

Hirte, U.

Entwicklung und Implementierung von Fächern der Konstruktionsausbildung in ein berufsbegleitendes Bachelorstudium im Bereich Maschinenbau

Ziel des Projektteiles „Lehre – Konstruktionstechnik“ ist es, berufsbegleitende Studienangebote im Bereich des Bachelorstudiums zu entwickeln und in einer Testphase umzusetzen. Hierzu war zunächst eine Sichtung der bereits im grundständigen Studium bestehenden Lehrangebote notwendig, verbunden mit der Analyse, in welcher Form diese Lehrinhalte im Hinblick auf ein berufsbegleitendes Studienangebot verwendet bzw. aufbereitet werden können. Basis dieser Analyse sind auch die Erkenntnisse und praktischen Erfahrungen aus früheren Projekten, die jedoch noch keinen akademischen Abschluss zum Ziel hatten (z. B. *FIP – Fernstudium Innovative Produktentwicklung* mit Abschluss Zertifikat, *return2job* im Rahmenprogramm *AQUA - Akademiker qualifizieren sich für den Arbeitsmarkt* – in Kooperation mit der OTTO-BENECKE-Stiftung, mit Abschluss Zertifikat). Die Erfahrungen haben gezeigt, dass die Wissensvermittlung in kleineren Gruppen (mind. 10, max. 25 Teilnehmer) eine höhere Effizienz aufweist. Auch ist die Motivation der Teilnehmer an einer berufsbegleitenden Qualifizierungsmaßnahme höher.

Die im Nachfolgenden vorgestellten Fächer richten sich vor allem an Studieneinsteiger mit Berufserfahrungen im Bereich Maschinenbau, vorzugsweise mit einer berufsqualifizierenden Vorbildung. Die Weiterbildungsangebote wurden so entworfen, dass sie berufsbegleitend absolviert werden können. In den Präsenzphasen sollen Vorlesungen, Übungen, Seminare und Praktika stattfinden. Das zeit- und ortsunabhängige Selbststudium ist mit der doppelten Präsenzzeit kalkuliert. Der ebenso wichtige Lernort „Arbeitsumfeld“ des jeweiligen Teilnehmers findet in gewissen Grenzen Berücksichtigung bei der Auswahl von Aufgabenstellungen. Die Form des berufsbegleitenden Studiums mit komprimierten Wochenend-Präsenzphasen (Freitag-Samstag) wurde gewählt, um berufstätigen Studieninteressierten die Chance zu geben, dieses Angebot zu nutzen.

Inhalt

1. Fach: Analyse technischer Systeme	1
1.1. Inhalt.....	1
1.2. Lernziele.....	1
1.3. Vorkenntnisse	2
1.4. Einordnung	2
1.5. Durchführung/Medienformen/Studienmaterial	2
1.6. Abschlussverpflichtung	2
2. Fach: Fertigungsgerechtes Konstruieren	2
2.1. Inhalt.....	2
2.2. Lernziele.....	2
2.3. Vorkenntnisse	2
2.4. Einordnung	2
2.5. Durchführung/Medienformen/Studienmaterial	2
2.6. Abschlussverpflichtung	2
3. Fach: Entwicklungs-/Konstruktionsmethodik	3
3.1. Inhalt.....	3
3.2. Lernziele.....	3
3.3. Vorkenntnisse	3
3.4. Einordnung	3
3.5. Durchführung/Medienformen/Studienmaterial	3
3.6. Abschlussverpflichtung.....	3
4. Zusammenfassung und Ausblick.....	3
Autor	4
Hinweise	4
Quellen und Erläuterungen	4

1. Fach: Analyse technischer Systeme

1.1. Inhalt

Vermittlung von Grundlagenwissen zu Aufbau und Beschreibung Technischer Gebilde, Unterschiede in den Darstellungsformen, Vermittlung von Grundlagen des Gestaltens und der Konstruktionsmethodik, Begriffsbestimmungen (System, Produkt, Gestalt, Technisches Prinzip, Funktion und Funktionsstruktur, Umgebung, Kraftfluss, Zwang, Überbestimmtheit etc.), Darstellung der Zusammenhänge von Gestalt, Funktion und Umgebung anhand anschaulicher Beispiele und Übungen. Berechnung von Überbestimmtheit von Koppelstellen und mögliche Lösungsansätze zu deren Vermeidung/Beherrschung an anschaulichen Beispielen.

