

Uta MOHRING¹, Christoph JACOBI & Kai FURMANS (Karlsruhe)

Kompetenzorientiertes Lehren und Prüfen in den Ingenieurwissenschaften: Lehrkonzept der Veranstaltung Materialfluss in Logistiksystemen

Zusammenfassung

Der Beitrag stellt das Lehrkonzept einer Wahlpflichtveranstaltung der Bachelor- und Masterstudiengänge Maschinenbau, Mechatronik und Wirtschaftsingenieurwesen mit ca. 30 Studierenden pro Jahrgang vor. Das Lehrkonzept hat zum Ziel, dass Studierende Kompetenzen zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Probleme durch die selbstständige Bearbeitung offener Fragestellungen nach wissenschaftlichen Standards erwerben. Hierzu werden Elemente des *Constructive Alignment*, des *Inverted Classroom* und des kompetenzorientierten Prüfens kombiniert. Lehr-evaluationen und studentisches Feedback bestätigen, dass die Ziele des Lehrkonzepts erreicht werden und die Studierenden berufliche Handlungskompetenz erwerben.

Schlüsselwörter

Constructive Alignment, Inverted Classroom, Kompetenzorientiertes Prüfen, Offene Fragestellungen, Kolloquium

¹ E-Mail: mohring@kit.edu



Competence-oriented teaching and examination in engineering: Teaching concept of the course Material Flow in Logistics Systems

Abstract

The paper presents the teaching concept of an elective course in the bachelor's and master's programs of Mechanical Engineering, Mechatronics, and Industrial Engineering, which enrolls approx. 30 students per year. The vision of the teaching concept is that the students should acquire competencies for solving engineering problems by working autonomously on open-ended questions according to scientific standards. To this end, the teaching concept combines elements of constructive alignment, inverted classroom and competence-oriented examinations. Teaching evaluations and student feedback confirm that the teaching concept achieves its aim and that the students gain employability.

Keywords

constructive alignment, inverted classroom, competence-oriented examination, open-ended questions, colloquium

1 Einleitung

Der Beitrag stellt ein Lehrkonzept vor, dessen Ziel es ist, dass Studierende der Ingenieurwissenschaften des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) Kompetenzen für die effektive Planung und den effizienten Betrieb der zukünftigen Logistiksysteme erwerben. Den Kern des Lehrkonzepts bildet die selbstständige Bearbeitung offener Fragestellungen sowie die Prüfung der hierdurch erworbenen Kompetenzen, also die „kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (WEINERT, 2014, S.27). Mit dem Lehrkonzept wird die These vertreten, dass Studierende durch die selbstständige Bearbeitung offener Fragestellungen nach wissenschaftlichen Standards Kompeten-

zen zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Probleme erwerben. Offene Fragestellungen zeichnen sich dadurch aus, dass keine eindeutige bzw. eindeutig richtige Lösung existiert. Folglich umfasst eine tragfähige Lösung einer offenen Fragestellung die begründete Auswahl und Anwendung eines geeigneten Lösungsansatzes sowie die kritische Diskussion anderer denkbare Lösungsansätze. Unsere Erfahrung aus der industriellen und wissenschaftlichen Praxis zeigt, dass die Fähigkeit, tragfähige Lösungen offener Fragestellungen erarbeiten und diskutieren zu können, ein wesentlicher Erfolgsfaktor der *employability*, der beruflichen Handlungskompetenz (WILDT & WILDT, 2011, S.5), darstellt. Die Umgestaltung der Lehrveranstaltung ist insbesondere durch die anhaltende Diskussion um den Paradigmenwechsel *shift from teaching to learning* (BARR & TAGG, 1995) sowie die Forderung der aktiven Einbindung und partizipativen Mitgestaltung der Studierenden an Lehrveranstaltungen (SPANNAGEL & FREISLEBEN-TEUTSCHER, 2016) getrieben.

Im vorgestellten Lehrkonzept sind die Lehr- und Lernmethoden sowie die Prüfungen nach dem *Constructive Alignment* (BIGGS & TANG, 2007, S. 52f.) auf die angestrebten Lernziele abgestimmt (vgl. Abb. 1). Daher werden im Folgenden zunächst die Lernziele definiert (Abschnitt 2) und hieraus die Lehrmethode (Abschnitt 3) und die kompetenzorientierten Prüfungen (Abschnitt 4) abgeleitet. In Abschnitt 5 werden die Evaluationsergebnisse der Lehrveranstaltung vorgestellt und eingeordnet. Abschnitt 6 fasst die Erkenntnisse zusammen.

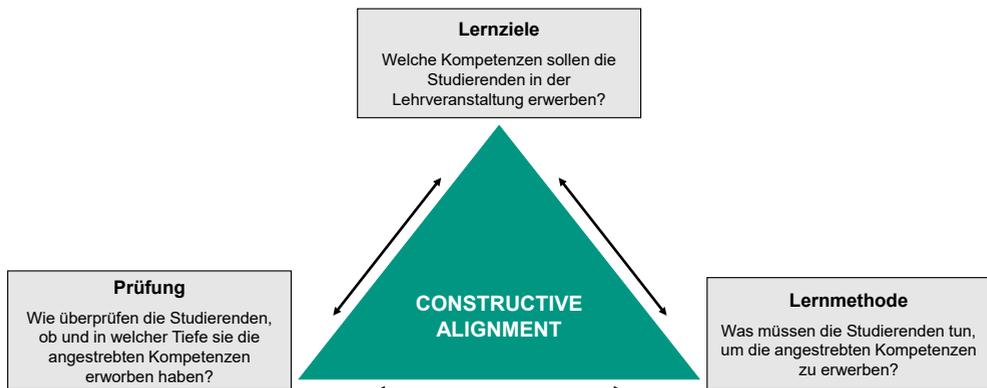


Abb. 1: Constructive Alignment (in Anlehnung an BIGGS & TANG, 2007, eigene Darstellung)

2 Lehrveranstaltung und Lernziele

Die Lehrveranstaltung „Materialfluss in Logistiksystemen“ des Instituts für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) ist eine Wahlpflichtveranstaltung im Vertiefungsstudium der Bachelor- und Masterstudiengänge Maschinenbau, Mechatronik und Wirtschaftsingenieurwesen des KIT, die in jedem Jahrgang etwa 30 Studierende belegen.

