Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
University of Applied Sciences

INTERLECTUAL OUTPUT O7: LEITFADEN ZUR UMSETZUNG DER LERNENVIRONMENTS IN DER AUSBILDUNG

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

Name des Unternehmens	HTW Berlin
Adresse	Wilhelminenhofstr. 75 a
Telefon	+49 30 50194221
Fax	+49 30 50192125
E-Mail	Michael.lindemann@htw-berlin.de
Internet	www.htw-berlin.de

Autor	Prof. Dr.-Ing. Michael Lindemann
Version	2.1
Bearbeitungsdatum	22.06.2016
Erstelldatum	13.05.2016
Referenzdokumente	O2 Lastenheft Prius Version 4-0.pdf O3 Pflichtenheft Prius Version 3-2.pdf O6 Dokumentation Transfer Lernen-vironment.pdf

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

INHALTSVERZEICHNIS

1 Leitfaden zur Durchführung eines gemeinsamen Projektes mit Studierenden und Auszubildenden 4
1.1 Definition eines Projektes 4
1.1.1 Analyse des Bedarfs 4
1.1.2 Definition des Projektinhalts 4
1.1.3 Definition des Projektablaufs und –inhalts 5
1.1.4 Definition der Projektrandbedingungen 6
1.2 Umsetzung des Projektes 6
1.3 Teilnehmer 8
2 Ablauf 9
2.1 Lastenheft 9
2.2 Pflichtenheft 10
2.3 Umsetzung 11
2.4 Einsatz 11
3 Leitfaden für den Einsatz des im Projekt entwickelten Demonstrators im Studium/in der Ausbildung 13
3.1 Einsatz des Priusdemonstrators im Studium 13
3.1.1 Ausgangssituation 13
3.1.2 Grundlehrpaket 14
3.1.3 Erweitertes Lehrpaket 17
3.2 Einsatz des Priusdemonstrators in der Ausbildung 19
3.2.1 Ausgangssituation 19
3.2.2. Grundlehrpaket 20

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

1 Leitfaden zur Durchführung eines gemeinsamen Projektes mit Studierenden und Auszubildenden

Inhalt dieses Leitfadens sind Empfehlungen, die bei der Definition eines gemeinsamen Projekts zwischen Hochschulen und betrieblichen Ausbildungseinrichtungen beachtet werden sollten. Dies betrifft sowohl organisatorische Aspekte wie Anzahl der Teilnehmer, Häufigkeit der gemeinsamen Treffen, Bildung der Projekt AG als auch inhaltliche Empfehlungen wie Aufbau der Struktur des Projekts, Projektphasen, Dokumentation usw.

1.1 Definition eines Projektes

Unter Projekt wird hier die gemeinsame Arbeit von Auszubildenden und Studierenden unter Leitung von Ausbildern und Hochschullehrern verstanden, ggf. unter Mitwirkung externer (z.B. industrieller) Partner.

Im Projekt geht es um die Entwicklung von Lerngeräten (Demonstratoren), die nach Beendigung des Projektes sowohl in der betrieblichen als auch universitären Ausbildung eingesetzt werden können. Bestandteil des Projektes sind nicht nur Entwicklung und Aufbau des Demonstrators, sondern auch die Erarbeitung der Empfehlungen, wie dieser Demonstrator in der Lehre eingesetzt werden kann. Folgende Projektfindungsschritte werden dabei empfohlen:

1.1.1 Analyse des Bedarfs

Vor der eigentlichen Projektdefinition sollte zuerst das Fachgebiet, für das der Demonstrator entwickelt wird, definiert werden. Mittels Feedback von Lehrkräften, Auszubildenden und Studierenden sollte analysiert werden, welche Inhalte regelmäßig zu Schwierigkeiten im Verständnis des behandelten Stoffes führen. Sind die Schwierigkeiten benannt, kann daraus überlegt werden, mit welchen praktischen Aufbauten den Verständnisschwierigkeiten entgegengetreten werden kann.

Beispiel: Aus dem Unterricht der Fahrzeugtechnik an der HTW Berlin im Modul Kraftfahrzeugelektrik/-elektronik ist bekannt, dass das Verstehen der Funktionsweise einer Zündspule den elektrisch unbedarften Kraftfahrzeugtechnikstudenten immer wieder Probleme bereitet. Hieraus lässt sich ein mögliches praktisches Projekt ableiten.

1.1.2 Definition des Projektinhalts

Aus dem in Arbeitsschritt 1.1.1 definierten Bedarf kann die eigentliche Projektbezeichnung definiert werden. Grundsätzlich ist zu überlegen, welches technische System beim Verständnis hilft. Zu berücksichtigen ist, dass die Auszubildenden und

Erasmus+
Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.
Learning e-Mobility Plus

Studierenden selbst dieses System definieren und bauen. Mit diesem Hintergrund sollte das System funktionell überschaubar und verhältnismäßig leicht realisierbar sein. Insbesondere sollte unter den Lehrkräften (Ausbilder/Professoren) ein Ansprechpartner sein, der den theoretischen und praktischen Überblick hat und das Projekt auch aktiv unterstützen kann.

Beispiel: Projekttitel für den unter 1.1.1 analysierten Bedarf könnte sein: „Aufbau einer einfachen Einzylinder-Zündanlage".

