Weichert, Part. Part. Syst. Charact. 1991, 8 (1–4), 55–62. DOI: 10.1002/ppsc.19910080111.

[2] Vogel L., Peukert W., Chemie Ingenieur Technik, 74 (5), 584. DOI: 10.1002/1522-2640(200205)74:5<584:AID-CITE584>3.0.CO;2-O.



Vakuumläutern von Glasschmelzen

Kevin Geier

Fabio Gygas

Fakultät Werkstofftechnik

Bastian Schäffler

Fakultät Verfahrenstechnik

TH Nürnberg

Projektleitung:

Prof. Dr. Sven Wiltzsch

Fakultät Werkstofftechnik

Prof. Dr. Christoph Bayer

Fakultät Verfahrenstechnik

TH Nürnberg

Zusammenfassung

Bisher gibt es keine „Feuerfest-Vakuumtechnologie“ zur Entgasung von Glasschmelzen, obgleich dies erhebliche Energieeinsparungen bieten würde. Auf Basis der Grundlagenvorlesungen „Glas“, „Mechanische Verfahrenstechnik / Strömungsmechanik“ und „Mess- / Regeltechnik“ ist ein physikalisches Modell einer Vakuumläuterbank entwickelt und erste Untersuchungen zur technischen Machbarkeit und ihrer Grenzen durchgeführt worden. Das Vakuumläutermodell umfasst sowohl eine Vakuumkammer als auch geeignete Mess- und Regelungssysteme. Als Modellflüssigkeit anstelle einer Glasschmelze wird Silikonöl verwendet.

Die ersten Fragestellungen bei diesem Projekt betrafen die Inbetriebnahme des Modelles, wobei ein besonderes Augenmerk auf den Durchfluss des Ansaug- und Fallrohres gelegt wurde. Anschließend wurde der kontinuierliche Betrieb erprobt, insbesondere hinsichtlich Ausfalls bzw. Verstellung des Vakuums und der Einstellung anderer Durchsätze, indem die Gesamtmenge an zirkulierendem Öl verändert wurde.

1. Projektdaten

Fördersumme	9.500 Euro
Laufzeit	Januar bis September 2021
Fakultät	Werkstofftechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Sven Wiltzsch (Fakultät Werkstofftechnik) Prof. Dr. Christoph Bayer (Fakultät Verfahrenstechnik)
Projektteam	Kevin Geier (Fakultät Werkstofftechnik) Fabio Gygas (Fakultät Werkstofftechnik) Bastian Schäffler (Fakultät Verfahrenstechnik)
Kontaktdaten	geierke75195@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Weltweit gibt es nur eine Firma, die eine Vakuumtechnologie zur Herstellung von Spezialglas verwendet. Es handelt sich hierbei um die Firma „Asahi Glass“ mit Sitz in Japan. Diese patentierte Technologie beinhaltet ein Röhrensystem aus Platin, durch das die Glasschmelze fließt. Somit kann nicht nur das Problem der Beheizung der Schmelze relativ problemlos gelöst werden, sondern auch die Vakuumdichtheit einfach und sicher gewährleistet werden. Über dieses Röhrensystem wird die noch blasenreiche Glasschmelze in eine Art Vakuumkammer geleitet, in der dann mittels Unterdrucks die Blasen entzogen werden. Auf diese Weise werden keine oder weniger Läutermittel (Rohstoffe wie Na_2SO_4 oder Kohlenstoff zur Blasenentfernung bei Glasschmelzprozessen) benötigt, da diese nicht mehr für den Blasenanstieg essenziell sind. Aufgrund der Patentierung dieser Technologie kann sich diese kein weiterer Glashersteller zunutze machen. Außerdem ist Platin teuer und nicht für alle Glasschmelzen geeignet (z. B. Braunglas). Somit bestand die Überlegung, das Platinsystem mit einem vergleichbaren System aus Feuerfestmaterial zu ersetzen, da reguläre Glasschmelzöfen auch aus diesem Material aufgebaut sind. Bevor eine solche Anlage zur Glasherstellung konstruiert werden kann, ist es nötig, einige Simulationen an Modellen durchzuführen. Somit musste als Teil dieses Projektes ein Modell konstruiert werden, bei dem erste Fragestellungen beantwortet und mögliche Thesen belegt werden können.

