

Plattform für immersive Mini-Labs in der Virtuellen Realität (VR) zur Verbesserung der Lehre der BCI: Erstellung von Mini-Labs für verzahnte Lehrinhalte der Veranstaltungen AT und SM

1 Antragsteller/in

Arbeitsgruppe Apparatedesign / Arbeitsgruppe Strömungsmechanik

M.Sc. Daniel Becker, M.Sc. Alexander Behr, Dr.-Ing. Konrad Boettcher, Prof. Dr.-Ing. Norbert Kockmann

2 Kurzbeschreibung des Projektes

Es soll eine Plattform mit immersiven Mini-Labs in der virtuellen Realität zur Arbeit an digitalen Zwillingen auf Grundlage des Constructive Alignment für Labordidaktik erstellt werden, um forschendes Lernen zu etablieren und auf die Anforderungen der Arbeitswelt der Industrie 4.0 vorzubereiten.

1) Während des Vorlesungs- (VL) und Übungs- (Ü)-Betriebes werden kleine Mini-Labs zur Verfügung gestellt und behandelt, um darstellungsbedingte Schwierigkeiten zur Herleitung verschiedener differentieller Kräftebilanzen an typischen Halbzeugen des Apparatebaus (z.B. Platte, Scheibe, Ring in Verbindung mit strömungsmechanischer Belastung) zu beheben. Zur Vertiefung der Kompetenz zum räumlichen Verständnis technischer Zeichnungen ermöglichen Mini-Labs einen Vergleich von technischen Zeichnungen des Apparatebaus mit dreidimensionalen Darstellungen in der VR. Der Fokus liegt dabei auf der Auswahl der relevanten Bereiche für die Auslegung nach AD-Merkblättern und durchströmten Geometrien.

2) Verknüpfung der Lehrinhalte der gleichzeitig laufenden AT- & SM-Veranstaltungen gegen Ende des Semesters. Auswirkungen von Fluiden und deren Strömung auf Bauteilkonstruktion (Hydrostatik/Impulssatz → Wanddicken von Behältern) gestützt mit CFD- & FEM- Simulationen und analytischen Lösungen.

3 Details zum Projekt

3.1 Istzustand vor Beantragung

- Erlernen der Inhalte verschiedener Veranstaltungen erfolgt voneinander losgelöst
- Probleme der Studierenden beim Erlernen von (komplexen) Herleitungen der analytischen Lösungen von Apparateelementen
- Lehrbücher zum Fachgebiet inhaltlich und didaktisch stark veraltet (s. Abb. 1)
- Anschauungsmaterial schwer zugänglich, weil 3D-Sachverhalt in 2D dargestellt wird
- Visualisierung des Unsichtbaren: Spannungsverläufe, Dehnungsverläufe, Scherungsverläufe, Normal-, Querkräfte und Momente
- Viele "trockene" Herleitungen, Anwenden der AD-Merkblätter

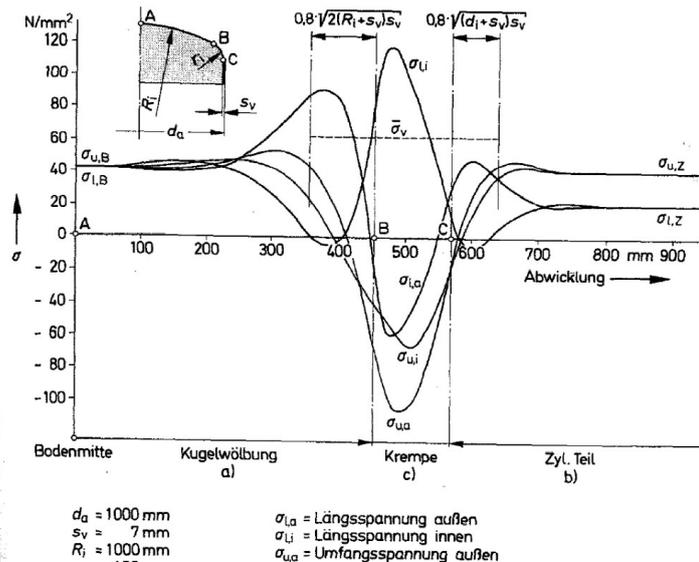


Abb. 1: Beispiel für Darstellung von Spannungsverläufen gewölbter Halbzeuge in Lehliteratur (vgl. Wagner - Festigkeitsberechnung im Apparate- und Rohrleitungsbau, 2007, Vogel, Würzburg)

