

Unterschiede, Chancen und Herausforderungen für Studierende und Lehrende in einem Maschinenbau-Studiengang im PBL-Setting

Martin Bonnet, Susanne Hilger, Angela Schmitz

Zusammenfassung

Im Rahmen eines vollständig im PBL-Setting umgesetzten Studiengangs wurde untersucht, welche Unterschiede, Chancen und Herausforderungen Lehrende der Fachdisziplinen Werkstofftechnik und Mathematik und Studierende mit Vorerfahrungen im Vergleich zu klassischen Studiengängen sehen. Der Studiengang wird von allen Beteiligten positiv reflektiert.

Stichworte

Problem based learning (PBL), Studiengangsentwicklung, Lerncoach, Rollenverständnis, Maschinenbau

Hinweis

Dieser Beitrag erläutert eine Studie, die im Rahmen des Modellstudiengangs „Maschinenbau – Product Engineering and Context (MPEC)“ an der TH Köln entstanden ist. Der Modellstudiengang wurde und wird entwickelt von Prof. Dr. Stefan Benke, Prof. Dr. Jochen Blaurock, Prof. Dr. Martin Bonnet, Prof. Dr. Axel Faßbender, Prof. Dr. Thomas Gartzten, Dr. Almuth Hilger, Dr. Susanne Hilger, Prof. Dr. Edwin Kamau, Prof. Dr. Hans W. Langenbahn, M.A. Vanessa Mai, Prof. Dr. Arjuna Nebel, Dr. Anja Schierbaum, Prof. Dr. Angela Schmitz, Prof. Dr. Johannes Stollenwerk, Dipl. Päd. Stefanie Spöth, Prof. Dr. Tom Tiltmann, Prof. Dr. Valérie Varney.

1. Fach: Ingenieurwissenschaften

Das erste Studienjahr der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge an unserer Hochschule enthält in der Regel eine Reihe von Grundlagenveranstaltungen, in denen der Stoff in der jeweiligen Fachsystematik und -kultur unterrichtet wird. Fächer wie Mathematik, technische Mechanik, Werkstofftechnik, Physik usw. sind unterschiedlichen Modulen zugeordnet und werden von unterschiedlichen Lehrenden bedient. Meist werden diese Disziplinen wenig bis gar nicht miteinander verknüpft. Das gefährdet die Motivation unter den Studierenden und deren Identifikation mit dem Studienfach (Meinefeld, 2007). Speziell in der Mathematik werden Inhalte zwar manchmal mit anwendungsbezogenen Beispielen angereichert. Das alleine bewirkt allerdings noch keine hinreichende Studienmotivation, solange der Bezug zum eigentlichen Studienfach und zur späteren Berufspraxis fehlt (Heublein, 2014). Diese Grundsituation führt zu Konfliktfaktoren wie Leistungsdruck, isolierte Fakten und berufsirrelevante Studieninhalte und mangelnde Betreuung durch Lehrende (Derboven & Winker, 2010, S. 64).

Zusätzlich sind die beruflichen Anforderungen an den Ingenieursberuf vielfältiger und komplexer geworden. Ingenieur*innen arbeiten inzwischen an verschiedenen Schnittstellen und mit unterschiedlichen Technologien. Dadurch gewinnen Schlüsselkompetenzen wie Teamfähigkeit, selbstständiges Arbeiten, interdisziplinäre Kompetenzen, Problemlösung und Kreativität an Bedeutung und können die Bedeutung von spezialisiertem Fachwissen und Grundlagenwissen übertreffen (Winde & Schröder, 2016; Kirchherr et al., 2018).

Hierdurch sind Lehrende herausgefordert, über gute Lehre neu nachzudenken und neue, innovative Lehr- und Lernformen umzusetzen.