1.1.3 Definition des Projektablaufs und –inhalts

Hinter dem Titel des Projekts verbergen sich gleichermaßen der Inhalt und die Projektplanung. Inhaltlich sollte vorab geklärt werden, welche grundsätzlichen Anforderungen an den zu entwickelten Demonstrator gestellt werden. Dies beinhaltet

a) Kosten
b) Räumliche Dimensionen
c) Verwendungszweck allgemein (Handgerät, stationäres System)
d) Betriebsmittel (Versorgung, Fluide, …)

Bezüglich der Umsetzung des Projektes wird empfohlen, sicherheitsunkritische, überschaubare und mobile Systeme zu definieren.

Bezüglich des Ablaufes ist es wichtig, den Studierenden und Auszubildenden Raum zu lassen, die eigenen Schwierigkeiten beim Verständnis der Lehreinheit darzulegen. Erst wenn die Verständnisschwierigkeiten erkannt worden sind, können die Auszubildenden und Studierenden sinnvoll überlegen, welche Möglichkeiten der Demonstrator beim Lernen und Verstehen bieten soll. Beim Projektablauf sollten demnach folgende Punkte Berücksichtigung finden:

a) Lehrgang zum thematischen Inhalt des Demonstrators (Studierende und Auszubildende getrennt und später gemeinsam)
b) Definition der Anforderungen seitens der Auszubildenden und Studierenden (Lastenheft)
c) Definition der Umsetzung des Demonstrators (wie wird das System gebaut, das alle Forderungen des Lastenhefts erfüllt? = Pflichtenheft)
d) Konstruktion und Zusammenbau des Demonstrators
e) Erarbeitung von Lehrplänen zur Nutzung des Demonstrators (Einsatz in der Lehre = von Auszubildenden für Auszubildende)

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

Learning e-Mobility Plus

Beispiel: Inhaltlich könnte für die Zündanlage definiert werden, dass sie mit einer 12-V-Bleibatterie betrieben und in einer mobilen Koffereinheit untergebracht werden soll. Im Projektablauf sollte das Thema Zündung theoretisch erarbeitet werden. Im Anschluss sollen Verständnisschwierigkeiten identifiziert werden (z.B. was ist Induktion) und im Lastenheft stehen, dass ein Voltmeter an der Primär- und Sekundärseite der Zündspule den Vorgang der Induktion sichtbar machen sollen.

1.1.4 Definition der Projektrandbedingungen

Zusätzlich zu den vorgestellten Aspekten sollten bei der Projektdefinition folgende Randbedingungen berücksichtigt werden:

a) Fachsemester der Studierenden
b) Ausbildungsjahr der Auszubildenden
c) Anvisierte Dauer des Projektes
d) Fähigkeiten der Teilnehmer und der Ausbildungsleiter

Folgende Kombinationen werden dabei empfohlen:

Tabelle 1.1: Empfohlene Projektkombinationen

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Lehrjahr Auszubildende	1	2	2+2
Fachsemester Studierende	5+5	5+5	5+5+5+5
Dauer des Projekte	1 Jahr	1 Jahr	2 Jahre
Niveau des Projekts	leicht	mittel	schwer

Die Bezeichnung 5+5 bei Variante 1 und 2 in der Zeile der Fachsemester der Studierenden bedeutet dabei, dass während des einjährigen Projektes die studentische Gruppe nach einem Semester ausgetauscht wird und eine neue Studierendengruppe am Projekt weitermacht. Entsprechend zu lesen ist die Bezeichnung 5+5+5+5 in Variante 3.

1.2 Umsetzung des Projektes

Nach der Definition des Projektes und der Randbedingungen folgt die Umsetzung. Zeitlich sollte darauf geachtet werden, dass der Projektstart zu Beginn eines Ausbildungsjahrs und eines Semesters gelegt wird. Folgende gemeinsame Termine sollten dabei im Laufe des Projektes durchgeführt werden:

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

Learning e-Mobility Plus

Tabelle 1.2: Empfohlene gemeinsame Projekttreffen

Termin	Inhalt	Dauer
1: Kickoff 1	Vorstellung der Teilnehmer und des Projekts	1,5 h
2: Schulung	Technische Unterrichtung zur Lehreinheit	3 h
3: Review	Analyse der Unterrichtseinheit	2 h
4: Präsentation	Vorstellung Lastenheft	2 h
5: Review	Analyse Lastenheft	2 h
6: Präsentation	Vorstellung Pflichtenheft	2 h
7: Review	Analyse Pflichtenheft	2 h
8: Workshop	Definition Arbeitspakete Hochschule und Ausbildungseinrichtung	2 h
9: Workshop	Zusammenbau Demonstrator	6 h
10: Review	Analyse Demonstrator	3 h
11: Workshop	Einsatzdefinition Demonstrator	2 h

Termin 1: Die Kickoff-Veranstaltung dient dem Kennenlernen der Teilnehmer und der Erläuterung des Projektes und der Projektziele.

Termin 2: Im Rahmen der Schulung werden die wesentlichen Lerneinheiten, auf die sich der Demonstrator später bezieht, von den Auszubildenden unterrichtet.

