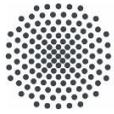


Stuttgart, den 29.04.2024



Universität Stuttgart

FELLOWSHIPS FÜR LEHRINNOVATIONEN UND UNTERSTÜTZUNGSANGEBOTE IN DER DIGITALEN HOCHSCHULLEHRE II (bwDigiFellows II)

Digitale Mikro-Module zur studiengangsspezifischen Diversifizierung in der Informatikgrundausbildung für Ingenieurwissenschaften (MikroDiv)

Prof. Dr.rer.nat. Dirk Pflüger

Institut für Parallele und Verteilte Systeme (IPVS)

Universität Stuttgart

Universitätsstr. 38, 70569 Stuttgart

Tel.: +49 (711) 685-88447

Email: dirk.pflueger@ipvs.uni-stuttgart.de

URL: <https://www.ipvs.uni-stuttgart.de/departments/sc/>

apl. Prof. Dr.-Ing. Jörg Fehr,

Institut für Technische und Numerische Mechanik (ITM)

Universität Stuttgart,

Pfaffenwaldring 9, 70569 Stuttgart

Tel + 49 (711) 685-66392

Email: joerg.fehr@itm.uni-stuttgart.de

URL: <https://www.itm.uni-stuttgart.de/institute/team/Fehr/>



Ausgangspunkt

Der aktuelle Fachkräftemangel in den Ingenieurberufen verschärft sich weiter, da bis 2029 rund 700.000 Ingenieur*innen altersbedingt den Arbeitsmarkt verlassen werden; eine Entwicklung, die bereits durch eine Szenarioanalyse von VDI und IW aus dem Jahr 2015 vorhergesagt wurde. Seit einigen Jahren beobachten wir zusätzlich deutlich sinkende Anfängerzahlen in fast allen ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen (mit Ausnahme der Informatik), die nicht alleine durch die demographische Entwicklung zu erklären sind. Auch wenn die Gründe vielschichtig sind, so wird die „fundamentale Transformation im Zeichen von Digitalisierung und Dekarbonisierung“ (Wilfried Porth, Vorsitzender des Arbeitgeberverbands Südwestmetall) als ein zentraler Grund gesehen. Diese Transformation muss sich in Ausbildungsinhalten widerspiegeln (Gemeinsames Positionspapier „Ingenieurwissenschaftliche Ausbildung in Baden-Württemberg stärken“ der Ing.BW, 2022). Der Anteil an Softwareentwicklung und digitaler Toolunterstützung nimmt in klassischen ingenieurwissenschaftlichen Berufen stetig zu. Die klassische Grundausbildung in ingenieurwissenschaftlichen Bachelorstudiengängen reflektiert die rasanten Entwicklungen der letzten Jahre jedoch bislang nur äußerst selten. Zu ähnlichen Schlüssen kommt auch das Positionspapier „Digitalisierung als Element universitärer Lehre“ (Allgemeiner Fakultätentag, 2021).

Auch an der Universität Stuttgart wird die Entwicklung der Studieninteressierten an Ingenieurstudiengängen seit mehreren Jahren aufmerksam verfolgt und reflektiert, wie beispielsweise in einem Round Table „Lehrinhalte, Curricula und Digitalisierung“ des Rektorats. Zur Stärkung der digitalen Kompetenzen der Studierenden gibt es universitätsweite Bemühungen zur Reform vieler Ingenieurstudiengänge und der Einrichtung eines Pflichtprogramms in informatischen Grundlagen – und damit einhergehend eine Neuplanung des Lehrexports aus der Informatik. Eine verpflichtende Lehrveranstaltung „Informatik für Ingenieurwissenschaften“ sollte hierbei zielgruppenorientiert erfolgen. Es herrscht breiter Konsens, dass einfache Exportlösungen – wie das Aufsatteln weiterer Studiengänge auf existierende Lehrveranstaltungen des Bachelor Informatik oder das Anbieten reiner Programmierkurse – keine umfassende informatische Grundbildung in einer oder maximal zwei Lehrveranstaltungen mit jeweils 6 ECTS bieten können. Solche Maßnahmen sind nicht zielführend im Sinne einer digitalen Ermächtigung und wirken angesichts des Aufkommens von KI-Programmierassistenten und Large Language Models (LLM) zudem nicht mehr zeitgemäß. Es müssen unserer Meinung nach hingegen wichtige Grundlagen aus allen Bereichen der Informatik (technische, praktische und theoretische Informatik, Software-Engineering und -Tooling) vermittelt

werden, um ein Verständnis und Zusammenspiel der digitalen Wirkprinzipien zu ermöglichen.