Materialflusssysteme finden sich in nahezu allen Bereichen von Produktions- und Logistiksystemen, z. B. in der Automobilindustrie, einem Distributionszentrum für E-Commerce oder dem Lagerbereich eines Supermarktes. Allen Anwendungen ist gemein, dass konzeptionelle Fragestellungen nach Ablauf und Gestaltung der Prozesse und deren Kostenwirksamkeit mit Forderungen nach kurzen Durchlaufzeiten und niedrigen Beständen einhergehen. In der Materialflusslehre werden die real oft komplexen Materialflusssysteme in vereinfachte Modelle überführt und auf diese Weise Lösungen für praktische Probleme entwickelt (ARNOLD & FURMANS, 2019, S. 2f.). Hierzu zählen z. B. die Auslegung von Fördersystemen und Pufferplätzen in einer Produktion, die Auswahl passender technischer Systeme zur Lagerung und Transport von Gütern sowie die Berechnung der Leistungsfähigkeit dieser Systeme.

Die Lehrveranstaltung verfolgt das Ziel, dass Studierende Kompetenzen erwerben, um Materialflusssysteme planen, analysieren, simulieren und (eingeschränkt) bauen und betreiben zu können. Hierzu werden folgende Lernziele definiert: „Nach erfolgreichem Abschluss der Lehrveranstaltung können Sie alleine und im Team:

- Fachkundigen ein Materialflusssystem zutreffend beschreiben,
- die Systemlast und die typischen Materialflusselemente modellieren und parametrieren,
- hieraus ein Materialflusssystem für eine Aufgabe konzipieren,
- die Leistungsfähigkeit einer Anlage in Bezug auf die Anforderungen qualifiziert beurteilen,
- die wichtigsten Stellhebel zur Beeinflussung der Leistungsfähigkeit gezielt verändern,
- die Grenzen der heutigen Methoden und Systemkomponenten konzeptionell bei Bedarf erweitern.“

Die Definition der Lernziele orientiert sich an der Lerntaxonomie nach Bloom (BLOOM et al., 1972, und ANDERSON et al., 2001) und adressiert unterschiedliche Stufen der erworbenen Kompetenzen. Die Grundlage bildet der sachgemäße Gebrauch der Fachsprache, damit die Studierenden in der Lage sind, mit anderen Experten über Materialflusssysteme zu diskutieren. Weiterhin sollen die Studierenden in der Lage sein, einzelne technische Bestandteile von Materialflusssystemen so zu parametrieren, dass diese die geplante Systemlast bewerkstelligen können, um hieraus eine gesamte Anlage für eine Materialflussaufgabe zu konzipieren. Umgekehrt muss eine gegebene Anlage in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit analysiert und beurteilt werden können. Sollte diese Beurteilung nicht zufriedenstellend ausfallen, sollen die Studierenden in der Lage sein, die Leistungsfähigkeit gezielt zu beeinflussen. Da sich sowohl die Anforderungen als auch die technischen Möglichkeiten stetig weiterentwickeln, sollen die Studierenden zuletzt in der Lage sein, die Grenzen der heutigen Systeme und Methoden zu erkennen und selbstständig zu erweitern.

3 Lehrmethode

Die Lehrmethode orientiert sich am Konzept des *Inverted Classroom*, dessen Kern es ist, die Rollen und Lernaktivitäten inner- und außerhalb des Hörsaals im Vergleich zur konventionellen Lehre umzudrehen: In der Lernphase eignen sich die Studierenden zunächst selbstständig die Lerninhalte an, die in der anschließenden Vertiefungsphase gemeinsam mit dem Lehrenden vertieft und angewendet werden. Der Fokus liegt hierbei auf einer aktiven Beteiligung und einer partizipativen Mitgestaltung der Studierenden an der Präsenzveranstaltung (LAGE et al., 2000, und SPANNAGEL, 2013).

Die Lerninhalte der Veranstaltung werden in fünf thematische Blöcke unterteilt, die aufeinander aufbauend nacheinander behandelt werden. Jeder Themenblock ist in eine Lern- und eine Vertiefungsphase untergliedert. In der Lernphase erarbeiten sich die Studierenden die Lerninhalte im *Selbststudium* asynchron, ortsunabhängig, individuell, selbstgesteuert, in eigenem Lerntempo und mit individueller Lernstrategie anhand der bereitgestellten Lehrmaterialien. In der anschließenden Vertiefungsphase wird das erlernte Wissen im Rahmen einer *Präsenzveranstaltung* gemeinsam mit den Lehrenden interaktiv anhand von Übungsaufgaben vertieft und erstmalig

auf realitätsnahe offene Fragestellungen angewandt. Die Präsenzveranstaltung bereitet die Studierenden auf die sich anschließende selbstständige *Bearbeitung einer Fallstudie* in Gruppen vor. Abb. 2 gibt einen Überblick über die Lehrmethode, deren didaktische Bausteine im Folgenden im Einzelnen vorgestellt werden.

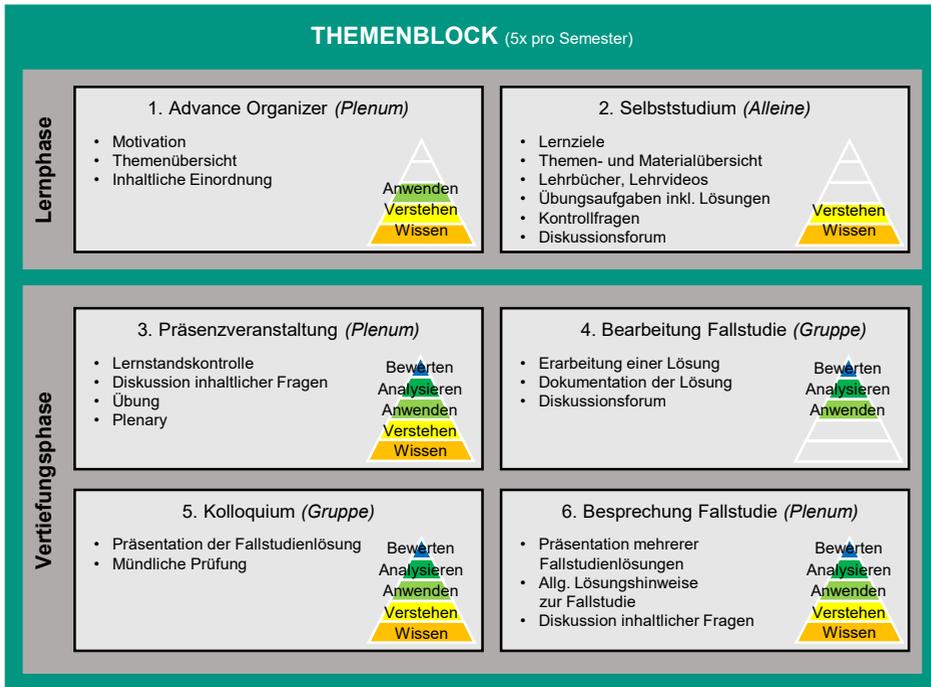


Abb. 2: Didaktische Bausteine der Lehrmethode

3.1 Advance Organizer

Der Themenblock beginnt mit einem Advance Organizer (AUSUBEL, 1974), der einen ersten inhaltlichen Überblick über den Themenblock gibt. Ausgehend vom Advance Organizer stellen die Lehrenden im Plenum die wesentlichen Lerninhalte des Themenblocks vor, setzen diese zu den Lerninhalten der anderen Themenblöcke in Bezug und zeigen anhand einiger konkreter Anwendungsbeispiele die Relevanz der theoretischen Lerninhalte in der Praxis auf.