2. Beobachtung

Eine innovative Lösung für transformative Lehre, quasi ein „Prototyp Zukunft“ ganz im Sinne des Mottos der Tagung, ist ein neu entwickelter Studiengang an unserer Hochschule. In einem Lehr-Lernsetting des problem based learnings (PBL) (Reinmann & Mandl, 2006) in der Ausrichtung des project-based learnings (ebd.) werden Wissen und Schlüsselkompetenzen entwickelt, indem die Studierenden in Kleingruppen eine konkrete, alltagsnahe und für ihr Fach paradigmatische Problemstellung eigenverantwortlich erarbeiten und dabei zeitliche Rahmenbedingungen beachten. In dem hier betrachteten Modellstudiengang bestand das erste Semester aus einem einzigen disziplinübergreifendem und -verzahnendem Modul. Als Setting wurde eine Vorgehensweise gewählt, die an die aus der agilen Softwareentwicklung kommende Scrum-Methode (Scrum Guides) angelehnt ist, und in der die beteiligten Lehrenden in unterschiedlichen Rollen auftreten. Zu Beginn des Semesters wurde den Studierenden von den Lehrenden der Auftrag erteilt, ein intelligentes technisches System (ein handelsüblicher Rasenmäherroboter) in seiner Funktionsweise zu analysieren, um eine Grundlage für eine konzeptionelle Verbesserung vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit zu schaffen. Angelehnt an Scrum wurden die Auftrag stellenden Lehrenden als „Product Owner“ (PO) bezeichnet. Als Hilfestellung wurde der Gesamtauftrag von den PO in vier Teilaufträge (gemäß Scrum als „Sprints“ bezeichnet) unterteilt, die jeweils in drei Wochen zu erfüllen waren. Die Bearbeitung der Sprints sollte durch die Studierenden, aufgeteilt in drei Gruppen, innerhalb der jeweiligen Gruppe vollständig eigenständig organisiert und strukturiert werden. Am Ende eines jeden solchen Sprints wurden die Ergebnisse (als „Artefakte“ bezeichnet) je Gruppe präsentiert und durch die PO abgenommen.

Die für den Auftrag nötigen Grundlagenkenntnisse aus den einzelnen Disziplinen mussten eigenständig erarbeitet werden. Die Studierenden sollten ihr Lernen selbst strukturieren und organisieren. Dabei konnten sie je nach disziplinspezifischem Bedarf Lehrende, die als „Academic Coaches“ (AC) bezeichnet wurden, als Unterstützung anfordern.

Am Ende des Semesters wurden die erreichten Kompetenzen in verschiedenen Teilprüfungen abgefragt. Jede Disziplin wählte eine eigene Prüfungsform, um grundlegende Konzepte abzufragen. Weitere und disziplinübergreifende Kompetenzen wurden in einer Performanzprüfung geprüft: Innerhalb einer knappen Woche sollten die Studierenden in den Gruppen ein anderes intelligentes technisches System (ein handelsüblicher Saug-Wisch-Roboter) unter Zuhilfenahme der verschiedenen Disziplinen analysieren und die Ergebnisse am Ende in Form von Artefakten präsentieren.

3. Erwartungen und Fragestellungen

Durch das PBL-Setting und die konsequente Verzahnung der einzelnen Fachdisziplinen erhofften die an der Studie beteiligten Lehrenden von den Studierenden (analog der Erkenntnisse zu PBL-Settings im kleineren Maßstab, siehe beispielsweise Boelt et al., 2022, angepasst an das vorliegende Setting),

- dass sie selbst Fragen entwickeln und den Fachdisziplinen zuordnen,
- dass sie eigenständig Unterstützung der Academic Coaches anfordern,
- dass sie vernetztes Wissen erwerben,
- dass sie eigenständig Teilaufgaben ableiten und definieren, woran sie feststellen, dass diese erledigt sind, und die Ergebnisse dokumentieren,
- dass sie in Projektteams arbeiten und
- dass sie ihr Handeln und Lernen kontinuierlich reflektieren.

Für sich selbst erwarteten die Lehrenden,

- ein nötiges hohes Maß an Agilität und Spontaneität (vgl. Grant & Hill, 2006),

- einen positiven Erfahrungsaustausch und die Vernetzung zwischen den Lehrenden in wöchentlichen Treffen und
- eine große Nähe zu den Studierenden durch die veränderte Rolle der Lehrenden als Coaches.