Die Resonanz ist groß: 5 Studiengänge aus 3 Fakultäten mit etwa 400-500 Studierenden haben konkrete Schritte bereits unternommen, zahlreiche weitere könnten folgen. Dirk Pflüger (Informatik) hat eine neu entworfene Lehrveranstaltung „Informatik für Ingenieurwissenschaften“ im vergangenen Wintersemester für einen ersten Studiengang bereits durchgeführt, und diese soll nun auf die restlichen 4 Studiengänge erweitert werden. Neben den üblichen, nicht zu vernachlässigenden didaktischen Herausforderungen grundständiger Informatiklehre (Wie kann ich alle Studierenden trotz enormer Unterschiede in den Vorkenntnissen abholen und mitnehmen? Wie motiviere ich Studierende für Informatikinhalte, da sie doch etwas anderes studieren wollen? ...) stellt uns dies vor eine zentrale Herausforderung: Es kann aus Kapazitätsgründen nicht für jeden Studiengang eine separate Vorlesung angeboten werden, und dennoch unterscheiden sich die Studiengänge zu sehr in den benötigten Schwerpunkten und Anwendungsbeispielen, um alle mit demselben Lehrangebot bestmöglich versorgen zu können.

Auf Seiten des Maschinenbau ist Jörg Fehr seit vielen Jahren gemeinsam mit dem gesamten Institutsteam sehr engagiert in der Grundlagenausbildung für Modellierung und Simulation für Ingenieure des Stuttgarter Maschinenbau eingebunden. Die großen Veränderungen der letzten Jahre – insbesondere im Bereich digitaler Zwillinge, das veränderte Lern- und Studienverhalten der Studierenden sowie die allgegenwärtige Verfügbarkeit von Wissen – haben uns als Institut veranlasst, in Abstimmung mit dem Fachbereich an einer Vielzahl von Maßnahmen teilzunehmen. Dazu gehören der „Digital Boost“, die Umwandlung von „Technische Mechanik IV“ in „Physics Engines“ und ein neues Modul „Digital Literacy in Research and Teaching“, um den Maschinenbau in Stuttgart digitaler und gemäß dem Stuttgarter Weg noch interdisziplinärer zu gestalten. Hierzu benötigt es die entsprechende informatische Grundausbildung, und wir freuen uns sehr an den Diskussionen zu „Informatik für Ingenieurwissenschaften“ beteiligt zu sein.

Projektidee und Innovation

Aus dieser Diskussion ist der vorliegende Vorschlag für unser Tandemprojekt entstanden: Wir wollen gemeinsam mit Hilfe digitaler Lehrmethoden die studiengangsspezifische Binnendiversifizierung digitaler Grundausbildung innerhalb ein und derselben Vorlesung erproben, evaluieren und im Erfolgsfall verstetigen und als Best-Practice-Beispiel disseminieren. Geplant ist in diesem Projekt die Entwicklung digitaler Mikro-Module im Stile des Flipped

Classroom, die eine studiengangsspezifische Wahl zwischen alternativen Lehrinhalten ermöglichen. Je nach Anforderung der betroffenen Studiengänge kann dies optional oder als Pflicht geschehen.

Die geplante Diversifizierung kann sich nicht auf die Vorlesung beschränken, sondern muss in den Übungen zur Vorlesung sowie in der Prüfung aufgegriffen und reflektiert werden. Uns ist bislang kein derartiges Modell in grundständigen Pflichtveranstaltungen in Bachelorstudiengängen bekannt; insofern betreten wir hier Neuland. Wir versprechen uns von diesem Projekt neben einer besseren, studiengangsspezifischen inhaltlichen Vorbereitung der Studierenden auf spätere Vorlesungsinhalte auch eine höhere Motivation der Studierenden durch das Aufgreifen bekannter Aufgabenstellungen, das Füttern guter Studierende durch optionale, zusätzliche Inhalte, und nicht zuletzt die Stärkung von Lernautonomie als wichtige Schlüsselqualifikation bei Wahlmöglichkeiten zwischen Mikromodulen bereits im frühen Bachelorstudium.