3.2 Selbststudium

Während des einwöchigen Selbststudiums erarbeiten sich die Studierenden selbstständig die Lerninhalte des Themenblocks. Hierfür werden themenblockspezifische Lernziele definiert und Lehrbücher, Lehrvideos sowie eine strukturierte Themen- und Materialübersicht zur Verfügung gestellt. Mithilfe von Kontrollfragen können die Studierenden während der Lernphase selbstständig die Erreichung der Lernziele überprüfen. Eine Sammlung von Übungsaufgaben mit Lösungswegen ermöglicht es den Studierenden, das erworbene Wissen erstmalig anzuwenden. Ein Diskussionsforum auf einer digitalen Lernplattform bietet den Studierenden die Möglichkeit, während des Selbststudiums Fragen mit Mitstudierenden und Lehrenden zu diskutieren.

3.3 Präsenzveranstaltung

Die Präsenzveranstaltung dient der gemeinsamen und interaktiven Vertiefung und Anwendung des im Selbststudiums erworbenen Wissens. Zunächst wird im Rahmen der *Lernstandskontrolle* der aktuelle Wissensstand anhand ausgewählter Multiple-Choice-Fragen überprüft. Die Lehrenden identifizieren so die inhaltlichen Lücken der Studierenden und können auf diese im Folgenden schwerpunktmäßig eingehen.

Der Fokus der anschließenden Übung liegt auf der Vertiefung und Einübung des „Handwerkszeugs“ des Themenblocks. Die Studierenden bearbeiten selbstständig – in Einzelarbeit oder in Gruppen – Übungsaufgaben unterschiedlichen Schwierigkeitsgrads, die überwiegend die Stufen „Wissen“, „Verstehen“ und „Anwenden“ der Lerntaxonomie nach Bloom adressieren. Die Lehrenden unterstützen die Studieren-

den je nach individuellem Bedarf und besprechen die Lösungen der Übungsaufgaben anschließend gemeinsam im Plenum.

Im anschließenden *Plenary* werden erstmals realitätsnahe offene Fragestellungen des Themenblocks thematisiert. Die Studierenden erwerben die zu deren Lösung notwendigen Problemlösungskompetenzen und wenden diese erstmalig an. Hierzu bearbeiten die Studierenden selbstständig – in Einzelarbeit oder in Gruppen – Aufgaben mit offener Fragestellung der Stufen „Anwenden“, „Analysieren“ und „Bewerten“ der Lerntaxonomie nach Bloom. Die Lehrenden unterstützen die Studierenden je nach individuellem Bedarf. Die Studierenden tragen ihre unterschiedlichen Lösungsansätze und Ergebnisse anschließend im Plenum zusammen, um diese gemeinsam zu diskutieren und einzuordnen.

3.4 Bearbeitung der Fallstudie

Nach der Präsenzveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, die Lerninhalte des Themenblocks im Rahmen einer Fallstudie auf realitätsnahe offene Fragestellungen zu übertragen und für diese tragfähige Lösungen zu entwickeln. Die Fallstudie wird in Gruppen von jeweils 4–5 Studierenden bearbeitet. Die Studierenden erarbeiten gruppenindividuelle Fallstudienlösungen, die in Abhängigkeit von der konkreten Aufgabenstellung die getroffenen Annahmen, den gewählten Lösungsansatz, dessen Anwendung auf die betrachtete Fragestellung sowie die Ergebnisse und die daraus resultierenden Implikationen umfassen. Die Studierenden werden hierbei durch ein Diskussionsforum auf der digitalen Lernplattform unterstützt. Dort können Fragen zur Fallstudie mit Mitstudierenden und Lehrenden diskutiert werden. Die erarbeitete Fallstudienlösung muss bis zu einem festgelegten Termin abgegeben werden und ist Teil der Prüfungsleistung (vgl. Abschnitt 4.1).

3.5 Kolloquium

Das Kolloquium findet in den Fallstudiengruppen statt. Zunächst stellen die Studierenden in einer fünfminütigen Kurzpräsentation ihre erarbeitete Fallstudienlösung vor, die Teil der Prüfungsleistung ist (vgl. Abschnitt 4.1). Anschließend werden die Studierenden in einer halbstündigen Gruppenprüfung zu den Lerninhalten des Themenblocks geprüft (vgl. Abschnitt 4.2).

3.6 Besprechung der Fallstudie

Der Themenblock wird mit der Besprechung der Fallstudie abgeschlossen. Um die Bandbreite möglicher Lösungsansätze aufzuzeigen und zu diskutieren, präsentieren ausgewählte Gruppen ihre Fallstudienlösung im Plenum. Bei Bedarf ergänzen die Lehrenden allgemeine Lösungshinweise und thematisieren ausgewählte Aspekte der Fallstudie nochmals im Detail. Außerdem werden die verbliebenen offenen Fragen beantwortet.

4 Prüfungsleistungen

Die Studierenden sollen in der Lehrveranstaltung Fachwissen und Methodenkompetenzen erwerben, um alleine und im Team tragfähige Lösungsansätze für offene Fragestellungen erarbeiten und diskutieren zu können. Um diese Kompetenzen vollständig zu prüfen, setzt sich die Prüfungsleistung aus folgenden Teilleistungen zusammen:

- Teilleistung Fallstudien (40 % der Prüfungsleistung),
- Teilleistung mündliche Prüfungen (20 % der Prüfungsleistung),
- Teilleistung Abschlussfallstudie (40 % der Prüfungsleistung).