1.2. Lernziele

Die Studierenden können komplexe technische Gebilde auf Basis der technischen Darstellung analysieren, ihre Gesamtfunktion und Teilfunktionen erkennen, Koppelstellen analysieren und durch Variation und Kombination unter Anwendung der Konstruktionsmethodik auf der Ebene des Technischen Prinzips neue Teillösungen erarbeiten.

1.3. Vorkenntnisse

Wichtige Voraussetzungen sind Technische Darstellungslehre (ggf. CAD), Technische Mechanik, Maschinenelemente 1, Werkstofftechnik und Fertigungstechnik.

1.4. Einordnung

Im grundständigen Studiengang Bachelor Maschinenbau wird dieses Fach im 3. Fachsemester angeboten.

1.5. Durchführung/Medienformen/Studienmaterial

Die Lehrveranstaltung gliedert sich in 4 Vorlesungen und 4 Seminare/Übungen. In den Übungen werden die Grundsätze der Analyse und Grundlagen der Konstruktionsmethodik im interaktiven Austausch anhand anschaulicher Beispiele vermittelt und diskutiert. Als Medien kommen vorrangig PowerPoint-Präsentationen, Tafelbilder und Arbeitsblätter zum Einsatz. Zur Unterstützung wird neben einer umfangreichen Literaturliste ein Lehrbrief/Vorlesungsskript (auch elektronisch verfügbar) zur Verfügung gestellt. Für das Selbststudium ist eine ausführliche Aufgabensammlung mit Lösungsbeispielen geplant.

1.6. Abschlussverpflichtung

Die Abschlussverpflichtung besteht zum einen aus einem Hausbeleg der mit Testat abgeschlossen wird und zum anderen als Bestandteil einer Abschlussklausur des Faches Maschinenelemente 3. Der Hausbeleg sollte vorzugsweise als Gruppenbeleg ausgeführt werden. Dies stellt jedoch in einer Gruppe von Fernstudierenden höhere Ansprüche an die kommunikativen Kompetenzen der Teilnehmenden.

2. Fach: Fertigungsgerechtes Konstruieren

2.1. Inhalt

Vermittlung von Gestaltungsrichtlinien zum fertigungsgerechten Konstruieren von Einzelteilen. Dabei werden die Fertigungsverfahren Gießen und Verbundguss, Pressen, Biegen, Schneiden, Spanen, Schweißen, Schmieden und Rapid-Prototyping und additive Fertigungsverfahren betrachtet. Darüber hinaus wird die Gestaltung von Montageteilen ohne Werkstoffabhängigkeit betrachtet. Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Beachtung und Umsetzung der Zusammenhänge aus Struktur, Funktion und Werkstoff, einschließlich dessen spezifischen, geforderten Eigenschaften. Neben der Beachtung der Fertigungsgerechtigkeit werden Aspekte der montage-, festigkeits-, nachbearbeitungs- und recyclinggerechten Konstruktion behandelt.

2.2. Lernziele

Die Studierenden sind in der Lage Gestaltungsrichtlinien für die Fertigungsverfahren: Gießen, Pressen, Biegen, Schneiden, Spanen, Schweißen und Montage im Zusam-

menhang mit der zu realisierenden Funktion an konkreten Beispielen anzuwenden.

Die Studierenden bewerten konstruktive Anforderungen für die o. g. Fertigungsverfahren und können aufgaben- und problemorientiert geeignete Fertigungsverfahren auswählen.

Die Studierenden sind in der Lage Einzelteile fertigungsgerecht zu gestalten und in Form von Handskizzen eindeutig darzustellen. Die Umsetzung der Lösungen als Freihandzeichnungen wird für die Ingenieurausbildung als wichtiges Lernziel angesehen.

2.3. Vorkenntnisse

Wichtige Voraussetzungen sind Technische Darstellungslehre, Grundlagen der Konstruktion, Werkstofftechnik und Fertigungstechnik.