Motivation zur Antragstellung

Die Idee zum Projektantrag ist im gemeinsamen Austausch der beiden Antragstellenden über Lehrinhalte und didaktische Formate entstanden und basiert auf dem großen Engagement beider für gute Lehre sowie der Zusammenarbeit im Exzellenzcluster Simulation Technology. Dirk Pflüger war über mehr als vier Jahre lang im intensiven Austausch mit Studiendekanen aus den Ingenieurwissenschaften, um inhaltlich ein tragfähiges Konzept für eine neue Exportveranstaltung „Informatik für Ingenieurwissenschaften 1“ zu erstellen und abzustimmen. Zusätzlich zum regulären Lehrdeputat arbeitete er diese im Wintersemester 23/24 aus und führte sie erstmals für einen Studiengang (BSc Simulation Technology) durch mit überragender Bewertung der Studierenden in der zentralen Lehrevaluation. Didaktisch greift die Vorlesung viele Anregungen aus den Kursen „Fit für die Lehre“ des Hochschuldidaktikzentrums sowie Best-Practice Erfahrungen aus der Zeit der digitalen Covid-Lehre auf. So hat die Vorlesung bereits eine Mikro-Struktur mit 2-3 thematischen Einheiten pro Vorlesungseinheit (1,5h) mit Darstellung der inhaltlichen Abhängigkeiten, wiederkehrender Themen und Arbeitsweisen und der Lernziele. In der Vorlesung wird Python mittels Jupyter Notebooks eingesetzt um die Einstiegshürde für Studierende ohne jegliche Vorkenntnisse möglichst gering zu halten und Vorbehalte abzubauen. Programmierlastigere Themen werden mit Inhalten aus der theoretischen Informatik verzahnt um Studierende mit Vorkenntnissen aus der Schule ebenfalls abzuholen.

Jörg Fehr war bereits während seiner Zeit als Juniorprofessor bei SimTech aktiv in der Rolle des Studiendekans für Mechatronik. Er setzte sich dafür ein, den Maschinenbau interdisziplinärer zu gestalten und war maßgeblich an der Einrichtung des erfolgreichen Masterstudiengangs Autonome Systeme beteiligt. Als Inhaber des Hochschuldidaktik-Zertifikats des Landes Baden-Württemberg liegt ihm die Ausbildung der nächsten Generation von Studierenden besonders am Herzen. Durch die Betreuung von über 100 studentischen Arbeiten, insbesondere während und nach der COVID-Pandemie, wurde ihm die Bedeutung neuer Vermittlungsformen digitaler Kompetenzen bewusst, um Ingenieure für zukünftige Herausforderungen zu rüsten. Aktuell engagiert sich sein Institut intensiv in der Überarbeitung der Vorlesung „Physics Engines“ für die Studiengänge Maschinenbau, Fahrzeugtechnik und Technologiemanagement, um moderne interdisziplinäre Inhalte zu integrieren und diese mit dem neu entstandenen Kurs „Informatik für Ingenieurwissenschaften 1“ zu verzahnen. Ziel ist es, den Studierenden nach den ersten vier Semestern neben theoretischen auch praktische informatische Grundlagen zu vermitteln, damit sie selbstständig Probleme durch in-silico Experimente lösen und sowohl digital als auch real umsetzen können.

Die Antragstellenden nahmen am universitätsweiten Round Table des Rektorats zu „Lehrinhalte, Curricula und Digitalisierung“ teil sowie an Diskussionsrunden der Studiendekane und des Prorektorats Lehre und Weiterbildung zum Lehrexport in die Ingenieurwissenschaften.