- Verwendung AD-Merkblätter nur auf einzelne Apparateelemente, Kopplung der Merkblätter und gegenseitige Beeinflussung zu umfangreich für Lehre
- Interdisziplinäre Ähnlichkeit zur Strömungsmechanik wird nicht dargestellt, obwohl grundlegende Lerninhalte ähnlich
- Durch die Verschiebung der Vorlesung AT in das WS werden Studierende im 3. Semester stark belastet (SM, TH und AT). Der didaktische Zugang ist bisher häufig mathematisch-physikalisch. Leichtere Einstiege in die Thematik durch andere (bspw. experimentelle und visuelle) Zugänge daher notwendig.
- Aus vorhergegangenen Arbeiten der AG SM bestehen Fachkenntnisse in der Erzeugung immersiver Mini-Labs in der VR. Dadurch ist auch ersichtlich, dass eine Lernplattform mit Visualisierungen in der VR die Lernenden auf höhere Kompetenzniveaus bringt (vgl. Abb. 2). Zusätzlich besteht ein Netzwerk mit dem Zentrum für Hochschulbildung für die digitale Lehre und Labordidaktik. Die didaktischen Ergebnisse der Mini-Labs wurden in internationalen begutachteten Journalen und einem Buchkapitel zur Labordidaktik in Bezug auf die Industrie 4.0 veröffentlicht und in Kooperation ein immersiver Laborversuch für die Lehre am digitalen Zwilling entwickelt und erstellt, welcher in weitere Publikationen mündet.

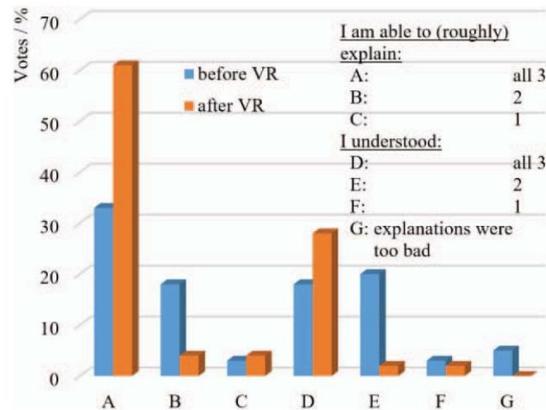


Fig. 7. Result of query (single choice): Self-assessment of competence regarding flow visualization methods. Blue bars: conventional use (N = 95); orange bars: after usage of VR (N = 54).

Abb. 2: Beispiel für Auswertung des Nutzens von Mini-Labs in der Lehre der Strömungsmechanik (vgl.: K. Boettcher, A. S. Behr, 2020, Teaching Fluid Mechanics in a Virtual-Reality based Environment, 2020

IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Porto, Portugal, 2020, pp. 1563-1567, doi: 10.1109/EDUCON45650.2020.9125348)

3.2 Projektziel/Projektbeschreibung

Es soll eine Plattform mit immersiven Mini-Labs in der virtuellen Realität (VR Mini-Labs) zur Arbeit an digitalen Zwillingen auf Grundlage des Constructive Alignment für Labordidaktik erstellt werden, um so die Studierenden für die Anforderungen der Arbeitswelt der Industrie 4.0 vorzubereiten. Die MiniLabs sind begehbar und können beeinflusst werden. Die Studierenden sollen in durchströmten oder fluidgefüllten Apparaten herum- und hindurch laufen können, um damit die (Strömungs-) Mechanik mit forschendem Lernen zu erkunden. In den Mini-Labs sollen veranstaltungsübergreifend verschiedene Sachverhalte erforscht werden können, wie technisches Zeichnen, differentielle Bilanzierungen, Spannungen und Kräfte in den Apparaten und Fluiden. Dies kann beim Verständnis von bspw. der Spannungen im Material helfen, da sonst nicht sichtbare Bereiche (bspw. Spannungsfeld in einem Stahlbauteil) visualisiert werden können. Dabei können ähnliche Herleitungen (bspw. hydrostatische Grundgleichung, Wärmetransport) verwendet werden, um die auftretenden Ähnlichkeiten aufzuzeigen und somit deren Verständnis zu fördern.