Termin 3: Im darauffolgenden Review wird analysiert, welche Lernerfolge die Auszubildenden und Studierenden aus dieser Schulung gewonnen haben und wo die meisten Verständnisschwierigkeiten waren. Aufgabe der Ausbilder ist es, diese Defizite zu entschlüsseln und als Hinweise für die Definition des Lastenheftes im Hinterkopf zu behalten. Deswegen sollten alle Projektschritte und –treffen dokumentiert und protokolliert werden.

Im Anschluss entwickeln Auszubildende und Studierende getrennt ein Lastenheft.

Termin 4: Im Rahmen eines Präsentationstreffens stellen sich beide Gruppen ihre Lastenhefte vor.

Termin 5: In der Reviewveranstaltung werden die Lastenhefte diskutiert, erörtert und zusammengeführt. Gleichzeitig wird der Demonstrator funktionell in zwei Teile unterteilt, wobei ein Teil von den Auszubildenden, der andere von den Studierenden spezifiziert wird.

Beide Gruppen entwickeln voneinander getrennt ihre Pflichtenhefte. Abstimmungen (auch zwischendurch) gibt es nur an den Schnittstellen.

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

Learning e-Mobility Plus

Termin 6: In einer weiteren Präsentationsveranstaltung werden die Pflichtenhefte vorgestellt.

Termin 7: In der Reviewveranstaltung werden die Pflichtenhefte diskutiert, erörtert und zusammengeführt.

Termin 8: In einem ersten Workshop werden die Randbedingungen für den Bau des Demonstrators geklärt. Insbesondere die Arbeit an den Schnittstellen zu den zwei Teilsystemen der Auszubildenden und Studierenden wird sinnvoll aufgeteilt.

Im Anschluss konstruieren die Studierenden und Auszubildenden getrennt voneinander ihre Teilsysteme und testen diese.

Termin 9: In einem weiteren Workshop werden die Teilsysteme zum Gesamtdemonstrator zusammengeführt. Hierzu ist erfahrungsgemäß viel Zeit anzusetzen, ggf. noch ein weiterer Termin.

Termin 10: Nach Fertigstellung des Demonstrators erfolgt ein Review: Der Demonstrator wird auf seine volle Funktionsfähigkeit geprüft.

Termin 11: In einem letzten Termin werden die Aufgaben zum Einsatz des Demonstrators definiert. Es wird geklärt, wie der Demonstrator zukünftig in der Lehre und der Hochschulausbildung eingesetzt wird.

Die Zahl der Termine bezieht sich auf ein Null-Fehler-Programm. Erfahrungsgemäß sind an manchen Stellen mehrere Termine notwendig. Auch erfordert die Dauer des Projektes, dass der/die Projektleiter (die Ausbilder, der Dozent) geübt in der Durchführung und Leitung von Projekten ist und das Projekt durchweg begleitet.

1.3 Teilnehmer

Die Projekt AG sollte sich aus folgenden Teilnehmern mit folgenden Funktionen zusammensetzen:

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

Learning e-Mobility Plus

Tabelle 1.3: Zusammensetzung der Projekt AG

Teilnehmer	Funktion	Anzahl
Ausbilder	Projektleitung, Unterrichtung, Abstimmung mit der Hochschule	1 oder 2
Dozent	Projektleitung, Unterrichtung, Abstimmung mit der Ausbildungsstelle	1
Auszubildende	Projektbearbeiter	4
Studierende	Projektbearbeiter	8+8 (+8 +8)

Dass die Anzahl der Studierenden höher ist als die Anzahl der Auszubildenden, ist dem Umstand geschuldet, dass die Umsetzung eines solchen Projektes aktuell nach BerlHG im Rahmen eines Wahlpflichtmoduls oder fachübergreifenden Moduls an der Hochschule angeboten werden kann. Jedes Semester kann bzw. muss eine neue Gruppe von Studierenden das Projekt fortsetzen, weil Projekte an Hochschulen in der Regel nur ein Semester dauern. Bei den Auszubildenden sollte versucht werden, die anfänglich für das Projekt gewonnenen Personen im Projekt zu halten, weil der theoretische Kenntnisstand noch relativ gering ist. Die Studierenden sollten wenigstens aus dem 4. Fachsemester sein, die Auszubildenden wenigstens aus dem 2. Lehrjahr.

2 Ablauf

Der Projektablauf wurde im Kapitel 1.2 bereits angedeutet. Es wird empfohlen, das Projekt entlang des in der Industrie üblichen Produktentwicklungsprozesses (PEP) durchzuführen. Dieser besteht im Wesentlichen aus einer Definition der Anforderungen (Lastenheft), einer Spezifikationsphase (Wie wird das Lastenheft konkret umgesetzt = Pflichtenheft), einer Konstruktions- und einer Erprobungs- und Testphase.

2.1 Lastenheft

Die Phase der Lastenhefterstellung kann als die wichtigste Phase im Produktentwicklungsprozess bezeichnet werden. Sinn und Zweck des Lastenheftes ist es, Klarheit darüber zu erlangen, welche Funktionen das Produkt am Ende haben soll. Für das Projekt mit Auszubildenden und Studierenden bedeutet dies, dass die Aus-

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

Learning e-Mobility Plus

bilder in erster Linie darauf achten müssen, dass das Lastenheft nicht einfach eine Reproduktion von bekannten Systemeigenschaften wird (z.B. die Zündanlage muss mit einer Zündkerze funktionieren), sondern dass klar herausgestellt wird, WAS mit dem Demonstrator WIE gezeigt werden soll (z.B. „das Erreichen einer Mindestzündspannung von 15 kV wird mit einer roten LED signalisiert").