Tandem-Partnerschaft

Für das Erreichen der gesteckten Ziele ist eine enge inhaltliche Kooperation zwischen dem „Anbieter“ (exportierende Informatik, Dirk Pflüger) und den „Kunden“ (importierende ingenieurwissenschaftliche Studiengänge, Jörg Fehr) unabdingbar. Unser Tandem wird eine gründliche Analyse und Evaluation der Anforderungen der importierenden Studiengänge ermöglichen, sowie die Vorkenntnisse der Studierenden aus ihren jeweiligen vorigen Vorlesungen. Dies betrifft nicht nur die reinen Inhalte der Vorlesungen, sondern auch die Gestaltung der zugehörigen Übungseinheiten (Einsatz von Programmierumgebungen, charakteristische Problemstellungen, ...). Auf dieser Basis sollen die Lerninhalte einiger Mikromodule, passende Übungsaufgaben sowie die zugehörige Lernstandserhebung über begleitende Quizze gemeinsam abgestimmt und anschließend entwickelt werden. Bei den Übungsaufgaben sollen Problemstellungen aus anderen Veranstaltungen der jeweiligen Studiengänge direkt aufgegriffen werden. Zusage zur Mitwirkung bei der Abstimmung der jeweiligen Inhalte gab es zudem von Prof. Miriam Schulte (Studiendekanin BSc SimTech)

und Prof. Joachim Groß (Studiendekan BSc Chemie- und Bioingenieurwesen), was die Umsetzung für mehrere Studiengänge erleichtert.

Konkrete Ziele und Herausforderungen des Projekts

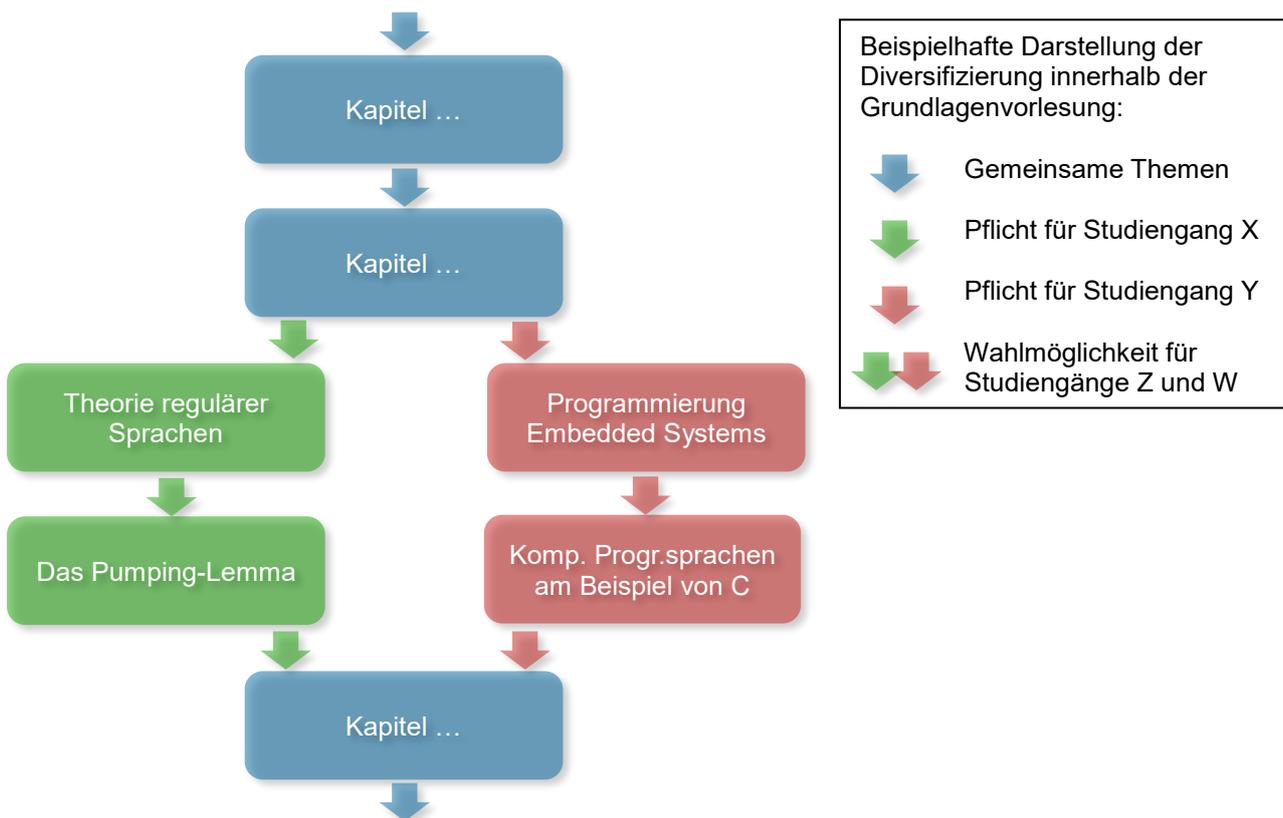
Die aktuelle Lehrveranstaltung findet statt in Präsenz mit Unterstützung durch digitale Inhalte und interaktiven Einsatz von Jupyter Notebooks. Gleiches gilt für die Übungen, die digitale Formate beinhalten. Diese soll nun erweitert werden durch Mikro-Module (Lerneinheiten), die digital angeboten werden sollen und damit von den Studierenden alternativ besucht werden können, mit Gelegenheit zum Stellen von Fragen und Unterstützung in Präsenz. Die Diversifizierung der Lerninhalte durch alternative Angebote betrifft Vorlesungsinhalte, Übungen sowie die Klausur. Des Weiteren soll evaluiert werden, wie mit Hilfe von Tutoren eine Hebelwirkung erzielt werden kann, indem die Teilnehmer Gelegenheit haben, die digitalen Angebote der Mikromodule durch Präsenzveranstaltungen zu ergänzen, so dass diese Teile der Lehrveranstaltung auch als vollwertige Bestandteile wahrgenommen werden.