Bei der Konzeption der Teilleistungen wird sichergestellt, dass diese die Gütekriterien einer Prüfung nach METZGER und NÜESCH (2004, S.6) erfüllen. Das Kriterium der *Validität* stellt sicher, dass die Prüfung das beurteilt, was sie zu beurteilen vorgibt. Hierzu zählt, dass die Prüfung die Lernziele repräsentativ abdeckt (Inhaltsvalidität) und dass mithilfe der Prüfungsaufgaben gültige Rückschlüsse auf den Ausprägungsgrad der im Lernziel beschriebenen Kompetenzen möglich sind (Konstruktvalidität). Das Kriterium der *Zuverlässigkeit* formuliert den Anspruch, dass die erbrachte Prüfungsleistung fehlerfrei erfasst wird. Hierzu zählt die sorgfältige Auswahl und Zusammensetzung der Prüfungsaufgaben zu einer Prüfung mittleren Schwierigkeitsgrads (Reliabilität). Außerdem darf das Verhalten der Prüfenden während der Prüfung keinen Einfluss auf das Prüfungsergebnis haben (Durchführungsobjektivität) und die Zuteilung der Punkte zu den Antworten muss unabhängig von den Prüfenden sein (Auswertungsobjektivität). Das Kriterium der

Ökonomie stellt sicher, dass der Nutzen einer Prüfung in vertretbarem Rahmen zu dessen Aufwand steht und das Kriterium der *Chancengleichheit* fordert die Gleichwertigkeit der Prüfungen aller Prüflinge.

4.1 Teilleistung Fallstudien

Die Teilleistung Fallstudien setzt sich aus fünf Einzelleistungen Fallstudie – eine je Themenblock – zusammen. Die Bewertung der Teilleistung Fallstudien entspricht dem arithmetischen Mittel der Bewertungen der besten vier der fünf erbrachten Einzelleistungen. Der Fokus der Einzelleistung Fallstudie liegt auf der Überprüfung der erworbenen Fach- und Methodenkompetenzen zur Erarbeitung tragfähiger Lösungsansätze für realitätsnahe offene Fragestellungen des jeweiligen Themenblocks im Team. Sie umfasst die in der Gruppe erarbeitete Fallstudienlösung und deren Präsentation im Kolloquium. Mit dieser Teilleistung wird sichergestellt, dass sich die Studierenden in der Vertiefungsphase intensiv mit der Anwendung des erworbenen Wissens auf offene Fragestellungen des jeweiligen Themenblocks auseinandersetzen.

4.1.1 Konzeption

Die Aufgabenstellungen der Fallstudien werden basierend auf den themenblock-spezifischen Lernzielen (Inhaltsvalidität) konzipiert. Hierbei ist darauf zu achten, dass die einzelnen Aufgaben der Fallstudie unterschiedliche Stufen der Lerntaxonomie nach Bloom abdecken (Reliabilität). Dies wird durch mehrere aufeinander aufbauende und sich hinsichtlich des Schwierigkeitsgrads steigernde Teilaufgaben erreicht. Weiterhin sind die Aufgaben so ausgewählt, dass über die verschiedenen didaktischen Bausteine eines Themenblocks hinweg alle themenblock-spezifischen Lernziele gleichmäßig abgedeckt werden (Konstruktvalidität). Bei der Erstellung der Fallstudie werden verschiedene Lösungsansätze für die einzelnen Aufgaben (Inhaltsvalidität) entwickelt und dokumentiert und die aufgabenspezifischen Punkteschemata festgelegt (Auswertungsobjektivität). Zur Bewertung der Einzelleistung Fallstudie werden mehrere prüfungsform-spezifische Bewertungsschemata eingesetzt (vgl. Abb. 3 und 4), um eine objektive Bewertung der erbrachten Leistungen sicherzustellen (Auswertungsobjektivität).

4.1.2 Bewertung

Die Bewertung der Einzelleistung Fallstudie setzt sich aus der Bewertung der *Fallstudienlösung* (75 % der Einzelleistung Fallstudie) und der *Präsentation der Fallstudienlösung* (25 % der Einzelleistung Fallstudie) zusammen.

In den Gruppenabgaben der Fallstudienlösungen werden die Korrektheit, Vollständigkeit und Nachvollziehbarkeit des dargestellten Lösungsansatzes bewertet. Da es sich bei den Aufgabenstellungen der Fallstudie um offene Fragestellungen handelt, liegt der Fokus der Bewertung auf dem gewählten Lösungsansatz und der kritischen Auseinandersetzung mit den gefundenen Ergebnissen. Im Einzelnen werden die begründete Auswahl eines geeigneten Modells, dessen konsistente Parametrierung und nachvollziehbare Anwendung auf die betrachtete Problemstellung, die Korrektheit der berechneten Ergebnisse sowie deren kritische Diskussion beurteilt. Zudem muss Fremdwissen nach wissenschaftlichen Standards gekennzeichnet sein. Für jede Gruppenabgabe werden der individuelle Lösungsweg sowie die individuelle Argumentation nachvollzogen, etwaige Folgefehler berücksichtigt und anteilig Punkte vergeben. Die Bewertung erfolgt basierend auf dem Bewertungsschema der Fallstudienlösung (vgl. Abb. 3) und den aufgabenspezifischen Punkteschemata. In der Präsentation der Fallstudienlösung werden Aufbau und Inhalt des Vortrags, Darstellung und Aufbereitung der Inhalte sowie der Vortragsstil bewertet. Außerdem ist darauf zu achten, dass sich die Studierenden die Vortragsinhalte gleichmäßig untereinander aufteilen und die vorgegebene Vortragsdauer einhalten. Das Bewertungsschema der Präsentation der Fallstudienlösung ist in Abb. 4 dargestellt. Jedes Bewertungskriterium wird mit einer Punktzahl zwischen 0 und 6 Punkten bewertet. Alle Bewertungsschemata werden den Studierenden transparent gemacht.