2.4. Einordnung

Im grundständigen Studiengang Bachelor Maschinenbau wird dieses Fach im 4. Fachsemester angeboten.

2.5. Durchführung/Medienformen/Studienmaterial

Die Lehrveranstaltung gliedert sich in 6 Vorlesungen und 7 Seminare/Übungen. In den Vorlesungen werden die Grundsätze der Gestaltung von Einzelteilen im Kontext der jeweiligen Fertigungsverfahren und Werkstoffe anhand anschaulicher Beispiele vermittelt und diskutiert. Die Seminare dienen vorrangig der Anfertigung der Seminarbelege in Form von Freihandzeichnungen zur fertigungsgerechten Gestaltung von Einzelteilen und einfachen Baugruppen. In jedem Seminar findet eine Auswertung häufiger Fehler aus den Lösungen der vorangegangenen Aufgabenstellung statt. Die dargestellten Fehler werden dazu anonymisiert. Eine Nacharbeit im Selbststudium wird erwartet.

Als Medien kommen vorrangig PowerPoint-Präsentationen, Tafelbilder und Arbeitsblätter zum Einsatz. Zur Unterstützung wird neben einer umfangreichen Literaturliste ein Lehrbrief/Vorlesungsskript (auch elektronisch verfügbar) zur Verfügung gestellt.

2.6. Abschlussverpflichtung

Die Abschlussverpflichtung besteht aus 7 Seminarbelegleistungen, die einzeln bewertet werden und im Mittel die Gesamtnote ergeben. Jeder Seminarbeleg besteht aus 2 Teilleistungen. Teil 1 sind vorgegebene Bauteile/Baugruppen, die auf ihre Fehler hin analysiert werden müssen. Teil 2 ist ein zum jeweiligen Fertigungsverfahren zu entwerfendes Einzelteil oder entwerfender Baugruppe zu einer vorgegebenen Funktionserfüllung.

3. Fach: Entwicklungs-/Konstruktionsmethodik

3.1. Inhalt

Vermittlung von Grundlagenwissen zum Konstruktiven Entwicklungsprozess (KEP). Übersicht über Konstruktionsarten, Zweck/Ziel der Produktentwicklung, Definition wichtiger Begriffe wie Lebenszyklus eines Produktes und Systemeigenschaften von Produkten. Vermittlung einer Vorgehensweise und der daraus zu gewinnenden Arbeitsergebnisse des KEP:

- Aufbereitungsphase mit Präzisierung der Aufgabenstellung und Aufstellen einer Anforderungsliste (Pflichtenheft/Lastenheft),
- Konzeptphase mit Projektplan, Grafischem Forderungsplan, Gesamtfunktion, Funktionsstruktur, Variation und Kombination, Technischem Prinzip, Bewertung und Entscheidung (Funktions- und Prinzipsynthese),
- Entwurfsphase mit Fehlererkennung/-beurteilung/-bekämpfung

Es wird aufgezeigt, wie der Übergang zu mechatronischen Systemen stattfindet, wie der Einsatz von CAx-Systemen in der Produktentwicklung realisiert wird, angefangen vom Einsatz von CAD-Systemen bis hin zum Produktdatenmanagement. Weiterhin werden Grundlagen aus Sondergebieten der Entwicklungsmethodik, wie konstruktionsbegleitende Herstellkostenermittlung oder Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) (Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse), behandelt.

3.2. Lernziele

Die Studierenden beherrschen den Ablauf des konstruktiven Entwicklungsprozesses (mit Schwerpunkt auf mechanischen und mechatronischen Produkten und Systemen). Sie eignen sich Methoden zum systematischen Vorgehen bei der Lösungsfindung, zur Bewertung und Entscheidungsfindung an. Sie beherrschen die Übergänge von Funktion – Prinzip – Entwurf. Sie sind in der Lage Entwicklungsaufgaben, für die die Lösung nicht a priori bekannt ist, durch methodisches Vorgehen zu lösen und entsprechende Methoden und Werkzeuge (z. B. Lösungs- und Firmenkataloge, CAD-Systeme, Simulationssysteme) anzuwenden. Sie kennen die Eigenschaften von technischen Produkten und ihre Beschreibung sowie die Einsatzmöglichkeiten, aber auch Grenzen methodischer und technischer Hilfsmittel im Entwicklungsprozess. Die Studierenden sollen das Abenteuer „Kreativität“ erleben – aber auch die vielfältigen Randbedingungen, denen die Produktentwicklung/Konstruktion unterliegt, soziale und kommunikative Kompetenz stärken (z. B. Teamfähigkeit, Verantwortungsbewusstsein, Entscheidungsstärke, Durchsetzungsvermögen) und dies an Beispielen praktisch einüben. Sie erlernen das Bewerten von Lösungen als Basis begründeter konstruktiver Entscheidungen und das Argumentieren für/gegen Entscheidungen.