Das Lastenheft sollte die Eigenschaften des Demonstrators möglichst klar beschreiben. Auch sollte die Bedienbarkeit des Demonstrators im Lastenheft erläutert werden. Das Lastenheft sollte allerdings erstmal nicht vorschreiben, wie konkrete Dinge am Demonstrator umgesetzt werden (z.B. „Als Zündspule dient eine Originalzündspule der Firma xyz mit der Teilenummer 123"). Diese Spezifikationen werden erst im Abschnitt 2.2 Pflichtenheft gemacht.

Das Erstellen eines sauberen Lastenheftes erfordert ein gewisses Maß an Übung und auch viel Disziplin der Teilnehmer, dieses im erforderlichen Rahmen zu leben. Hier wird empfohlen, einer mit Lastenheften vertrauten Person die Projektleitung zu übergeben. Sollte kein Teilnehmer der Projektleitung (Ausbilder/Dozent) Erfahrungen mit solchen Lastenheften haben, wird empfohlen, sich diese Kenntnis autodidaktisch vor Projektbeginn anzueignen. Hinweise hierzu finden sich zu genüge im Internet.

2.2 Pflichtenheft

Das Pflichtenheft ist ein Dokument, das sich direkt auf das Lastenheft bezieht und beschreibt, wie die im Lastenheft definierten Anforderungen konkret umgesetzt werden sollen. Das Pflichtenheft dient quasi als Bauanleitung für die folgende Umsetzungsphase.

Bei der Erstellung des Pflichtenheftes ist von den Projektleitern darauf zu achten, dass auf alle Anforderungen im Lastenheft Bezug genommen wird. Können Punkte des Lastenheftes aus irgendeinem Grunde nicht erfüllt werden, ist dies sowohl im Lasten- als auch im Pflichtenheft entsprechend zu vermerken. Es muss geprüft werden, ob von diesen Änderungen weitere Anforderungen im Lastenheft beeinträchtig werden.

Wie beim Lastenheft ist bei der Erstellung des Pflichtenheftes eine noch weitaus größere Disziplin notwendig. Alle im Pflichtenheft gedachten Realisierungen bestehen letztendlich nur auf dem Papier. Mit geeigneten Tools und Mitteln muss geprüft werden, ob das System so umsetzbar ist. So muss die Anordnung der Teilkomponenten genauso geprüft werden wie die Lage untereinander und wie beispielsweise

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

Learning e-Mobility Plus

die Befestigung auf der Konstruktionsplatte usw. An dieser Stelle neigen die Akteure dazu, „schnell mal etwas auszuprobieren", was meist ohne weitere Dokumentation geschieht. Da so keine Informationen für den weiteren Aufbau vorliegen, führt dies im Allgemeinen dazu, dass der systematische Designweg verlassen wird und die Funktionen des Lastenheftes nicht mehr berücksichtigt werden.

Um dies zu vermeiden, sollte die theoretische Entwicklung – also die Spezifikation – inhaltlich sinnvoll zwischen Hochschule und Ausbildungsbetrieb aufgeteilt werden. Arbeiten, die zur Spezifikation notwendigerweise die Bedienung komplexerer Tools erfordern (z.B. Matlab/Simulink oder Catia Pro 5), können von der Hochschule geleistet werden. Die Auszubildenden sollten Projektteile im Pflichtenheft definieren, die ohne weitere Verifikation auskommen (z.B. Format des Versuchsträgers, Auswahl von Farben, Lacke, Materialien usw.).

Wie beim Lastenheft wird empfohlen, dass die Arbeit der Pflichtenhefterstellung von auf diesem Gebiet kundigen Personen begleitet wird. Ggf. wird empfohlen, sich diese Kenntnisse autodidaktisch vor Projektbeginn anzueignen.

2.3 Umsetzung

Da alle Produktspezifikationen im Pflichtenheft aufgelistet sind, sollte sich der Aufbau des Demonstrators eng daran orientieren. Abweichungen sind nur zulässig, wenn keine anderen Komponenten davon betroffen sind (z.B. Position eines Bedienpults). Die Überwachung des Aufbaufortschritts sollte den Projektleitern obliegen. Sinnvoll ist es, vor dem Zusammenbau einzelne Teilsysteme zu definieren, die in sich fertig sind und separat getestet werden können. Dies erleichtert im Folgenden die Zusammenschaltung der Komponenten zum Gesamtsystem.

2.4 Einsatz

Nach Fertigstellung des Demonstrators ist zu klären, wie dieser sinnvoll in der Hochschul- und betrieblichen Ausbildung eingesetzt werden kann. Die Definition der Einsatzfälle kann dabei entlang der Funktionen des Demonstrators erfolgen, die im Lastenheft definiert worden sind. Hierin sollten sich auch die in der Projektanalyse (s. Abschnitt 1.1.1) herausgearbeiteten Aspekte wiederfinden, bei denen die Studierenden/Auszubildenden die meisten Verständnisschwierigkeiten haben. Gerade auf diese Fragen sollte der Demonstrator Antworten geben können. Ist dies nicht der Fall, wurden die Verständnisprobleme entweder nicht richtig herausgearbeitet oder der Funktionsumfang des Demonstrators nicht ausreichend spezifiziert.