Diese Hypothesen sollten nach der Erfahrung eines Semesters mit folgenden Fragen überprüft werden:

- 1) Welche Unterschiede gibt es für die Studierenden (aus deren Sicht) in einem solchen innovativen Konzept im Vergleich zum klassischen Studiengang, wo liegen Chancen und wo Herausforderungen?
- 2) Welche Unterschiede gibt es für die Lehrenden (aus deren Sicht) in einem solchen innovativen Konzept im Vergleich zum klassischen Studiengang, wo liegen Chancen und wo Herausforderungen?

4. Beteiligte

Die Fragestellungen wurden im Rahmen des Modellstudiengangs aus Sicht zweier klassischer Grundlagenmodule für Ingenieurwissenschaften (Werkstofftechnik und Mathematik) untersucht.

Das erste Semester wurde von 18 männlichen Studierenden besucht. Davon haben fünf zuvor in einem klassischen Studiengang studiert. Diese fünf waren für unsere Befragungen interessant. Vier davon haben an der Studie teilgenommen.

Außerdem waren an der Untersuchung drei Lehrende aus den zwei Grundlagenmodulen beteiligt: Für Mathematik und Werkstofftechnik zwei Professor*innen, sowie für Mathematik eine lehrende Person aus dem Kreis der wissenschaftlichen Mitarbeitenden (letztere war vorrangig an der Durchführung als AC beteiligt).

Die beiden ausgewählten Fächer mit den zugehörigen Lehrenden unterscheiden sich in einigen Aspekten.

Gemäß den Erfahrungen der Lehrenden unterscheidet sich der Zugang zur Disziplin. Während die Studierenden zur Werkstofftechnik einen recht intuitiven Zugang finden und einen Sinn darin sehen, das Fach zu lernen, wird in Mathematik eher eine Denkweise vermittelt, und je nach Art der Lehre taucht unter Studierenden die Frage „Wozu braucht man das?“ auf.

Die ausführenden Lehrenden der beiden Disziplinen unterschieden sich sowohl in ihrer Position (Werkstofftechnik: Professor*in; Mathematik: Wissenschaftliche*r Mitarbeiter*in) als auch in ihren Vorerfahrungen (Werkstofftechnik: flipped classroom; Mathematik: seminaristischer Unterricht).

Die Ausgestaltung der Rolle als AC fiel in den beiden Disziplinen unterschiedlich aus (zu den existierenden Typen siehe Kolmos et al., 2008). Während in Mathematik die (ausführende) lehrende Person eine dialogbasierte Rolle einnahm und regelmäßig den Lernprozess der Gruppe angestoßen hat, war die lehrende Person in Werkstofftechnik in beratender Funktion tätig und wurde nur auf ausdrücklichen Wunsch der Gruppe aktiv, den Studierenden standen aber – wie im klassischen Studiengang auch – die Lehrvideos auf YouTube zur Verfügung.

Durch die Zusammenstellung der beiden Fächer und ausführenden Lehrenden sollte ein rundes Gesamtbild auf die oben gestellten Fragen gefunden werden.

5. Methodisches Design

Die Fragestellungen wurden mithilfe von strukturierten Leitfadeninterviews untersucht. Diese beinhalteten Fragen zu Unterschieden, Chancen und Herausforderungen im Vergleich zum klassischen Studiengang. Die Studierenden beantworteten diese Fragen in Bezug auf sich selbst für den Modellstudien-

gang allgemein sowie für die beiden Fächer Werkstofftechnik und Mathematik. Die Lehrenden beantworteten diese Fragen in Bezug auf die Studierenden für den Modellstudiengang allgemein sowie in Bezug auf sich selbst für den Modellstudiengang allgemein und für das jeweilige eigene Fach.

6. Ergebnisse

Aus den Interviews ergaben sich folgende Ergebnisse zu den zwei Fragestellungen, die zusätzlich den oben formulierten Erwartungen und bereits existierenden Ergebnissen zum PBL gegenübergestellt werden.

Zu 1): Welche Unterschiede gibt es für die Studierenden (aus deren Sicht) in einem solchen innovativen Konzept im Vergleich zum klassischen Studiengang, wo liegen Chancen und wo Herausforderungen?