Nach Entwurf und Konstruktion des Modellsystems dreht sich alles um die Einstellung eines stabilen kontinuierlichen Prozesses. Dies ist essenziell, da in der Glasherstellung stets kontinuierlich gearbeitet wird. Bei der Inbetriebnahme der Anlage werden die Vorgänge genau beobachtet und analysiert, um einen stets gleichen Ablauf ohne Schwankungen und Veränderungen zu gewährleisten. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf den Durchfluss im Steig- und Fallrohr gelegt.

Die Messungen werden primär während des stationären Betriebes durchgeführt. Um das Prozessverständnis weiter zu verbessern, werden zahlreiche Parameter variiert, z. B. der Durchsatz, um auch die zeitlichen Übergänge zu erfassen. Entsprechend werden die Förder- und die Vakuumpumpe passend eingestellt.

Anschließend sollen Problemstellungen nachgestellt werden, welche bei einer späteren realen Anlage auftreten können. Beispielsweise muss mit dem Ausfall einer Pumpe gerechnet werden. Vorgesehen ist daher, während des laufenden Prozesses erst die Vakuumpumpe und dann die Förderpumpe auszuschalten. Dabei soll jeweils beobachtet werden, wie sich der Prozess und die Strömungen verhalten. Im Anschluss an die Simulation des Totalausfalles beider Pumpen werden lediglich Veränderungen der Vakuumpumpenleistung vorgenommen (starke Erhöhung bzw. Reduzierung), um hierbei die Beeinflussung bei Durchfluss und Füllhöhe der Vakuumkammer analysieren zu können. Auch soll eine Lösung für das Problem der Überfüllung dieser Kammer gefunden werden, um möglichst keine Schäden an den Anschlüssen entstehen zu lassen. Zuletzt wird die Ölfüllmenge im gesamten System verändert, um ersehen zu können, welche Auswirkungen sich ergeben und ob sich erneut ein kontinuierlicher Prozess einstellen lässt.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Für den Modellentwurf wurden grundlegende Informationen bezüglich der Geometrien vorgegeben. Das Modell sollte durch Wahl eines geeigneten Skalierungsmaßstabes eine reale Glasproduktion von 400 t/d nachbilden. Bevor eine solche Anlage jedoch konstruiert und in Betrieb genommen werden kann, ist es nötig, einige Berechnungen und Simulationen vorab durchzuführen, um mögliche Probleme vorab zu identifizieren und Fragestellungen dazu zu beantworten. Das Wissen über die gesamte Thematik wurde größtenteils aus den Grundlagenvorlesungen des Fachbereiches „Glas“ und der Vorlesung „Mechanische Verfahrenstechnik / Strömungsmechanik“ erlernt. Um sämtliche Aufgaben zu erfüllen, mussten sich die Studierenden zuerst mit der Problemstellung auseinandersetzen. Dies beinhaltete die Suche und Auswertung geeigneter Literatur zum Thema Vakuumläutern und Strömungsmechanik. Anschließend sollte ein funktionsfähiges Modell entworfen und konstruiert werden. Darin sollte geeignete Mess- und Regelungstechnik eingebaut werden, um den Prozess möglichst genau überwachen und steuern zu können. Zudem musste die Anlage vom Maßstab 1:1 in den entsprechenden Modellmaßstab 1:5 umgerechnet werden. Die Konstruktionspläne wurden mittels eines CAD-Programmes angefertigt und sind in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt.