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

Learning e-Mobility Plus

Bei der Definition der Anwendungsfälle sind folgende Kurselemente sinnvoll:

a) Theoriematerial für die Lerneinheit
b) Fragenkatalog zur Theorie ohne Demonstratorbezug
c) Fragenkatalog zur Theorie mit Demonstratorbezug
d) Anwendungsfälle des Demonstrators mit Bezug zu den Fragen in c)
e) Zusammenfassende Merksätze o.ä.

Um die Effektivität des Kurses zu überprüfen, sollten zwei Vergleichsgruppen gebildet werden, wobei eine Gruppe den Fragenkatalog mit Demonstratorbezug ohne die Anwendungsfälle löst, während die andere Gruppe den Fragenkatalog nach dem Durchspielen der Anwendungsfälle am Demonstrator löst. Sind die Ergebnisse der zweiten Gruppe signifikant besser, kann von einem erfolgreichen Projekt ausgegangen werden.

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

3 Leitfaden für den Einsatz des im Projekt entwickelten Demonstrators im Studium/in der Ausbildung

3.1 Einsatz des Priusdemonstrators im Studium

3.1.1 Ausgangssituation

Insgesamt waren drei verschiedene studentische Projektgruppen im Einsatz. Gruppe 1 hat im WS 2014/15 mit dem Projekt begonnen und das Lastenheft gemeinsam mit den Auszubildenden erstellt. Gruppe 2 hat im SoSe 2015 das Pflichtenheft entwickelt und Gruppe 3 hatte im WS 2015/16 aufbauend auf dem bis dahin umgesetzten System Erweiterungsprojekte bearbeitet. Gerade bei den Gruppen 2 und 3 war auffällig, dass die Funktionsweise des Toyota Prius nicht wirklich verstanden wurde. Dies äußerte sich in folgenden Aspekten:

a) Bei der Auslegung der E-Maschinen und der Leistungselektronik wurden sowohl Motoren als auch Leistungselektronik unterdimensioniert. Grund hierfür war, dass die Studierenden nicht in der Lage waren, die Lastanforderungen am Getriebe wegen der Leistungsverzweigung rechnerisch zu ermitteln.
b) Bei der Auslegung eines Sicherheitssystems gegen Fehlbedienung des Demonstrators wurden Schalterkombinationen als fehlerhaft betrachtet, die praktisch nicht problematisch sind. Grund für die Fehlspezifikation waren unzureichende Kenntnisse des Zusammenspiels der Lastmaschinen des Demonstrators bezüglich Drehrichtung und Lastaufnahme.
c) Bei der Auslegung der Spannungsversorgung des Demonstrators wurde in einem ersten Ansatz versucht, das Power-Split-Getriebe (PSG) des Prius mit Antrieben zu simulieren. Da die Simulationen nicht erfolgreich zu Ende geführt werden konnten, wurden die Leistungsaufnahmen jedoch deutlich überschätzt. Grund für die Fehlschätzungen war auch hier wieder das mangelhafte Verständnis des Zusammenspiels der Leistungsverzweigung.
d) Im Rahmen einer Masterarbeit wurde die Aufgabe definiert, den Toyota Prius inkl. Verbrennungsmotor, E-Antriebe und Power-Split-Getriebe mit Matlab/Simulink zu simulieren. Mangels Verständnis der Leistungsverzweigung und der richtigen Zuordnung der Leistungsflüsse und Drehrichtungen konnte das Simulationsmodell nicht vollständig umgesetzt werden.

Alle o.g. Beispiele zeigen, dass im Rahmen dieser Thematik gerade die Leistungsverzweigung selbst Probleme macht. Die Studierenden wissen bzw. verstehen

Erasmus+
Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.
Learning e-Mobility Plus

nicht, wie die Wechselwirkung des motorischen/generatorischen Antriebs bei unterschiedlichen Drehrichtungen am Getriebe funktioniert.

Als Schwierigkeit beim Verständnis wurde erkannt, dass das PSG mehrere Freiheitsgrade hat. Den Studierenden ist bei der Wechselwirkung der Antriebe nicht klar, welche Maschinen im Generator- und welche im Motormode sind, und welche Leistungen die Maschinen aufnehmen, wenn zwei Antriebe (Verbrennungsmotor und elektrische Maschine) oder drei Antriebe (Verbrennungsmotor, elektrische Maschine und Last) Leistung in das System motorisch einspeisen. Gerade bei zwei motorischen Komponenten wissen die Studierenden nicht, wie sich diese Leistungen dann auf die zwei generatorisch laufende Maschinen verteilen.

Darüber hinaus wurden bereits durch die 1. Gruppe im Lastenheft Versuche definiert, die das Verständnis des Getriebes ermöglichen, insbesondere die manuellen Teilversuche. Diese zeigen, wann welche Maschine abgestützt werden muss, um die Kraft einer anderen Maschine entsprechend weiterzuleiten.

Neben den manuellen Fällen wurde Funktionen im Lastenheft gefordert, die die hybriden Funktionen wie elektrisch Fahren, Fahren mit Verbrennungsmotor, Rekuperation usw. verdeutlichen. Da jedoch für alle hybriden Funktionen die Grundmechanismen des Getriebes verstanden sein müssen, werden im Folgenden ein Grundlehrpaket und ein erweitertes Lehrpaket definiert.