Alle Antworten der vier befragten Studierenden zum Modellstudiengang allgemein lassen sich in die Aspekte „Arbeit mit den Lehrenden“, „Arbeit unter den Studierenden“ und „Themen“ einteilen:

Als Unterschied und Chance in der „Arbeit mit Lehrenden“ werden mehr Interaktion mit den Lehrenden, eine andere Art der Interaktion (nämlich als Coaches) und eine größere Nähe zu den Lehrenden genannt. Diese Aspekte stimmen mit den Hoffnungen vor Start des Semesters überein und werden auch in anderen Untersuchungen zu PBL als motivierend aus der Sicht von Studierenden eingeschätzt (z.B. Jones et al., 2013).

Als Unterschied in der „Arbeit unter den Studierenden“ wird ausschließlich Gruppenarbeit genannt. Diese wird sowohl als Chance als auch als Herausforderung reflektiert. Eine Chance sehen die Studierenden darin, die Arbeit im Team und Teambuilding kennenzulernen. Herausforderungen seien das Management der Gruppenarbeit: Unterschiedlicher Wissensstand der Gruppenmitglieder, personelle Veränderungen in der Gruppe, und Entscheidungen zu treffen. Die Gruppenarbeit wurde in dem Ausmaß als Herausforderung von uns nicht erwartet, sie wurde allerdings beispielsweise in Pihl (2015) herausgearbeitet.

Was die Auswahl der „Themen“ anbelangt, sehen die Studierenden als Unterschiede und gleichzeitig Chancen eine stärkere Praxisnähe der Themen, die Möglichkeit, die Auswahl mitzugestalten, und eine stärkere Sinnhaftigkeit bzw. Spaß beim Lernen, passend zu Ergebnissen beispielsweise aus Jones et al. (2013). Außerdem werden Förderung der Kreativität und Softskills, passend zu Ergebnissen u.a. von Marra et al. (2022) sowie Servant-Miklos & Kolmos (2022), der Schwerpunkt Nachhaltigkeit und die Breite des erlangten Wissens als Chancen genannt. Schwierig finden die Studierenden die Balance zwischen fachlicher Tiefe und Breite.

Zusätzlich wird auch die nötige Agilität als Herausforderung genannt – das wurde nur für die Lehrenden, aber nicht für die Studierenden erwartet.

Konkret auf die beiden Fächer Werkstofftechnik und Mathematik bezogen finden sich die meisten der oben genannten Aspekte auch wieder. Zusätzlich wird auf das Lernsetting eingegangen: In der Werkstofftechnik wird das Konzept des flipped classrooms positiv hervorgehoben, in der Mathematik die bereitgestellten Übungsaufgaben. In beiden Fächern wird das fachliche Verständnis als Herausforderung angesehen, und die Befürchtung wird geäußert, dass nicht genügend fachliches Wissen und Grundlagen gelernt werden. Überraschenderweise gab es keine wesentlichen Unterschiede in den Antworten der Studierenden in Bezug auf Werkstofftechnik und Mathematik, was eigentlich aufgrund des unterschiedlichen Zugangs zum Stoff erwartet wurde.

Zu 2): Welche Unterschiede gibt es für die Lehrenden (aus deren Sicht) in einem solchen innovativen Konzept im Vergleich zum klassischen Studiengang, wo liegen Chancen und wo Herausforderungen?

Aus den Befragungen der drei Lehrenden (sowohl allgemein als auch zu den Disziplinen Werkstofftechnik und Mathematik) werden die Aspekte „Enger Austausch mit anderen Lehrenden“, „Neues lernen“ und „Neues ausprobieren“ positiv (als Chance) genannt. Dabei bezieht sich „Neues lernen“ sowohl auf Inhaltliches aus anderen Disziplinen und Querverbindungen zwischen den Disziplinen als auch auf Lernprozesse der Studierenden. Unter „Neues ausprobieren“ wird das innovative Lernsetting verstanden, das wiederum Auswirkungen auf die klassische Lehre haben kann.