Bewertungskriterium	Beobachtungsanker		
	unzureichend	befriedigend	gut
Auswahl eines geeigneten Modells / Methode	- Ungeeignetes Modell ohne konsistente Begründung gewählt	- Ungeeignetes Modell ausgewählt, jedoch konsistent begründet - Geeignetes Modell gewählt, dies aber nicht begründet	- Es wird ein geeignetes Modell gewählt und dessen Wahl nachvollziehbar und schlüssig begründet
Parametrisierung des Modells / der Methode	- In der Aufgabenstellung gegebene Werte werden den Modellparametern falsch zugeordnet - Die Wahl nicht gegebener Parameter wird nicht oder nicht nachvollziehbar begründet oder ist inkonsistent zum betrachteten Anwendungsfall - In der Aufgabenstellung gegebene Informationen werden nicht genutzt und dafür neue Werte "erfunden" - Bei der Recherche nach fehlenden Daten und Parametern werden unseriöse oder nicht zugängliche Quellen verwendet	- Teilweise korrekte Parametrisierung des Modells - Teilweise nicht nachvollziehbare / nicht konsistente Begründung der Parameterwahl - Mindestens eine nicht seriöse oder nicht zugängliche Quelle genutzt	- Konsistente Parametrisierung des Modells aus den in der Aufgabenstellung gegebenen Werten - Die Wahl nicht explizit angegebener Parameter wird nachvollziehbar begründet und ist konsistent zum betrachteten Anwendungsfall - Es werden seriöse und allgemein zugängliche Quellen verwendet
Anwendung des Modells / der Methode	- Die Vorgehensweise zur Anwendung des Modells kann nicht nachvollzogen werden	- Die Vorgehensweise zur Anwendung des Modells kann nur teilweise oder schwer nachvollzogen werden	- Die Vorgehensweise zur Anwendung des Modells ist nachvollziehbar dargestellt bzw. dargelegt
Ergebnisse	- Wesentliche Kenngrößen sind falsch berechnet - Die Einheiten der berechneten Kenngrößen fehlen oder sind falsch	- Kenngrößen teilweise korrekt berechnet - Mindestens eine Einheit nicht korrekt berechnet / nicht angegeben	- Kenngrößen sind korrekt berechnet - Zu allen Kenngrößen sind konsistente Einheiten angegeben
Diskussion / Interpretation der Ergebnisse	- Die Ergebnisse werden nicht oder nicht nachvollziehbar diskutiert - Die Diskussion ist inkonsistent zu den Ergebnissen - Die aufgeführten Punkte widersprechen wissenschaftlichen Erkenntnissen oder physikalischen Gesetzen - Wesentliche Aspekte werden nicht aufgegriffen	- Die Ergebnisse werden nur einseitig diskutiert, wesentliche Erkenntnisse werden nicht aufgegriffen - Es werden weniger wichtige Aspekte zu ausführlich oder wichtige Aspekte nur oberflächlich diskutiert - Die Diskussion ist teilweise inkonsistent zu den Ergebnissen	- Die Ergebnisse werden nachvollziehbar diskutiert - Die relevanten Aspekte werden prägnant diskutiert - Die Diskussion ist konsistent zu den Ergebnissen - Es werden Aspekte aufgegriffen, die über den Inhalt der Aufgabenstellung hinausreichen
Kennzeichnung fremden Gedankenguts	- Fremdwissen wird ungekennzeichnet verwendet	- Fremdwissen ist nicht nach wissenschaftlichen Standards gekennzeichnet	- Fremdwissen ist nach wissenschaftlichen Standards gekennzeichnet

Abb. 3: Bewertungsschema der Fallstudienlösung

Bewertungskriterium	Beobachtungsanker		
	unzureichend (0 - 2 Punkte)	befriedigend (3 - 4 Punkte)	gut (5 - 6 Punkte)
Aufteilung in der Gruppe	<ul style="list-style-type: none"> - Zeitlich ungleichmäßige Aufteilung unter Gruppenmitgliedern - Vortragende unterbrechen oder korrigieren sich gegenseitig, keine oder unschöne Übergänge zwischen den Vortragenden - Gesamtvortrag wirkt nicht aus einem Guss 	Nur 1-2 der Beobachtungsanker sind erfüllt	<ul style="list-style-type: none"> - Zeitlich gleichmäßige Aufteilung unter den Gruppenmitgliedern - Vortragende treten als Team auf, gute Übergänge zwischen den Vortragenden - Gesamtvortrag wirkt wie aus einem Guss
Vortragsstil	<ul style="list-style-type: none"> - Vortragende sprechen undeutlich und in einer unangemessenen Lautstärke - Auftreten, Bewegung und Gestik der Vortragenden wirken unruhig oder unkonzentriert - Vortragende suchen keinen Blickkontakt zur Zuhörerschaft - Vortrag wird nicht frei gehalten 	Nur 2-3 der Beobachtungsanker sind erfüllt	<ul style="list-style-type: none"> - Vortragende sprechen deutlich und in angemessener Lautstärke - Auftreten, Bewegungen und Gestik wirken ruhig und konzentriert - Vortragende suchen den Blickkontakt der Zuhörerschaft - Vortrag wird frei gehalten
Darstellung	<ul style="list-style-type: none"> - Struktur der Präsentationsfolien ist nicht erkennbar, nicht logisch und uneinheitlich - Gesprochenes Wort wird nicht durch sinnvolle Bilder, Grafiken und Tabellen ergänzt, abgebildete Bilder, Grafiken und Tabellen bleiben unerwähnt - Bilder, Grafiken und Tabellen sind schwer lesbar und haben eine geringe Qualität - Textmenge ist unangemessen - Schriftart, -größe und Farben behindern die Lesbarkeit 	Nur 3-4 der Beobachtungsanker sind erfüllt	<ul style="list-style-type: none"> - Präsentationsfolien sind klar, logisch und einheitlich strukturiert - Bilder, Grafiken und Tabellen ergänzen das gesprochene Wort sinnvoll - Bilder, Grafiken und Tabellen sind lesbar und haben eine hohe Qualität - Textmenge ist angemessen - Schriftart, -größe und Farben erhöhen die Lesbarkeit
Aufbau und Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Zentrale Punkte der Fallstudie bleiben unerwähnt, nebensächlichen Details wird zu viel Raum gewährt - Vortrag ist unstrukturiert, es ist schwer, dem Vortrag zu folgen 	<ul style="list-style-type: none"> - Zentrale Punkte der Fallstudie werden teilweise angemessen dargestellt - Vortragsstruktur ist teilweise unklar 	<ul style="list-style-type: none"> - Zentrale Punkte der Fallstudie werden nachvollziehbar beschrieben - Vortrag ist klar strukturiert und fördert dadurch das Verständnis
Zeiteinhaltung	<ul style="list-style-type: none"> - Vortragende unter-/ überschreiten das vorgegebene Zeitlimit deutlich - Vortragende referieren schnell und hektisch, aufgrund des Zeitdrucks bleiben wesentliche Inhalte unklar bzw. werden nicht dargestellt 	<ul style="list-style-type: none"> - Vortragende unter-/ überschreiten das vorgegebene Zeitlimit leicht - Vortragende referieren ruhig, einige Inhalte bleiben aufgrund des Zeitdrucks unklar oder werden zu kurz dargestellt 	<ul style="list-style-type: none"> - Vortragende nutzen die zur Verfügung stehende Zeit exakt - Vortragende referieren ruhig und haben ausreichend Zeit, um die Inhalte umfassend darstellen zu können

Abb. 4: Bewertungsschema der Präsentation der Fallstudienlösung

4.2 Teilleistung mündliche Prüfungen

Die Teilleistung mündliche Prüfungen setzt sich aus fünf Einzelleistungen mündliche Prüfung – eine mündliche Prüfung je Themenblock – zusammen. Die Bewertung der Teilleistung mündliche Prüfungen entspricht dem arithmetischen Mittel der Bewertungen der besten vier der fünf erbrachten Einzelleistungen mündliche Prüfung. Die Einzelleistung mündliche Prüfung konzentriert sich auf die Prüfung des erworbenen Fachwissens. Diese Teilleistung stellt sicher, dass sich die Studierenden während der Lernphase jedes Themenblocks intensiv mit dessen Lerninhalten auseinandersetzen. Dies ist die zentrale Herausforderung des *Inverted Classroom*, da dessen Vertiefungsphase eine sorgfältige Vorbereitung der Lerninhalte in der Lernphase voraussetzt (HANDKE & SPERL, 2012, S. 49).

