Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
University of Applied Sciences

Learning e-Mobility Plus

INTERLECTUAL OUTPUT O6:

DOKUMENTATION ZUM TRANSFER DES LEHRSYSTEMS

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	2.2
Bearbeitungsdatum	22.06.2016
Erstelldatum	27.05.2016
Referenzdokumente	O2 Lastenheft Prius Version 4-0.pdf O3 Pflichtenheft Prius Version 3-2.pdf Anschlussplan.pdf Benutzerhinweise Demonstrator Version 2.1 Frontplatte_BPU.pdf Kodierung Bedienelemente BPU.pdf Kupplungen_Misumi.pdf Lagerböcke_Misumi.pdf Layout_BPU.pdf Layout_MOT_2.pdf prius_kraftwege2.jpg – Quelle: kfztech.de Räder.pdf Schaltplan_BPU.pdf Schaltplan_MOT_2.pdf Start.mpg Tischrollen_Zoro.pdf Zahnräder_Misumi.pdf Zahnriemen_Misumi.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.

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 Einführung 5
2 Entstehung des Lernsystems 6
2.1 Glossar 6
2.2 Rahmenbedingungen 6
2.3 Zweck und Anwendungsbereich 7
2.4 Entstehungsphasen 8
2.4.1 Bildung der Arbeitsgruppen 8
2.4.2 Erstellung des Lastenhefts 9
2.4.3 Erstellung des Pflichtenhefts 11
2.4.4 Bildung der AG Studenten/Azubis 14
2.4.5 Bau des Lernmodells 14
3 Dokumentation des Lernmodells 18
3.1 Konstruktionshinweise 18
3.1.1 Elektrisches Gesamtsystem 18
3.1.2 Bedienpult 19
3.1.3 Motoreinheit 20
3.1.4 Montagetisch 20
3.1.5 Power-Split-Getriebe 20
3.1.6 Technische und didaktische Hinweise 21
3.2 Bauprozess 21
3.2.1 Schritte und Verlaufskontrolle 21
3.2.2 Probleme, notwendige Anpassungen 22
4 Transfermöglichkeiten 23
4.1 Prinzipielle Anwendungsmöglichkeiten 23
4.1.1 Anwendung im akademischem Umfeld 23
4.1.2 Anwendung im Bereich der dualen Ausbildung 24

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 Einführung

Die Ausbildungssituation an Hochschulen und beruflichen Bildungsinstituten zeichnet sich aus durch eigenständige Inhalte. Zwischen beiden Institutionen findet praktisch kein Austausch statt. Sowohl politisch als auch seitens der Auszubildenden ist jedoch der Ruf nach mehr Durchlässigkeit immer stärker wahrnehmbar. Auszubildenden soll der Weg an die Hochschulen geebnet werden, Studierende sollen bei Problemen im Studium leichter in die Ausbildungswelt wechseln können.

Berufliche und akademische Ausbildung laufen praktisch nebeneinander her. Darüber hinaus gibt es eine zweite Barriere, die in der Fahrzeugtechnik auf Dauer nicht haltbar sein wird: Es gibt Berührungsängste zu Themen mit elektrotechnischen Inhalten. Moderne Entwicklungen der Fahrzeugtechnik bewegen sich schon seit geraumer Zeit in diesem Spannungsfeld.

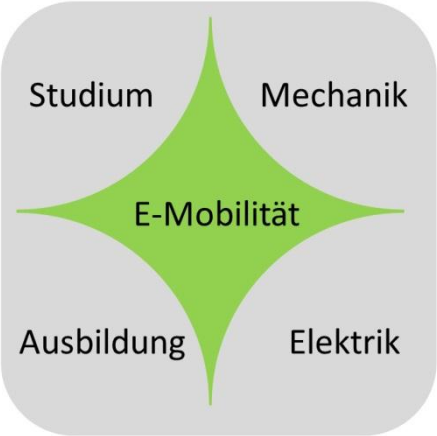

Bild 1.1: Spannungsfelder in der Fahrzeugtechnik/Elektromobilität

Spätestens beim Umgang mit elektrischen Antriebssystemen müssen Vorbehalte gegenüber diesen Inhalten bei den Fahrzeugtechnikern überwunden werden.

Das Projekt E-Mobility Plus setzt in diesem Spannungsfeld an. Gemeinsam mit Auszubildenden der Kfz-Innung Berlin und Studenten der HTW Berlin wird ein komplexes technisches System aus dem Bereich der Elektromobilität als Demonstrator nachgebaut.

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.

2 Entstehung des Lernsystems

2.1 Glossar

Im Rahmen dieser Dokumentation werden diverse Begrifflichkeiten verwendet. Zur Vermeidung von Missverständnissen ist es wichtig, dass diese Begrifflichkeiten klar definiert werden.

Demonstrator: Der Demonstrator bezeichnet das technische System, das in der Gänze von den Studierenden und Auszubildenden entwickelt wird.

ECTS: European Credit Transfer System. Diese Zahl kennzeichnet den Arbeitsaufwand, den ein Studierender mit einer Lehrveranstaltung insgesamt hat. Pro ECTS werden an der HTW Berlin 30 Stunden angesetzt.