Außerdem kristallisieren sich die Aspekte „Rolle als Coach“, „Motivierte Studierende“, „Agilität und Spontaneität“ und „Inhalte der eigenen Disziplin“ in der Zusammenarbeit mit Studierenden heraus.

Dabei werden alle Aspekte als Chance, aber die „Rolle als Coach“ und die nötige „Agilität und Spontaneität“ auch als Herausforderung gesehen (vgl. z.B. Müller, 2011). Insgesamt finden sich keine erkennbaren Unterschiede zwischen den Antworten der Lehrenden aus dem Kreis der wissenschaftlichen Mitarbeitenden und der Professor*innen.

Eine Herausforderung – und zwar auch wieder ähnlich in beiden Fächern – wird in der Wahl der Inhalte gesehen. Die im ersten Semester tatsächlich behandelten Inhalte unterschieden sich dabei teilweise von denen, die im klassischen Maschinenbau-Studium gelehrt werden.

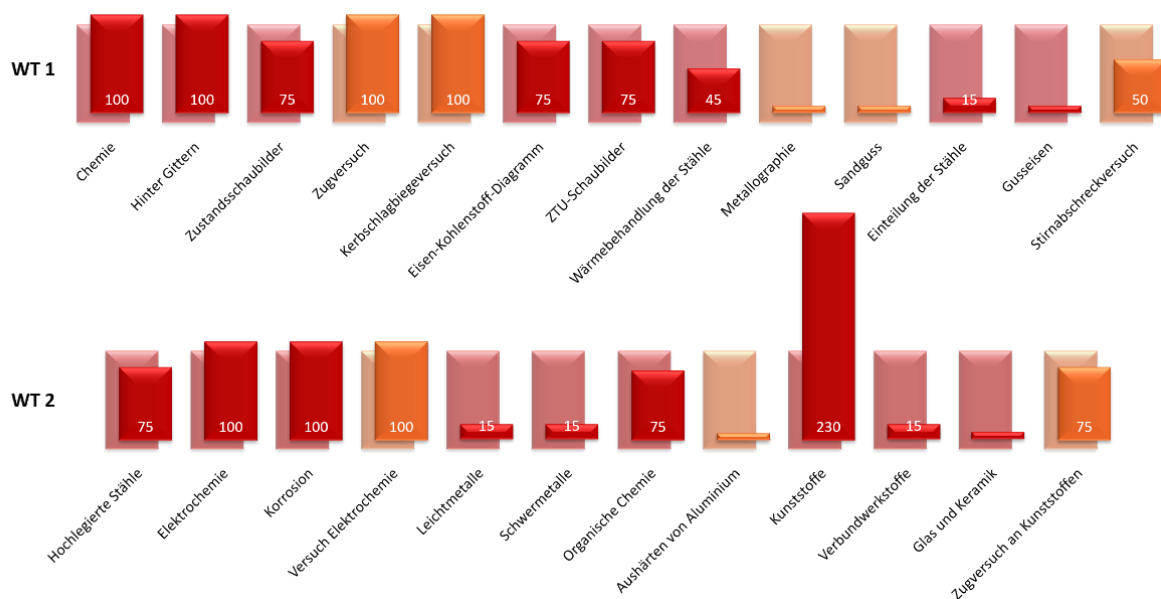


Abbildung 1: Vergleich der behandelten Inhalte in „Werkstofftechnik 1“ (WT 1) und „Werkstofftechnik 2“ (WT 2) im klassischen Studiengang (hintere Balken; 100%) und im Modellstudiengang (vordere Balken; Anteile in Prozent).

In der Werkstofftechnik werden etwa jeweils ein Drittel bis eine Hälfte der Themen von „Werkstofftechnik 1“ und „Werkstofftechnik 2“ im klassischen Studiengang abgedeckt; allerdings wird kontextbedingt das Thema „Kunststoffe“ sehr viel intensiver als im klassischen Maschinenbau-Studium behandelt (siehe Abbildung 1).

In der Mathematik werden rein mathematische Themen nur zu höchstens einem Viertel behandelt. Allerdings werden deutlich mehr Anwendungsthemen und Verknüpfungen mit dem intelligenten technischen System besprochen und geübt (siehe Abbildung 2).