Die Verläufe der Spannungen oder Dehnungen können dargestellt werden und Informationen wie Erläuterungen und vertiefende Erklärungen an bestimmten Stellen der Apparategeometrie oder der Strömung abrufbar sein. In der Plattform sollen die Mini-Labs in eine Moodle-Lernumgebung eingebunden werden, um den Studierenden ein Feedback zur Erlangung möglicher Lernziele geben zu können. Die Mini-Labs können je nach spezifischer Ausgestaltung während den VL, Ü oder Tutorien verwendet werden und zum Selbststudium bereitgestellt werden. Die gelernten Sachverhalte aus AD-Merkblättern sollen mit Kenntnissen der Strömungsmechanik-Vorlesung am Ende des Semesters in einem Repetitorium verknüpft werden, da zu diesem Zeitpunkt alle Werkzeuge (Stromfaden, Impulsbilanz, AD-Merkblätter, differentielle Bilanzierungen) bekannt sein. Eine Hybrid-Übung festigt diese Kenntnisse und steigert so die fachübergreifende Wissensverknüpfung der Studierenden. Dabei sollen zwei verschiedene Aufgaben virtuell bereitgestellt werden, wie bspw.:

1) Differentielle Bilanzierungen werden an Fluiden (SM) und typischen Halbzeugen (AT) verknüpft durchgeführt (beides findet in den Veranstaltungen zeitnah statt) und beides auf eine Wandstärkeberechnung (AT) als Handlungsprodukt angewendet. Die differentielle Bilanzierung des

Wärmetransports (für die Veranstaltung Fluid Mechanics and Heat Transport) wird mit aufgenommen und stellt eine weitere explorative Komponente dar. Die differentiellen Volumenelemente sind über Mediengrenzen hinweg verschiebbar und verknüpfen so das theoretische Konstrukt mit der Wirklichkeit.

2) Kompetenzen aus der integralen Strömungsberechnung (Impulssatz, SM) werden mit AD-Merkblatt Berechnungen zu Behältern (AT) gekoppelt.

3.3 Einzelmaßnahmen, Schritte etc.

- Didaktik
 - Identifikation geeigneter Mini-Labs, Definition der Lernziele
 - Erstellung pädagogischen Konzeptes zum Erreichen definierter Lernziele
 - Planung auf Grundlage des Constructive Alignment für Labordidaktik
 - Planung der sich daraus ergebenden Einflussmöglichkeiten
 - Auswahl geeigneter AD-Merkblätter zur Integration
 - Integration und Anpassung bestehender Mini-Labs der SM
 - Entwicklung Lernzielkontrollen und Feedback
 - Zusammenarbeit AD, SM + Zentrum für Hochschulbildung
- Erstellung
 - Planung und Aufbau der VR Mini-Lab Plattform in Unreal und Moodle
 - Lernzielkontrollen und Feedback in Plattform
 - Entwicklung der VR Mini-Labs zur plattformunabhängigen Verwendung in Browsern
 - Numerische Simulationen zur Visualisierung geeigneter Größen in typischen Apparateteilen (z.B. Spannungen in Platte, Ring, Verjüngung, Spannungsverläufe in Fluiden und gekoppelter Wärmetransport) für verschiedene Parameter zur Darstellung der Einflussnahme
 - Verknüpfung und Auswahl der zu verbindenden Lehrinhalte AT + SM.
Beispielsweise:
 - ATÜB 2 Kreisscheibe (analytische Lösung) +SMÜB 3.7: Rotierendes mit Wasser gefülltes Gefäß
 - Erstellung der 3D-Labore
 - Übertragung der generierten 3D-Berechnungen in die virtuelle Umgebung
 - Programmierung von Einflussnahmemöglichkeiten
 - Realisierung von Abfragen
 - Technik zur Glossar-Erstellung
 - Herleitungen, Erklärungen
 - Verknüpfung der virtuellen Umgebung mit Moodle
 - Erstellung in Deutsch und Englisch

Das gesamte Projekt wird in den Arbeitsgruppen AD + SM bearbeitet.