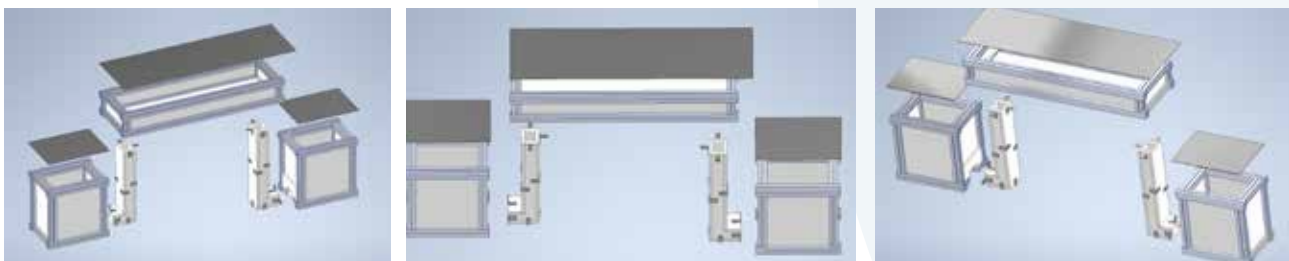


Abbildung 1: Draufsichten auf die geplante Anlage. Linke Wanne: Schmelzwanne; linkes Rohr: Durchlass 1 mit Steigrohr; mittlere Wanne: Vakuumkammer; rechtes Rohr; Fallrohr mit Durchlass 2; rechte Wanne; Verteilerwanne. Grafik: Kevin Geier

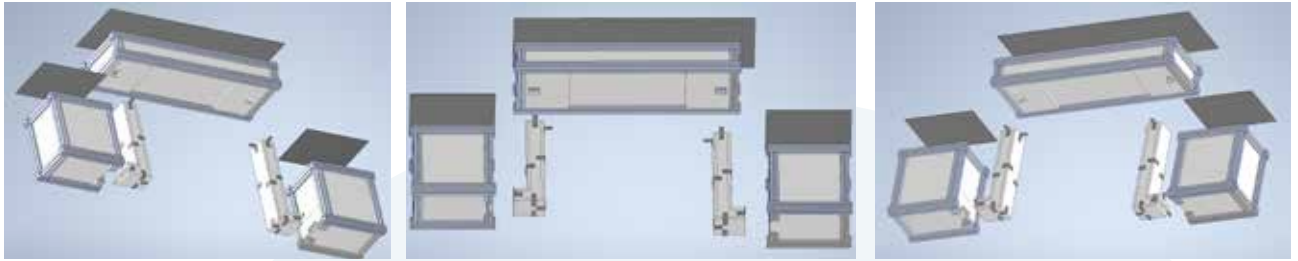


Abbildung 2: Ansicht von unten. Reihenfolge der Wannen und Rohre wie bei Abbildung 1. Grafik: Kevin Geier

Die benötigten Materialien wurden mittels Teileliste und Unterstützung der Mitarbeiter der TH Nürnberg bestellt und anschließend durch die Projektgruppe entsprechend Abbildung 3 aufgebaut.