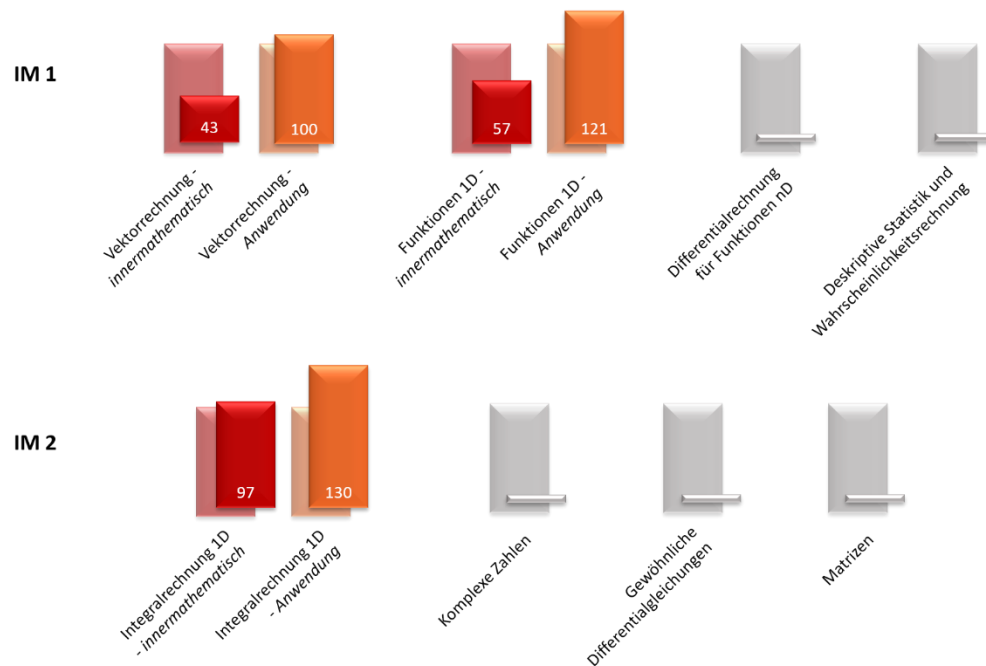


Abbildung 2: Vergleich der behandelten Inhalte in „Ingenieurmathematik 1“ (IM 1) und „Ingenieurmathematik 2“ (IM 2) im klassischen Studiengang (hintere Balken; 100%) und im Modellstudiengang (vordere Balken; Anteile in Prozent).

7. Austausch in einer größeren Öffentlichkeit

Mehrfache Anfragen von anderen Hochschulen lassen erkennen, dass ein hoher Bedarf an Austausch bezüglich des Modellstudiengangs gewünscht ist. Der Prozess soll weiterhin wissenschaftlich fundiert begleitet und öffentlich zugänglich gemacht werden. Insofern können die dargestellten Ergebnisse für alle interessant sein, die selbst Lehre transformativ gestalten wollen.

Die Ergebnisse sind stimmig im Vergleich zu Untersuchungen zu PBL an anderen Hochschulen. Feedback ist sowohl von Personen mit Erfahrung in ähnlichen Settings als auch von Personen, die dem gewählten Konzept kritisch gegenüberstehen, interessant.

8. Erkenntnisgewinn für die „commons“

Insgesamt wird der Modellstudiengang im Vergleich zu klassischen Studiengängen sowohl von Studierenden als auch von Lehrenden positiv reflektiert – allerdings ist ein „Hereinwachsen“ in die neuen Aufgaben und Rollen nötig. Dieses Hereinwachsen bringt einen positiven Veränderungsprozess sowohl für die Studierenden als auch für die Lehrenden mit, der durch die enge Zusammenarbeit von motivierten, neuen Ideen offen gegenüberstehenden Lehrenden möglich gemacht wurde. Dafür muss viel Zeit zur Verfügung gestellt werden.