4.2.1 Konzeption

In der mündlichen Prüfung werden jedem Studierenden vier individuelle Fragen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrads gestellt: Eine Frage bezieht sich auf das Verständnis der gruppenindividuellen Fallstudienlösung, um die Mitarbeit aller Studierenden bei deren Erarbeitung zu überprüfen. Zwei Fragen thematisieren die inhaltlichen Grundlagen des Themenblocks. Außerdem wird eine Transferfrage zu den Lerninhalten des Themenblocks gestellt.

Die Prüfungsfragen werden aus den themenblock-spezifischen Fragekatalogen ausgewählt, die neben den schriftlich ausformulierten Fragen auch deren Lösung sowie deren Einordnung in die Lerntaxonomie nach Bloom umfassen (Inhaltsvalidität). Die Fragen werden bereits vorab ausgewählt und gruppiert. So ist sichergestellt, dass jedem Studierenden die gleiche Anzahl an Fragen unterschiedlicher Stufen der Lerntaxonomie nach Bloom gestellt (Reliabilität) und bei jedem Studierenden mehrere Themenbereiche und Lernziele des Themenblocks abgedeckt werden (Inhaltsvalidität).

Bewertungskriterium	Beobachtungsanker		
	unzureichend (0 - 2 Punkte)	befriedigend (3 - 4 Punkte)	gut (5 - 6 Punkte)
Verständnis des Lösungswegs	- Lösung unvollständig oder inkorrekt erklärt - Rückfragen zur Lösung nicht beantwortet	- Lösung ohne Fokus auf die wesentlichen Schritte erklärt - Rückfragen teilweise oder ungenau beantwortet	- Nachvollziehbare Lösung mit Fokus auf die wesentlichen Schritte prägnant erklärt - Rückfragen präzise und vollständig beantwortet
Grundlagen	- Modelle, Formeln, Grafiken und Fachbegriffe nicht genannt - Wirkzusammenhänge nicht erläutert und nicht analysiert	- Modelle, Formeln, Grafiken und Fachbegriffe genannt und erklärt - Wirkzusammenhänge teilweise erläutert und analysiert	- Modelle, Formeln, Grafiken und Fachbegriffe präzise und vollständig genannt, erklärt und angewandt - Wirkzusammenhänge präzise und vollständig erläutert und analysiert
Transfer	- Keine Verbindung zwischen Transferfrage und Modell hergestellt	- Verbindung zwischen Transferfrage und Modell hergestellt	- Verbindung zwischen Transferfrage und Modell hergestellt und Auswirkungen beurteilt

Abb. 5: Bewertungsschema der mündlichen Prüfung

Die Studierenden dürfen die Prüfungsfragen nicht untereinander weitergeben. Die Studierenden werden in mehreren Fragerunden geprüft, wobei jedem Studierenden eine Prüfungsfrage je Fragerunde gestellt wird und die Reihenfolge der Studierenden in jeder Fragerunde variiert (Durchführungsobjektivität). Die Antworten der Studierenden werden protokolliert (Durchführungsobjektivität). Anhand des Protokolls und des Bewertungsschemas der mündlichen Prüfung beurteilen die Prüfenden die Leistung der Studierenden nach der mündlichen Prüfung gemeinsam (Auswertungsobjektivität).

4.2.2 Bewertung

Es werden die Korrektheit, Vollständigkeit und Genauigkeit der Antworten der Studierenden auf deren individuelle Prüfungsfragen bewertet. Das Bewertungsschema der mündlichen Prüfung ist in Abb. 5 dargestellt. Jede Prüfungsfrage wird mit einer Punktzahl zwischen 0 und 6 Punkten bewertet.

4.3 Teilleistung Abschlussfallstudie

Der Fokus der Teilleistung Abschlussfallstudie liegt auf der Überprüfung der erworbenen Fach- und Methodenkompetenzen zur selbstständigen Erarbeitung tragfähiger Lösungsansätze für realitätsnahe offene Fragestellungen aller Lerninhalte der Veranstaltung. Hierzu bearbeiten die Studierenden nach Abschluss der fünf Themenblöcke am Ende des Semesters eine Fallstudie – die sogenannte Abschlussfallstudie – in Einzelarbeit und unter Prüfungsbedingungen einer schriftlichen Klausur. Die Bearbeitungszeit der Abschlussfallstudie ist auf vier Stunden begrenzt. Die Studierenden dürfen jegliche nicht-elektronische Materialien, wie Lehrbücher, Übungsaufgaben und persönliche Aufschriebe nutzen.

Die Teilleistung Abschlussfallstudie wird nach denselben Prinzipien konzipiert wie die Fallstudien der Teilleistung Fallstudien (vgl. Abschnitt 4.1.1). Zusätzlich werden die übergeordneten Lernziele der Lehrveranstaltung berücksichtigt, um deren vollständige und gleichmäßige Prüfung sicherzustellen. Zur Bewertung von Korrektheit, Vollständigkeit und Nachvollziehbarkeit der abgegebenen Fallstudienlösung werden die Kriterien der Fallstudienlösungen der Teilleistung Fallstudien herangezogen (vgl. Abb. 3).

5 Evaluation des Lehrkonzepts

Systematische Lehrevaluationen werden am KIT in allen Lehrveranstaltungen mit dem Ziel durchgeführt, die Qualität der Lehre sowohl mittels quantitativer als auch qualitativer Auswertungen zu beurteilen. Um die Erreichung der gesetzten Lernziele zu messen, wird der vom KIT eingesetzte Evaluationsbogen um die von RAUPACH et al. (2011) vorgeschlagene Methode der „vergleichenden Selbsteinschätzung“ der Studierenden erweitert. Hierbei beurteilen die Studierenden ihre erworbenen Kompetenzen hinsichtlich der definierten Lernziele selbst. Auf dem Evaluationsbogen haben die Studierenden weiterhin die Möglichkeit, in Freitextfeldern Feedback zur Durchführung der Lehrveranstaltung zu geben. Im Folgenden werden die Lehrevaluationen aus den Jahren 2018 (29 Teilnehmende) und 2019 (25 Teilnehmende) ausgewertet. Die Lehrevaluationen wurden jeweils am Ende des Semesters, jedoch vor der Abschlussfallstudie durchgeführt.