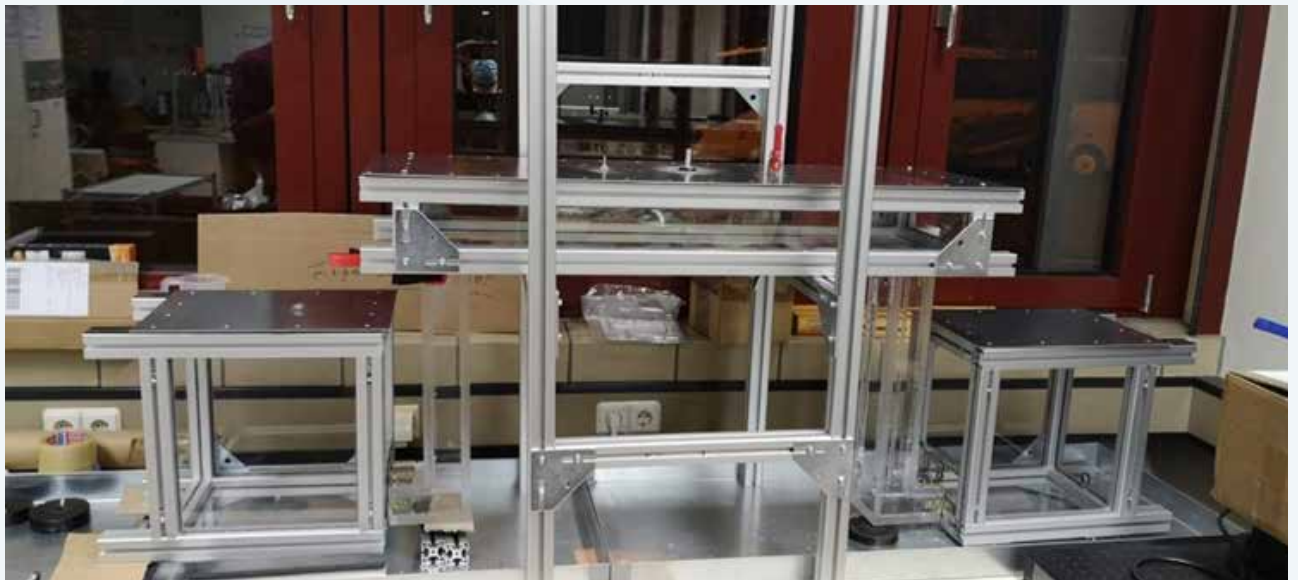


Abbildung 3: Aufgebautes Modell der Vakuumläuterkammer entsprechend Abbildung 1 und 2. Foto: Kevin Geier

Nachdem sämtliche Mess- und Regelungstechnik installiert wurde, konnte das Silikonöl (welches als Ersatz für die Glasschmelze dient) in das Modell der Vakuumläuterkammer eingefüllt werden. Zuerst wurden einige Testdurchläufe und Experimente zum näheren Verständnis der Anlage und der dahinterliegenden Mechanismen durchgeführt. Beispielhaft ist in Abbildung 4 der Stand des Silikonöls in der Vakuumläuterkammer und dem Ansaugrohr zu sehen.



Abbildung 4: Ansicht auf den Stand des Silikonöls im Ansaugrohr (links) und in der Vakuumläuterkammer (rechts) bei eingeschalteter Vakuum- und Förderpumpe. Foto: Kevin Geier

Als nächster Schritt wurden die vorab identifizierten Fragestellungen am Modell nachgestellt und analysiert. Ein weiterer Lehraspekt des Projektes ist die korrekte Bewertung der Ergebnisse und Erkenntnisse. So mussten zusätzliche Messungen durchgeführt werden, um einige Thesen belegen oder widerlegen zu können. Zudem sollten auf Basis des Modelles neue Lösungsvorschläge für zu erwartende Probleme erarbeitet werden. Diese beziehen sich auf kritische Stellen, welche nicht nur im Modell, sondern auch bei einer späteren realen Anlage auftreten können.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Nachdem Messungen am Modell durchgeführt und ausgewertet worden waren, galt es, diese in Hinsicht auf eine spätere reale Anlage zu bewerten. Das erste und vermutlich wichtigste Thema wird sein, wie die Feuerfestanlage sowohl für die Glasschmelze als auch für das Vakuum abgedichtet werden kann. Dies stellte im Modell weniger ein Problem dar, da hier bei Raumtemperatur gearbeitet wurde und eine elektrische Beheizung nicht notwendig war. Bei späteren Anlagen werden die Temperaturen jedoch ca. 1500 °C betragen. Hier müssen die Öffnungen für die Heizelektroden entsprechend abgedichtet werden, wobei die Elektroden zusätzlich beweglich sein müssen, da an realen Anlagen ein regelmäßiger Austausch der Elektroden erforderlich ist.