Eine überraschende Erkenntnis aus den Befragungen war, dass die Studierenden besorgt sind, nicht den gleichen Umfang an Grundlagen verglichen mit Studierenden in klassischen Studiengängen zu lernen. Dieser Sorge muss man im nächsten Semester verstärkt begegnen, und man muss überlegen, wie man das bei der nächsten Kohorte von Beginn an thematisiert.

Der Modellstudiengang kann als Blaupause für andere ingenieurwissenschaftliche Studiengänge genutzt werden und auch auf andere Fachgebiete adaptiert werden.

Literaturverzeichnis

- Boelt, A. M., Kolmos, A., & Holgaard, J. E. (2022). Literature review of students' perceptions of generic competence development in problem-based learning in engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 47(6), 1399–1420. <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2074819>.
- Derboven, W., & Winker, G. (2010). „Tausend Formeln und dahinter keine Welt“. Eine geschlechtersensitive Studie zum Studienabbruch in den Ingenieurwissenschaften. *Beiträge zur Hochschulforschung*, 32(1), 56–78.
- Grant, M. M., & Hill, J. R. (2006). *Weighing the risks with the rewards: Implementing student-centered pedagogy within high-stakes testing*. In R. G. Lambert and C. J. McCarthy (Eds.), *Understanding teacher stress in an age of accountability*, 19–42. Greenwich, CT: Information Age Press.
- Heublein, U. (2014). Student Drop-out from German Higher Education Institutions. *European Journal of Education*, 49, 497–513. <https://doi.org/10.1111/ejed.12097>.
- Jones, B. D., Epler, C. M., Mokri, P., Bryant, L. H., & Paretto, M. C. (2013). The effects of a collaborative problem-based learning experience on students' motivation in engineering capstone courses. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 7(2), 34–71. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1344>.
- Kirchherr, J., Klier, J., Lehmann-Brauns, C., & Winde, M. (2018). Future Skills: Welche Kompetenzen in Deutschland fehlen (Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft & McKinsey, Hrsg.). *Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V.* Stand vom 14.02.2023. <http://www.future-skills.net/download/file/fid/118>.
- Kolmos, A., Du, X., Holgaard, J. E., & Jensen, L. P. (2008). Facilitation in a PBL-environment. *UCPBL UNESCO Chair in Problem Based Learning*.
- Marra, R. M., Hacker, D. J., & Plumb, C. (2022). Metacognition and the development of self-directed learning in a problem-based engineering curriculum. *Journal of Engineering Education*, 111(1), 137–161. <https://doi.org/10.5278/ojs.jpblhe.v9i2.6620>.
- Meinefeld, W. (2007). Studienabbruch und Studienfachwechsel in der Soziologie: Ein Blick hinter die Zahlen. *Soziologie*, 36, 45–62. <https://doi.org/10.1007/s11617-007-0249-7>.
- Müller, C. (2011). Implementation von Problem-based Learning – institutionelle Bedingungen und Anforderungen. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 6(3), 111–127. <https://doi.org/10.21256/zhaw-3968>.
- Pihl, O. (2015). Hidden realities inside PBL design processes: Is consensus design an impossible clash of interest between the individual and the collective, and is architecture its first victim. *Journal of Problem-Based Learning in Higher Education*, 3(1), 20–45. <https://doi.org/10.5278/ojs.jpblhe.v3i1.1201>.
- Reinmann, G., & Mandl, H. (2006). *Unterrichten und Lernumgebungen gestalten*. In: A. Krapp & Weidenmann, B. (Ed.): *Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch* (5th ed., 613–658). Weinheim und Basel: Beltz PVU.
- Scrum Guides. <https://scrumguides.org/>.
- Servant-Miklos, V. F. C., & Kolmos, A. (2022). Student conceptions of problem and project based learning in engineering education: A phenomenographic investigation. *Journal of Engineering Education*, 111(4), 792–812. <https://doi.org/10.1002/jee.20478>.
- Winde, M., & Schröder, J. (2016). Hochschulbildung für die Arbeitswelt 4.0 (Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., Hrsg.) (Hochschul-Bildungs-Report 2020). *Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V.* Stand vom 14.02.2023. <https://www.stifterverband.org/download/file/fid/1720>.