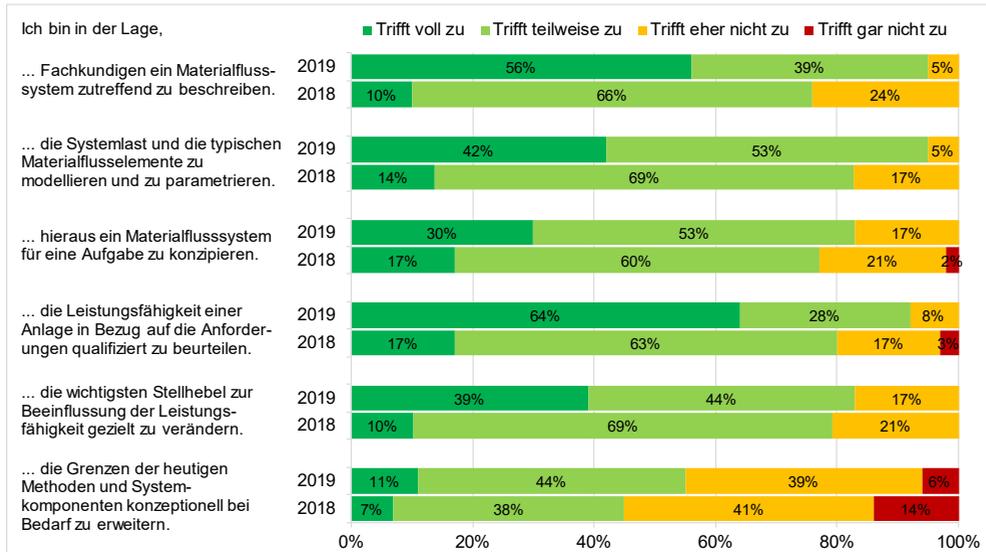


Abb. 6: Auswertung der Lehrevaluationen in der vergleichenden Selbsteinschätzung der Studierenden

Abb. 6 zeigt die Ergebnisse der vergleichenden Selbsteinschätzung in Bezug auf die Lernziele der Veranstaltung. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass in beiden Jahren die Mehrheit der Befragten die Lernziele als erreicht ansieht. Der Anteil der Befragten, der der Erreichung der gesetzten Lernziele voll oder teilweise zustimmt, liegt bei fünf der sechs Lernziele deutlich über 70 Prozent. Das sechste Lernziel – die Grenzen der heutigen Methoden konzeptionell zu erweitern – sieht jeweils etwa die Hälfte der Befragten als voll oder teilweise erreicht an. Gleichzeitig ist hier der Anteil der Befragten am größten, die das Lernziel als nicht erreicht ansehen. Dies überrascht nicht, da dieses Lernziel in der Lerntaxonomie nach Bloom am weitesten oben angesiedelt ist. Die Zustimmungswerte sind im Jahr 2019 im Vergleich zu 2018 in allen Lernzielen teilweise deutlich angestiegen. Dies ist hauptsächlich auf einen Stabilisierungseffekt des Lehrkonzepts bei wiederholter Durchführung zurückzuführen.

Die Auswertung der Freitextantworten in den Evaluationsbögen unterstützt die These, dass das Lehrkonzept zur Kompetenzentwicklung geeignet ist. Die Mehrheit der Befragten gibt an, in der Veranstaltung viel gelernt zu haben. Einen großen Lernerfolg erreichen die Befragten durch das eigenständige Erfassen des Stoffes und die selbstständige Bearbeitung offener Fragestellungen. Als wesentliche Faktoren für den Lernerfolg werden die fachliche Diskussion und der Austausch mit Mitstudierenden genannt. Das legt die Schlussfolgerung nahe, dass die Bereitstellung gut vorbereiteter Arbeitsmaterialien sowie die enge fachliche Betreuung der Studierenden (sowohl während als auch außerhalb der Präsenzveranstaltungen) wesentlich für den Erfolg des Lehrkonzepts sind. Konkretes Verbesserungspotenzial sehen die Befragten bei der Gestaltung des Feedbacks zu den Fallstudienlösungen. Hier wird der Wunsch geäußert, im Feedback individueller auf den jeweils gewählten Lösungsansatz einzugehen und detaillierter zu erklären, weshalb die maximale Punktzahl nicht erreicht wurde. Als Kritik am Lehrkonzept wird der im Vergleich zu anderen Lehrveranstaltungen als deutlich überdurchschnittlich wahrgenommene Arbeitsaufwand während der Vorlesungszeit angegeben. Während dies von allen Befragten hervorgehoben wird, gibt etwa die Hälfte der Befragten an, dass auch der erzielte Lernerfolg deutlich über dem Durchschnitt anderer Lehrveranstaltungen liegt, und möchte die Lehrveranstaltung daher an Mitstudierende weiterempfehlen.

6 Fazit

Der Beitrag stellt ein Lehrkonzept vor, dessen Ziel es ist, dass Studierende der Ingenieurwissenschaften am KIT Kompetenzen für die effektive Planung und den effizienten Betrieb der zukünftigen Logistiksysteme erwerben. Den Kern des Lehrkonzepts bildet die selbstständige Bearbeitung offener Fragestellungen sowie die Prüfung der hierdurch erworbenen Kompetenzen. Die Lerninhalte werden in fünf aufeinander aufbauende Themenblöcke aufgeteilt, die sich jeweils aus einer Lern- und einer Vertiefungsphase zusammensetzen. In den Lernphasen erarbeiten sich die Studierenden die Lerninhalte selbstständig. Die Inhalte werden in den Präsenzveranstaltungen gemeinsam vertieft und die Studierenden so an die Bearbeitung offener Fragestellungen herangeführt. Jeder Themenblock wird mit der Bearbeitung einer Fallstudie abgeschlossen, in der die Studierenden in Gruppen tragfähige Lösungen für realitätsnahe offene Fragestellungen entwickeln und in einem anschließenden

Kolloquium gegen kritische Nachfragen verteidigen. Sowohl die Bearbeitung der Fallstudien als auch die Kolloquien sind Prüfungsleistungen, in denen die erworbenen Kompetenzen der Studierenden im Sinne der definierten Lernziele geprüft werden. Zum Abschluss der Lehrveranstaltung werden die erworbenen Kompetenzen in einer Abschlussfallstudie geprüft, in der offene Fragestellungen zu allen Lerninhalten der Veranstaltung in Einzelarbeit bearbeitet werden.