Für das nun konstruierte Modell besteht zusätzlich die Möglichkeit, weitere Messeinrichtungen zu installieren, um das Modell noch stärker einer späteren Anlage anzugleichen und weitere Informationen zu erhalten. Mögliche Installationen wären beispielsweise eine Glasstandsmessung, welche nicht nur in den beiden Wannen, sondern auch in der Vakuumkammer bei Ein- und Auslass angebracht werden würde. Außerdem wäre die Automatisierung des Prozesses erstrebenswert, um beispielsweise den Glasstand überwachen und nachführen zu können. Damit hätte man die Möglichkeit, einen genaueren Überblick über die Vorgänge und eventuell auftretende Unregelmäßigkeiten innerhalb der Wannen zu erhalten. Jenseits des aktuellen Lehrforschungsprojektes bestünde natürlich die Möglichkeit, den Studierenden die Läuterungstechnik am Modell zu erklären und praxisnah erfahrbar zu machen.

5. Fazit und Ausblick

Im Rahmen des Lehrforschungsprojektes wurde ein Modell einer Vakuumläuteranlage konstruiert, erfolgreich in Betrieb genommen und hieran wurden erste Messungen und Versuche durchgeführt, die Einblicke in die zugrunde liegenden Prozesse ermöglichen. In kommenden Projekten soll eine Inbetriebnahmestrategie entwickelt werden, die näher an der Realität liegt. Bisher wurde vor Anlegen des Vakuums sowohl in der Schmelzwanne als auch in der Verteilerwanne Silikonöl vorgelegt. Das Öl wird aus der Schmelzwanne angesogen und fließt über die Vakuumkammer in die Verteilerwanne. Der Fluss erfolgt in dieser Richtung, da das Steigrohr kürzer als das Fallrohr ist. Da sich jedoch bei einer realen Anlage voraussichtlich keine Glasschmelze bei Inbetriebnahme in der Verteilerwanne befindet, muss hierfür eine Lösung gefunden und getestet werden. Ein Ansatz hierfür könnte eine vakuumdichte „Blockade“ sein, welche aufrechterhalten wird, bis die Schmelze das Fallrohr erreicht hat.

Die darauffolgende Fragestellung wird sein, wie sich das Modell während der Inbetriebnahme verhält, wenn schlagartig eine Undichtigkeit entsteht. Der Fokus sollte dabei auf dem Steigrohr liegen. Dabei soll während des Aufstieges des Öls im Steigrohr eine Undichtigkeit erzeugt werden. Dies kann beispielsweise mithilfe einer Bohrung und eines beweglichen Stopfens geschehen. Dabei soll untersucht werden, welchen Einfluss das Vakuum, die Viskosität und das Fließverhalten aufeinander haben. Eine mögliche Fragestellung wäre, wie das Öl aus dem Leck austritt und ob das Vakuum stark genug ist, um ausreichend Öl anzusaugen. Diese Thematik erfährt besondere Aufmerksamkeit, da Durchlässe und Rohre in einer realen Anlage mittels Elektroden beheizt werden müssen. Diese werden jedoch erst eingeschoben, wenn die Glasschmelze auf deren Höhe angekommen ist. Somit muss in den Wänden stets eine Öffnung für die Elektroden sein, welche zudem noch abgedichtet sein müssen. Weiterhin müssen der Totalausfall der Vakuumkammer und damit eine Umgehung des Steig- und Fallrohres konstruktiv bewertet werden, damit eine produktionssichere Lösung für die Glashersteller erzielt wird.

Ein weiteres fortgeschrittenes Forschungsthema dieses Projektes wird die Verwendung von Zuckerglasschmelze in einem vergleichbaren Modell sein. Der Grund für die Verwendung von Zuckerglas sind dessen Eigenschaften im Temperaturbereich zwischen 60–120 °C. Diese ähneln stark denen einer echten Glasschmelze bei einer Temperatur von 1500 °C. Hierfür muss jedoch ein neues, temperaturbeständigeres Modell entworfen werden, in welches zusätzlich noch Elektroden zur Beheizung installiert werden müssen.

Impressum

Lehrforschung 2020/2021

Herausgeber:

Der Präsident der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm
Prof. Dr. Niels Oberbeck
Keßlerplatz 12
90489 Nürnberg

Redaktion und Layout:

Hochschulkommunikation
Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm
Postfach 210320, 90121 Nürnberg

Stand:

September 2022



© Michael Kögel



ISSN 1867-4585