Ausgangspunkt des Projekts wird die Erhebung studiengangsspezifischer Schwerpunktsetzungen durch die beiden Antragstellenden unter Einbezug von Vertretern aller betroffenen Studiengänge sein, basierend auf dem aktuellen Konsens des Lehrkanons der bereits stattfindenden Vorlesung. Der Hauptaufwand wird in der Entwicklung der Inhalte und Materialien sowie der digitalen Realisierung (Animationen, Aufzeichnung, Schnitt) der neuen, fakultativen Mikro-Module liegen. Dies würde ohne die in diesem Projekt beantragte Unterstützung nicht möglich sein. Ein erster Versuch mit Wahlmöglichkeit soll bereits in der zweiten Hälfte des Wintersemesters 2024/25 erfolgen mit anschließender studentischer und kollegialer Evaluierung. Im Wintersemester 2024/25 ist dies ein letztes Mal mit einer überschaubaren Kohorte hoch motivierter und experimentierfreudiger Studierender möglich, bevor die Lehrveranstaltung auf weitere Studiengänge und auf über 400 Studierende ausgerollt wird. Falls die entsprechenden Mikro-Module bis zu diesem Zeitpunkt wie erwartet noch nicht final in digitaler Variante ausgearbeitet sind, ist eine hybride Durchführung in Präsenz durch parallele Vorlesungen mit zwei Dozenten einmalig möglich. Im Sommersemester 2025 planen wir die Ausarbeitung der Mikro-Module mit Videoaufzeichnung und interaktiven Elementen, und die Erstellung eines Pools an Übungs- und Klausuraufgaben für die nachhaltige Verstärkung dieser.

Die Wahlmöglichkeit innerhalb der Lehrveranstaltung zieht zum einen organisatorische Herausforderungen nach sich, von der Aufteilung in Übungs- und Abgabegruppen vor dem

Hintergrund unterschiedlich gewählter Module bis hin zur Durchführung der Prüfung mit mehreren Varianten. Zum anderen Herausforderungen sind auf didaktischer Ebene unter den Aspekten des Constructive Alignments und der Verzahnung der Themen spannende Fragen zu klären.