3.1.2 Grundlehrpaket

Im Rahmen dieses Pakets werden Versuche definiert, die das grundsätzliche Verständnis des leistungsverzweigten Getriebes ermöglichen. Dabei orientieren sich die Versuche an den hybriden Funktionen. Die im Folgenden aufgelisteten Versuche sind nach Aussage der Studierenden nach einigem Nachdenken nachvollziehbar und verständlich. Es bietet sich an, die Studierenden vorab überlegen zu lassen, welches Verhalten des Demonstrators sich einstellen wird und dies nach Diskussion mit dem Versuchsleiter dann auszuprobieren. Das im wahrsten Sinne des Wortes „Hand-anlegen-Müssen" festigt die Vorstellung von der Funktionsweise des Power-Split-Getriebes.

Motorstart:

Beim Motorstart wird die Verbrennungskraftmaschine (VKM) durch EM1 gestartet. EM1 ist zu betätigen (s. Bild 3.1) und die Drehung von VKM zu beobachten. Es ist zu erkennen, dass die VKM sich mitdreht, wenn auch mit anderer Geschwindigkeit als EM1. Dass EM2 stehen bleibt, liegt an der großen Last der Lasträder und EM2,

Erasmus+
Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.
Learning e-Mobility Plus

die an einer gemeinsamen Welle hängen. In der Praxis müssten die Lasträder beim Motorstart ebenfalls abgestützt werden, um ein Momenteneintrag und ein versehentliches Losfahren des Fahrzeuges zu verhindern.

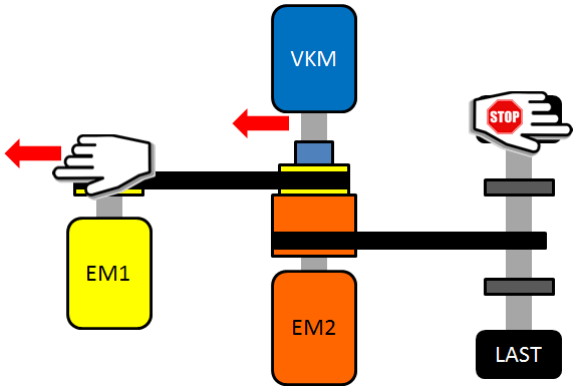

Bild 3.1: Manueller Versuch zum Motorstart

Elektrisch Fahren:

Beim elektrisch Fahren wird der Prius nur von EM2 angetrieben. Um die Kraft von EM2 ausschließlich auf die Räder zu bringen, muss VKM festgehalten werden. In diesem Fall dreht sich EM1 mit. In der Praxis kann die VKM blockiert werden, indem dieser abgeschaltet ist und die Kolben durch geschlossene Ein- und Auslassventile durch den Kompressionsdruck blockiert werden. EM1 kann leer mitdrehen, das heißt, eine Leistungsabgabe an die Batterie ist nicht erforderlich und auch nicht sinnvoll.

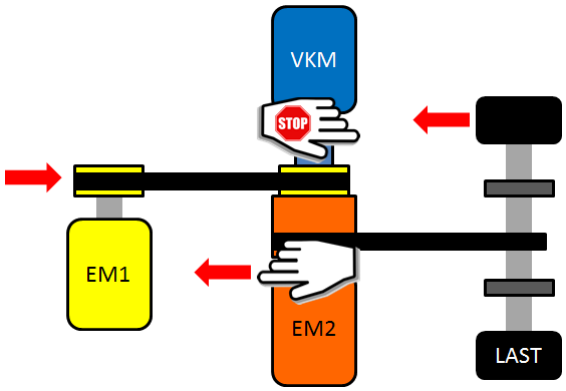

Bild 3.2: Manueller Versuch zum elektrisch Fahren

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

Learning e-Mobility Plus

Rekuperation:

Bei der Rekuperation wird mechanische Energie vom Rad in elektrische Energie an EM2 umgewandelt (Bild 3.3). Wichtig bei diesem Versuch ist, dass die Bewegung am Rad die Drehung von EM2 bewirkt. Mit Hilfe einer zweiten Person kann die Bewegung von EM2 gehemmt werden. Die Person am Lastrad spürt dort eine Bremswirkung. Die Last an EM2 wird in der Praxis durch den Betrieb von EM2 als Generator realisiert. Ferner kann beobachtet werden, dass VKM stillsteht und EM1 leer mitdreht.