3.4 Geplante Laufzeit

04.2021 – 10.2021

3.5 Indikatoren zur Evaluation des Projektes

Zur Evaluation eignen sich die üblichen Semesterbegleitenden Evaluationsbögen, wie bspw:

A6: Klarheit und Verständlichkeit bei der Erklärung von Sachverhalten

A7: Verbesserung der Verständlichkeit durch geeignete Beispiele und Visualisierungen

C1: Nutzen veranstaltungsbegleitender Materialien für VL und Ü

C2: Inhaltlicher und formeller Wert als Ergänzung zu VL und Ü

E1: Erwerb fachlichen Wissens

E3: Förderung des Interesses

E4: Förderung des Bezugs zur Praxis

E5: Nutzung alternativer Methoden der Wissensvermittlung

Spezifischere Evaluationen erfolgen über den Vergleich von Klausurergebnissen, Fachfragen, Selbstauskünften und dem Verhalten in den Laboren. Die Ergebnisse sollen in internationalen Journalen der Ingenieursdidaktik veröffentlicht werden.

3.6 Nachhaltigkeit/Verstetigung

Nach erfolgreichem Projektabschluss steht eine virtuelle Lehr- und Lernplattform für veranstaltungsübergreifendes, exploratives Lernen zur Verfügung. Die bereits bestehenden VR MiniLabs der SM werden zusätzlich integriert. Die ergänzenden Inhalte stehen den Studierenden nach Projektabschluss dauerhaft als ergänzende Darstellung und Hilfe zur Berechnung von AD-Merkblättern und analytischen Lösungen und dem forschenden Erlernen der strömungs- und apparatemechanischen Grundlagen zur Verfügung. In der AT soll diese in den Übungen und ggf. Tutorien begleitend zu den Erklärungen der Übungsleiter/innen helfen, die Berechnungen und den Umgang mit den Merkblättern zu verstehen. In der Strömungsmechanik soll die Lehrplattform in die elektronische Lernplattform Elustik eingebunden werden. Durch die Verzahnung der Lerninhalte der beiden Veranstaltungen AT und SM werden die Grundlagen für Studierende des dritten Semesters vertieft, didaktisch modernisiert und weitere Zugänge ermöglicht.

Als mittelfristige Verstetigung sollen durch die Integration weiterer differentieller Bilanzierungen wie dem Stofftransport weitere Veranstaltungen der Fakultät adressiert werden.

Als visionären Ausblick können weitere Veranstaltungen von anderen LS und AGs in die digitale Laborplattform integriert werden, um die Lehre in der BCI auf die digitalen Erfordernisse der zukünftigen Arbeitswelt auszurichten. Dazu können auch umfangreichere Laborversuche an virtuellen digitalen Zwillingen erstellt werden, um tiefergehend auf die Informationsgestaltungsprinzipien der Industrie 4.0, die Versuchsstandsentwicklung oder ethische Problemstellungen einzugehen, sowie die Fähigkeiten zu vermitteln, selbst digitale Zwillinge zu erstellen und Labore mit Methoden der Augmented Reality (AR) zu verbessern. Studierenden würde so eine Kompetenzentwicklung ermöglicht, die auf einen souveränen Umgang mit digitalen Technologien abzielt. Sie könnten die Fähigkeit entwickeln, Potenziale und Auswirkungen der Digitalisierung in der Gesellschaft und Arbeitswelt zu beurteilen, Digitalisierungsprozesse aktiv und reflexiv zu gestalten, um so mit der rasanten Veränderungsdynamik Schritt halten zu können.

Über die BCI hinaus sind die Methoden auch auf weitere Veranstaltungen und Fakultäten erweiterbar (HöMa, TM, Physik, Chemie, Maschbau, Pädagogik, ...). Angehende Lehrer/innen könnten befähigt werden, selbstständig Lehrmaterialien in einer übergeordneten VR-Labor-Plattform für fächerübergreifenden Unterricht zu erstellen, bereitzustellen oder anzupassen oder bestehende, analoge Lehrmaterialien mit Methoden der AR zu bereichern.