Im Folgenden möchten wir ein konkretes Beispiel für angedachte studiengangsspezifische Vertiefungen über alternative Mikro-Module nennen: In der Vorlesung wurden bereits Aufbau und Funktionsweise eines Rechners, Grundlagen der Programmierung mit Python, String-Manipulationen und das Konzept Regulärer Ausdrücke vermittelt. Es könnte nun die Wahlmöglichkeit zwischen jeweils zwei Mikro-Modulen gegeben werden: Zum einen die Wahl der Vertiefung theoretischer Konzepte als Verknüpfung zur Mathematik in mathematisch-orientierten Studiengängen; konkret die Theorie regulärer Sprachen und das Pumping Lemma. Zum anderen eine Einführung in die Programmierung von Embedded Systems sowie eine Schnelleinführung von kompilierten Programmiersprachen am Beispiel von C für die Studiengänge, in denen Systemtheorie und Regelungstechnik eine größere Rolle spielen.



Für den Arbeitsplan des Tandem-Projekts verweisen wir auf den entsprechenden Anhang.

Übergeordnete Ziele und Einbettung

Das geplante Entwicklungsvorhaben trägt direkt zur Digitalisierungsstrategie der Universität Stuttgart sowie insbesondere der gemeinsamen Maschinenbau-Fakultäten 4 (Energie-, Verfahrens und Biotechnik) und 7 (Konstruktions- Produktions- und Fahrzeugtechnik), als auch der Fakultät 2 (Bau- und Umweltingenieurwissenschaften) bei. Unser vorgeschlagenes Projekt zielt insbesondere ab auf folgende Studiengänge:

Studiengang und Fakultät	Semester	Wahl/Pflicht	Status
BSc SimTech (Fakultät 2: Bau- und Umweltingenieurwissenschaften)	1	Pflicht	Bereits eingeführt zum WS23/24
BSc Chemie- und Bioingenieurwesen (Fakultät 4: Energie-, Verfahrens und Biotechnik)	3	Pflicht	Einführung beantragt zum WS 24/25
BSc Fahrzeugtechnik (Fakultät 7: Konstruktions-Produktions- und Fahrzeugtechnik)	3	Pflicht	in Beantragung
BSc Technologiemanagement (Fakultät 7: Konstruktions- Produktions- und Fahrzeugtechnik)	3	Pflicht	in Beantragung
BSc Maschinenbau (Fakultät 7: Konstruktions-Produktions- und Fahrzeugtechnik)	3	Pflicht	in Beantragung

Damit wären nach erfolgreicher Einführung drei Fakultäten und 5 Studiengänge eingebunden. Die potentielle Reichweite ist deutlich größer: die meisten technischen Studiengänge werden über kurz oder lang Informatik-Grundlagenimport benötigen.

Evaluation des Erfolgs und Transfer

Die entwickelten Konzepte und Mikro-Module sollen in der Vorlesung „Informatik für Ingenieurwissenschaften 1“ umgesetzt und erprobt werden. Entsprechend werden die Umsetzbarkeit, die Akzeptanz bei den Studierenden und der Lernerfolg gemeinsam mit den Studierenden evaluiert. Praktisch umgesetzt wird dies über die zentrale Lehrevaluation der Vorlesung, sowie im direkten Gespräch und Austausch mit den Studierenden. Des Weiteren sollen alle neuen Formate im Rahmen der Umgestaltung der Studiengänge ohnehin gesondert und gemeinsam mit den Studienkommissionen der beteiligten Studiengänge evaluiert werden. Im Erfolgsfall würde die Verstetigung im Rahmen der dauerhaften Integration in die Lehrveranstaltung „Informatik für Ingenieurwissenschaften 1“ ganz natürlich erfolgen. Geplant wäre, das Konzept der studiengangsspezifischen Diversifizierung auch für die bereits

geplante, optional aufbauende Lehrveranstaltung „Informatik für Ingenieurwissenschaften 2“ im Rahmen der dann verfügbaren Ressourcen umzusetzen.

Auch wenn wir davon überzeugt sind, dass sich eine grundständige Informatikvorlesung besonders gut für dieses Konzept eignet, steht einer Übertragung auf weitere (Grundlagen-)Module an der Universität Stuttgart nichts entgegen – außer natürlich dem entsprechenden Aufwand für die Entwicklung der parallel durchführbaren digitalen Mikro-Module. Zudem könnten die entwickelten Konzepte direkt für den Informatik-Export an anderen Universitäten übernommen werden. Hierfür ist die feine Granularität und damit einhergehende Flexibilität der Verwendung der Mikro-Module in jedem Fall von Vorteil.