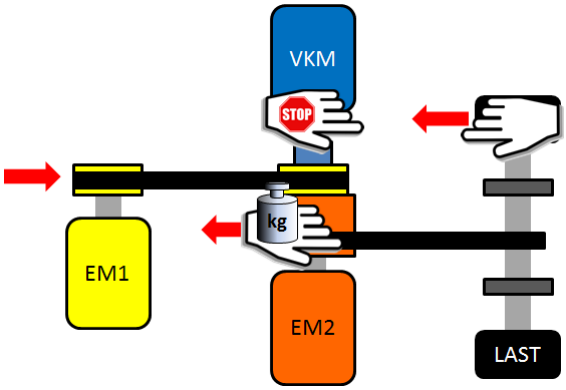

Bild 3.3: Manueller Versuch zur Rekuperation

Fahren mit VKM:

Beim Fahren mit dem Verbrennungsmotor ist dieser die Hauptantriebsquelle. Wichtig bei diesem Versuch ist die Tatsache, dass das Drehen der VKM nicht zum Vortrieb des Fahrzeuges führt. Die Studierenden können dies „erfahren", indem sie einfach an der VKM drehen und bemerken werden, dass die Drehung komplett in eine Drehung von EM1, aber nicht in eine Drehung von EM2 bzw. der Räder umgewandelt wird. Um die Kraft vom Verbrennungsmotor auf die Straße zu bringen, muss EM1 gestoppt bzw. verzögert werden. EM1 muss folglich als Generator arbeiten. Der Strom fließt entweder in die Batterie, dies kann aber nur solange gehen, wie die Batterie Aufnahmevermögen hat. Ist die Batterie voll, muss der Strom woanders hin. Es bleibt in diesem Fall nur die Maschine EM2, die dann motorisch unterstützt.

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

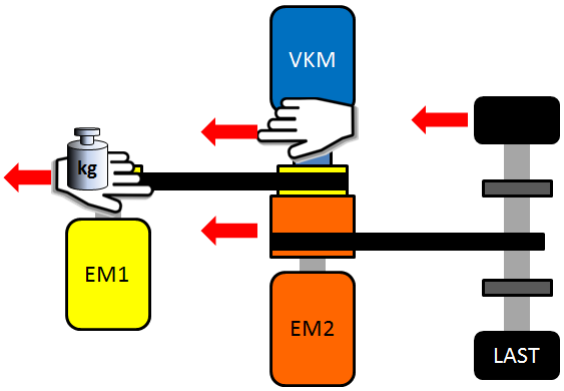

Bild 3.4: Manueller Versuch zum Fahren mit VKM

3.1.3 Erweitertes Lehrpaket

Während bei den Versuchen des Grundlehrpakets die Studierenden mit gewisser Hilfestellung keine weiteren Probleme haben, das Verhalten des Demonstrators vorherzusagen, wird bei einem anderen Szenario klar, dass der Triebstrang in seiner einfachen Funktionsweise zwar durchschaut wurde, das Zusammenspiel der Leistungsverzweigung, was ja gerade diesen Triebstrang ausmacht, aber im Endeffekt dennoch unklar ist. Als einleitende Überlegung sollen die Studierenden vorhersagen, was bei einem Szenario nach folgendem Bild passiert:

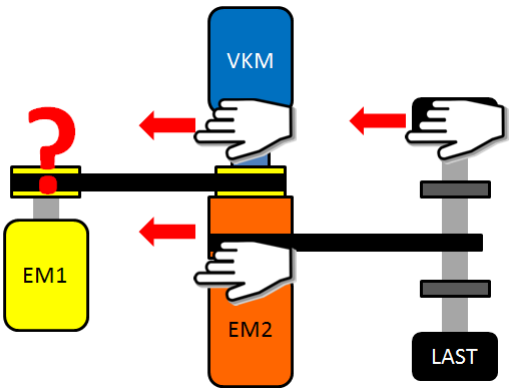

Bild 3.5: Unbekanntes Fahrszenario manuell oder automatisch

Bevor beantwortet wird, was mit EM1 passiert, sollten die Studierenden überlegen, welches Fahrszenario an dieser Stelle vorliegt. Im oben gezeigten Fall wird Leistung an drei Komponenten (VKM, EM2 und Räder) eingespeist. Dieses Szenario tritt folglich bei verbrennungsmotorischem Fahren auf einem Gefälle auf.

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

Um das verbrennungsmotorische Fahren zu ermöglichen, muss EM1 als Generator laufen (s. Bild 3.4). Somit kann die Drehrichtung von EM1 aus Bild 3.4 übernommen werden.

Es bleibt die Frage, mit welcher Last EM1 dann laufen muss. Hier sollten die Studierenden erkennen, dass durch die Fahrt auf einem Gefälle zusätzliche Leistung bei EM2 eingespeist wird. Wird das Fahrzeug auf dem Gefälle beschleunigt und soll die Drehzahl der VKM beibehalten werden, muss also EM1 in umgekehrte Richtung schneller drehen (kann anhand des Nomographen einfach gezeigt werden). Bezüglich der Leistung benötigt EM2 weniger als beim rein verbrennungsmotorischen Fahren, weil EM2 quasi durch die Bergabfahrt unterstützt wird. EM1 dreht also schneller, muss für EM2 aber weniger elektrische Leistung zur Verfügung stellen.

An dieser Stelle ist es wichtig, den Studierenden klar zu machen, dass die Bereitstellung der Leistung von EM1 durch die Leistungselektronik erfolgt. Die Vorgabe erfolgt dabei nicht durch das physikalische System automatisch, sondern die Regelstrategie im Steuergerät stellt diese Leistung ein.