3.3. Vorkenntnisse

Wichtige Voraussetzungen sind Technische Darstellungslehre (ggf. CAD), Grundlagen der Produktentwicklung/Konstruktion, Übersicht Maschinenelemente, Fertigungstechnik, Fertigungsgerechtes Konstruieren, Messtechnik und Antriebstechnik.

3.4. Einordnung

Im grundständigen Studiengang Bachelor Maschinenbau wird dieses Fach im 5. Fachsemester angeboten.

3.5. Durchführung/Medienformen/Studienmaterial

Die Lehrveranstaltung gliedert sich in 10 Vorlesungen und 10 Seminare/Übungen. In den Übungen werden die Grundlagen der Konstruktionsmethodik im interaktiven Austausch anhand anschaulicher Beispiele vermittelt und diskutiert. Der überwiegende Teil der Seminare dient der konsultativen Begleitung des Hausbeleges.

Als Medien kommen vorrangig PowerPoint-Präsentationen, Tafelbilder und Arbeitsblätter zum Einsatz. Zur Unterstützung wird neben einer umfangreichen Literaturliste ein Lehrbrief/Vorlesungsskript (auch elektronisch verfügbar) zur Verfügung gestellt.

3.6. Abschlussverpflichtung

Die Abschlussverpflichtung besteht aus einem benoteten Hausbeleg und einer Abschlussklausur (90 min. schriftliche Prüfungsleistung). Der Hausbeleg soll vorzugsweise als Gruppenbeleg ausgeführt werden. Dies stellt jedoch in einer Gruppe von Fernstudierenden höhere Ansprüche an die kommunikativen Kompetenzen der Teilnehmende. Der Hausbeleg gliedert sich in drei Teile:

Teil 1: Konzeptphase mit Erarbeitung eines Projektplanes, einer Präzisierung der Aufgabenstellung mit Anforderungsliste, Grafischem Forderungsplan, Gesamtfunktion, Funktionsstruktur, Variation und Kombination mit morphologischer Matrix, Erarbeiten mehrerer Technischer Prinzipie mit anschließender Bewertung und Entscheidung, sowie Durchführung einer Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (FMEA).

Teil 2: Entwurfsphase mit Erstellung des kompletten Technischen Entwurfes mit Funktionsbeschreibung und allen für die Auslegung relevanten Berechnungen, sowie den entsprechenden Nachweisen der Zukaufteile.

Teil 3: Verteidigung der Belegergebnisse vor dem Plenum.

Alle Belegteile fließen mit entsprechender Wichtung in die Beleggesamtnote ein. Beleg- und Klausurnote bilden zu gleichen Teilen die Endnote.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die im Fachgebiet Konstruktionstechnik der Fakultät für Maschinenbau der TU Ilmenau in den zurückliegenden mehr als 10 Jahren gesammelten Erfahrungen mit berufs-

begleitender Weiterbildung zeigen, dass sich die Etablierung eines technischen berufsbegleitenden mehrsemestrigem Weiterbildungsstudienganges an einer Thüringer Hochschule sowie dessen Verstetigung als schwierig erweist. Allein mit Thüringer Interessenten scheint die Realisierung an der Nichterreichung der Mindestteilnehmerzahl zu scheitern. Die geplanten Gruppengrößen sollten mindestens 10 und maximal 25 Teilnehmende umfassen. Die Effizienz des Arbeitens in kleineren Gruppen ist erfahrungsgemäß höher und die Motivation der Teilnehmer berufsbegleitender Studienangebote kann auch als höher eingeschätzt werden. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass sich in den heterogenen Gruppen berufsbegleitender Studierender eine eigene positive Gruppendynamik entwickeln kann, die weit über die Abarbeitung von Lernthemen hinausgeht. Um die Nachteile der nicht ständigen Präsenz auszugleichen, stellt dies jedoch an die Lehrenden und die Lernenden wesentlich höhere Ansprüche an ihre kommunikativen Kompetenzen.