Der Lernerfolg der Studierenden ist mit den Lehrevaluationen aus zwei Jahrgängen belegt. Ein Großteil der befragten Studierenden gibt an, in der Veranstaltung viel zu lernen und sieht die definierten Lernziele als erfüllt an. Der Erfolg der Kompetenzorientierung des Lehrkonzepts – im Sinne der *employability* der Studierenden – zeigt sich in den überdurchschnittlichen Leistungen, die Studierende nach ihrer Teilnahme an der Lehrveranstaltung in ihren Abschlussarbeiten oder als wissenschaftliche Hilfskraft erbringen.

Das vorgestellte Lehrkonzept basiert auf vier Erfolgsfaktoren: Die Grundlage ist die Abstimmung der Lehr- und Lernmethoden sowie der kompetenzorientierten Prüfungen mit den angestrebten Lernzielen nach dem *Constructive Alignment*. Die Einarbeitung in die Themenblöcke während der Phase des Selbststudiums erfolgt nachweislich besser in Einzelarbeit und fördert die Selbstorganisation der Lernenden (SPANNAGEL & FREISLEBEN-TEUTSCHER, 2016). Die Gruppenarbeit in der Vertiefungsphase fördert die soziale Kompetenz, die nachweislich nicht nur einen starken Einfluss auf den Lernerfolg beim kooperativen Lernen hat (GREEN & GREEN, 2005, und COHEN, 1988), sondern auch Voraussetzung für erfolgreiches Lernen und Arbeiten in Gruppen ist (JURKOWSKI, 2010). Zuletzt ist der enge und kontinuierliche Austausch zwischen den Studierenden und den Lehrenden wesentlich, unter anderem durch die Möglichkeit zur partizipativen Mitgestaltung der Studierenden in der Präsenzveranstaltung und das regelmäßige Feedback zum Lernerfolg in den über das Semester verteilten kompetenzorientierten Prüfungen.

Vor dem Hintergrund, dass Kompetenzvermittlung in Studienfächern häufig nur gelingen kann, wenn es sich nicht um Einzelinitiativen handelt (SPANNAGEL & FREISLEBEN-TEUTSCHER, 2016, und HANDKE & SCHÄFER, 2012), möchten wir andere Lehrverantwortliche – vor allem in den Ingenieurwissenschaften – ermutigen, die Methoden der konventionellen Lehre zu überdenken und die eigenen Lehrveranstaltungen nach Vorbild des hier vorgestellten Lehrkonzepts umzugestalten.

Danksagung

Wir bedanken uns bei Katharina Fleischer-Dörr, Benedikt Fuß und Zäzilia Seibold, die an der initialen Entwicklung des Lehrkonzepts maßgeblich beteiligt waren. Der Abteilung für Personalentwicklung und Berufliche Ausbildung des KIT danken wir für die fachkundige Begleitung bei der Weiterentwicklung des Lehrkonzepts.

7 Literaturverzeichnis

- Anderson, L., Krathwohl, D., Airasian, P., Cruikshank, K., Mayer, R., Pintrich, P., Raths, R., & Wittrock, M.** (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Arnold, D., & Furmans, K.** (2019). *Materialfluss in Logistiksystemen*. Berlin: Springer.
- Ausubel, D. P.** (1974). *Psychologie des Unterrichts*. Weinheim: Beltz.
- Barr, R. B., & Tagg, J.** (1995). From Teaching to Learning – A New Paradigm for Undergraduate Education. *Change*, 27(6), 12–26.
- Biggs, J., & Tang, C.** (2007). *Teaching for quality learning at university: what the student does*. New York: McGraw-Hill/Society for Research into Higher Education.
- Bloom, B., Engelhart, M., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D.** (1972). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*. Weinheim: Beltz Studienbuch.
- Cohen, J.** (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York: Taylor & Francis.
- Green, N., & Green, K.** (2005). *Kooperatives Lernen im Klassenraum und im Kollegium. Das Trainingsbuch*. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Handke, J., & Schäfer, A. M.** (2012). *E-Learning, E-Teaching und E-Assessment in der Hochschullehre – Eine Anleitung*. München: R. Oldenbourg Verlag.
- Handke, J., & Sperl, A.** (2012). *Das Inverted Classroom Model: Begleitband zur ersten deutschen ICM-Konferenz*. München: Oldenbourg.
- Jurkowski, S.** (2010). *Soziale Kompetenz und Lernerfolg beim kooperativen Lernen*. Kassel: kassel university press.

Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *The journal of economic education*, 31(1), 30–43.

Metzger, C., & Nüesch, C. (2004). *Fair prüfen: Ein Qualitätsleitfaden für Prüfende an Hochschulen*. St. Gallen: Institut für Wirtschaftspädagogik.

Raupach, T., Münscher, C., Beissbarth, T., Burckhardt, G., & Pukrop, T. (2011). Towards outcome-based programme evaluation: Using student comparative selfassessments to determine teaching effectiveness. *Medical Teacher*, 33(8), e446–e453.

Spannagel, C. (2013). *Flipped Classroom – Inverted Classroom*. <https://youtu.be/3ddbzXKfTTE>

Spannagel, C., & Freisleben-Teutscher, C. F. (2016). Inverted classroom meets Kompetenzorientierung. *Kompetenzorientiert Lehren und Prüfen. Basics – Modelle – Best-Practices. Tagungsband zum 5. Tag der Lehre an der FH St. Pölten am 20.10.2016* (S. 57–67). St. Pölten: Fachhochschule St. Pölten.

Weinert, F. (2014). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17–31). Weinheim – Basel: Beltz Verlag.

Wildt J., & Wildt, B. (2011). Lernprozessorientiertes Prüfen im „Constructive Alignment“. Ein Beitrag zur Förderung der Qualität von Hochschulbildung durch eine Weiterentwicklung des Prüfungssystems. In *Neues Handbuch Hochschullehre* (S. 1–46). Berlin: Raabe.

Autor*in*en



Uta MOHRING || Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) ||
Gotthard-Franz-Str. 8, D-76131 Karlsruhe

mohring@kit.edu



Christoph JACOBI || Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) ||
Gotthard-Franz-Str. 8, D-76131 Karlsruhe

jacobi@kit.edu



Prof. Dr.-Ing. Kai FURMANS || Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) ||
Gotthard-Franz-Str. 8, D-76131 Karlsruhe

furmans@kit.edu