Denn genau hier hat sich gezeigt, dass an dieser Stelle das eigentliche Problem beim Verständnis der Leistungsverzweigung liegt: Die Studierenden wissen nicht, welche Größen quasi natürlich vorgegeben sind und welche von der Betriebsstrategie beeinflusst werden. Genau dieser Versuch zeigt das aber. Um das zu untermauern, sollte der Versuch in Bild 3.5 mit 2 Varianten nachgefahren werden:

Vorbereitend ist der Demonstrator auf automatischen Betrieb gemäß Bild 3.6 einzustellen.

a) Variante 1: Nach vollzogener Einstellung leuchtet die Lampe an EM1, weil dieser als Generator arbeitet. EM1 dreht mit einer gewissen Drehzahl n1.
b) Variante 2: Im laufenden Versuch wird die Last an EM1 abgeschaltet (Schalter auf IDLE). Wegen der fehlenden Last dreht EM1 nun schneller. Es kann sich aber die Drehzahl von EM1 nicht alleine ändern (s. Nomograph). Die VKM wird deswegen auch langsamer oder EM2 bzw. die Lasträder schneller oder beides. Was an dieser Stelle dann konkret passiert, hängt von den Lastverteilungen an VKM und EM2 und der Last ab und kann dann nur mittels einer Rechnung beantwortet werden.

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

Bild 3.6: Einstellungen für automatischen Versuch

Dieser Versuch zeigt deutlich auf, dass das Verhalten des Triebstrangs nicht alleine von den physikalischen Freiheitsgraden abhängig ist, sondern auch in der Steuerung Freiheitsgrade vorhanden sind. Erst wenn beide Freiheitsgrade definiert sind, kann das Verhalten des Systems vorhergesagt werden.

Aufbauend auf diesem Versuch lassen sich je nach Bedarf weitere Szenarien definieren und in den Unterricht integrieren. Die grundlegende Erkenntnis des Zusammenspiels zwischen Physik und Steuerung wird aber mit diesem ersten erweiterten Versuch deutlich gemacht.

3.2 Einsatz des Priusdemonstrators in der Ausbildung

3.2.1 Ausgangssituation

Auf der Seite der Auszubildenden gab es eine kontinuierliche Besetzung des Projektteams. Dies erwies sich insoweit als vorteilhaft, als dass die Teilnehmer von den im Projekt erworbenen Erkenntnissen profitieren und aufbauen konnten. Die Projektteilnehmer befanden sich ausschließlich im ersten Lehrjahr, was sich als erschwerende Basis bezüglich des technischen Verständnisses und der Aufnahmefähigkeit neuer Zusammenhänge darstellte. Auszubildende im zweiten Ausbildungs-

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

Learning e-Mobility Plus

jahr, z.B. nach der Gesellenprüfung I, hätten bessere Eingangsvorraussetzungen. Auch bei den Auszubildenden gab es bis zur endgültigen Fertigstellung des Demonstrators, Verständnisdefizite bezüglich der Leistungsverzweigung. Auch wenn die Betrachtungen und Abhandlungen weniger wissenschaftlich und nur auf dem reinen Funktionsprinzip basieren, war dies eindeutig an folgender Beobachtung erkennbar: Obwohl die Funktionsweise des PSG von Anfang an Zentralaspekt des Projektes war, bereitete das selbstständige Erklären der wichtigsten Funktionen, dem ein oder anderen Probleme. Anlehnend an den Einsatz im Studium, soll der Demonstrator die hybriden Funktionen wie elektrisch Fahren, Fahren mit Verbrennungsmotor, Rekuperation usw. auch in der Ausbildung verdeutlichen. Für das Grundverständnis der hybriden Funktionen ist das Grundlehrpaket, analog zur Ausbildung im Studium ideal.

3.2.2. Grundlehrpaket

Angelehnt an den Versuchen aus 3.1.2., kann bestätigt werden, dass auch die Auszubildenden in kurzer Zeit ein greifbares Verständnis für die Funktionsweise des PSG entwickeln. Auch in der Gruppe der Auszubildenden bietet sich eine Interaktion aus Fragen, Nachdenken, Diskutieren und Ausprobieren an. Besonders wirkungsvoll erwies sich auch hier der haptische Aspekt des Demonstrators.

Nach dem Abarbeiten der vier Lehrpakete aus 3.1.2. kann der Ausbilder noch verschiedene automatische Fahrszenarien demonstrieren und dabei Erlerntes abfragen.

Der Demonstrator bietet eine optimale Ergänzung zur Ausbildung, nach aktuellem Ausbildungsrahmenplan des KFZ-Mechatronikers. Einsatzmöglichkeiten im o.g. Rahmen können sowohl in der Berufsschule als auch in der überbetrieblichen Lehrunterweisung (ÜBL) erfolgen, wobei der ÜBL Kurs K4 mit Schwerpunkt Hochvoltsysteme eher als prädestiniert für den Einsatz erscheint. Hier bietet sich der parallele Einsatz mit einem realen Toyota Prius an. Die Auszubildenden können das Fahrzeug unter Werkstattbedingungen kennenlernen sowie gemeinsam mit dem Ausbilder Fahreigenschaften erfahren und dokumentieren. Im Anschluss kann die genaue Funktion des Hybridsystems am Demonstrator erarbeitet werden.

Erasmus+

Dieses Projekt wird durch das Programm Erasmus+ der Europäischen Union gefördert. Der Inhalt dieser Veröffentlichung gibt allein die Meinung des Verfassers wieder. Die Nationale Agentur und die Europäische Kommission haften nicht für die Nutzung der enthaltenen Informationen.

Learning e-Mobility Plus