Neben den oben aufgezeigten, lernunterstützenden Materialien wird es in Zukunft noch notwendiger sein, Lehrinhalte online verfügbar zu machen und diese durch Interaktionen erfahrbar zu gestalten (Online-Tutorien, Webinare o. ä.). Ziel sollte dabei sein, den Anteil der Präsenzlehre gegenüber dem Selbststudium weiter zu verringern. Abgesehen davon wird die Präsenzlehre, also der direkte Kontakt zum Lehrenden sowie die Kontakte untereinander immer ein wesentlicher Bestandteil bleiben müssen, nicht zuletzt zur Herausbildung und Förderung sozialer Kompetenzen.

Um die o. g. Mindestteilnehmerzahlen zu erreichen kommt dem Bereich Marketing eine besondere Bedeutung zu. Es muss noch stärker gelingen mit Unternehmensnetzwerken und anderen Einrichtungen zusammenzuarbeiten, um den Bekanntheitsgrad zu steigern und Multiplikationseffekte zu erzielen.

Da berufsbegleitende Studienangebote nur kostendeckend angeboten werden können, sind hier Finanzierungsmodelle erforderlich, die eine Verstetigung derartiger Angebote sicherstellen.

Autor

Dipl.-Ing. Uwe Hirte, Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Anschrift: Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau, Fachgebiet Konstruktionstechnik, Max-Planck-Ring 12, 98693 Ilmenau

E-Mail: uwe.hirte@tu-ilmenau.de

Hinweise

Die Verfasser erlauben sich, bei weiblichen und männlichen Personen die männliche oder neutrale Anrede (z.B. Teilnehmer, Mitarbeiter, Studierende/r) zu nutzen. Die nicht genannte weibliche Anredeform ist jeweils eingeschlossen.

Sämtliche Inhalte (Text, Graphik, Daten u.a.) des vorliegenden Dokuments werden im **Open Access Modus** veröffentlicht.

Sämtliche Inhalte (Text, Graphik, Daten u.a.) des vorliegenden Dokuments sind **urheberrechtlich geschützt** (© by TU Ilmenau, BASICplus, 2016-2017). Eine Nutzung ist ausschließlich im Rahmen der üblichen Zitation unter Nennung der veröffentlichten Quelle gestattet.

Zitationsfähige Quellenangabe: Hirte, U.: *Entwicklung und Implementierung von Fächern der Konstruktionsausbildung in ein berufsbegleitendes Bachelor-Studium im Bereich Maschinenbau*; BASICplus Schriftenreihe, Technische Universität Ilmenau, www.tu-ilmenau.de/basicplus/publikationen, 2017

Förderhinweis: Diese Publikation entstand im Rahmen des Projekts BASICplus „Realisierung einer offenen Studienplattform für die berufsbegleitende und durchgängige Aus- und Weiterbildung in den Ingenieurfächern“. Das Projekt wurde mit Mitteln aus dem Förderwettbewerb „Aufstieg durch Bildung: offene Hochschulen“ aus dem Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und der Länder im Rahmen der gemeinsamen Anstrengungen in der Förderung von Wissenschaft und Forschung gefördert (1. Förderphase, Laufzeit August 2014 – Januar 2018, FKZ: 16OH21017).



Quellen und Erläuterungen

Dieser Ausarbeitung liegen folgende Dokumente zugrunde:

TU Ilmenau: Modulhandbuch Bachelor Maschinenbau, Studienordnungsversion 2013, gültig Wintersemester 2016/17, https://www.tu-ilmenau.de/fileadmin/media/studierende/QM_Modulhandbuecher/Bachelor/WS_2016/BA_MB_2013_2016WS.pdf, Abruf: 14.12.2016.