Lehrsystem: Siehe ***Demonstrator***

Lernenvironment: das Lernenvironment bezeichnet die Gesamtheit des Projektes. Zum Lernenvironment gehören zum einen die Zusammenarbeit der Studierenden und Auszubildenden, die Bildung der gemeinsamen Projektgruppen und zum anderen die einzelnen Schritte zur Entwicklung des Projektes.

Projekt-AG: Die Projekt-AG bezeichnet eine Gruppe von Studierenden und Auszubildenden, die angeleitet von Lehrkräften des Ausbildungsbetriebes oder der Hochschule diverse Arbeitspakete theoretischer oder praktischer Art umsetzen.

SWS: Semesterwochenstunden: Zahl der Stunden pro Woche, die ein Studierender an Präsenzzeit an der Hochschule im Rahmen einer Lehrveranstaltung hat.

Wahlpflichtfach: Ein Modul in einem Studiengang mit einem bestimmten Semesterwochenstunden- und Arbeitsumfang, das die Studierenden aus einem Katalog von Angeboten wählen können.

2.2 Rahmenbedingungen

Das Projekt wurde im Rahmen eines zweijährigen Forschungsvorhabens durchgeführt. Auf Seiten der Kraftfahrzeuginnung waren fünf Auszubildende im 1. Lehrjahr im Projekt involviert. Diese Auszubildenden haben das Projekt von Anfang bis Ende begleitet.

Auf Seiten der Hochschule waren Studenten des 5. Fachsemesters im Bachelorstudiengang Fahrzeugtechnik am Projekt beteiligt. Das Projekt war Bestandteil des Wahlpflichtfaches (WP) Fahrzeugelektrik/-elektronik und hatte einen Umfang von 2

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

SWS mit 5 ECTS. Da dieses WP jedes Semester neu angeboten wird, wechselte die Teilnehmerschaft semesterweise.

Aus diesem Grunde wurde der Projektablauf bewusst viergeteilt, um Studierenden und Auszubildenden abgeschlossene Arbeitspakete des Projektes anzubieten und den Studierenden der Folgesemester einen leichten Zugang zum Projekt zu ermöglichen.

Seitens der Lehrkräfte waren von der Innung des Kraftfahrzeuggewerbes Berlin zwei Ausbilder und seitens der HTW Berlin ein Professor vertreten.

Für gemeinsame Abstimmungen und Besprechungen wurden vor Projektbeginn gemeinsame Treffen der Studierenden und Auszubildenden mit den Lehrkräften sowohl an der Innung als auch an der Hochschule in Erwägung gezogen. Theoretische Inhalte sollten gemeinsam erarbeitet werden und ein Austausch zwischen den Studierenden und Auszubildenden sollte gefördert werden.

2.3 Zweck und Anwendungsbereich

Beim Lehrsystem müssen zwei verschiedene Aspekte unterschieden werden. Zum einen beschreibt das Lehrsystem die Durchführung eines gemeinsamen Projektes mit Auszubildenden und Studierenden, zum anderen beschreibt das Lehrsystem aber auch die Entwicklungsschritte im Projekt hin zu einem in der Lehre brauchbaren Demonstrator.

Der Zweck der gemeinsamen Arbeit zwischen Studierenden und Auszubildenden liegt darin begründet, dass die Auszubildenden die Nutzer und Servicekräfte dessen sind, was die Studierenden später entwickeln, so dass ein gemeinsamer Kontakt und die Beleuchtung technischer Produkte aus beiderlei Sicht für alle Beteiligten für die weitere Ausbildung und deren Berufsweg als förderlich erachtet wird.

Bei der Produktentwicklung steht im Vordergrund, dass vermutlich Studierende wie Auszubildende beim Verständnis technischer Anlagen gleiche oder ähnliche Verständnisprobleme haben. Moderne Laborsysteme sind aber häufig von Ingenieuren entwickelt und berücksichtigen nicht die Anforderungen aus Sicht eines Auszubildenden. Der Anspruch bei der Entwicklung eines Demonstrators liegt in diesem Projekt also darin, ein für beide Gruppen nutzbares System zu schaffen, wo von vornherein die Anwendung gesehen wird. Darüber hinaus können die Studierenden und Auszubildenden beim Erlernen der Theorie ihre Verständnisschwierigkeiten sofort erkennen und diese Erkenntnisse ins Lernsystem einfließen lassen.

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.

Ergebnis dieses Projektes ist es dann, dass sowohl Hinweise für die Organisation und Durchführung eines solchen Projektes gegeben werden können, als auch das entwickelte System später in der Lehre und in der Ausbildung eingesetzt werden kann.

2.4 Entstehungsphasen

Wie bereits zuvor erläutert, wurde das Projekt in vier wesentliche Abschnitte unterteilt. Die eigentlichen Projektphasen sind die Erstellung des Lastenhefts, die Erstellung des Pflichtenhefts, der Bau des Lernmodells und die Anwendung des Modells im Ausbildungskontext.

2.4.1 Bildung der Arbeitsgruppen

Vor der eigentlichen Projektarbeit wurden die Arbeitsgruppen gebildet. Seitens der Hochschule wurde das 5. Fachsemester im Bachelorstudiengang Fahrzeugtechnik ausgewählt. Da die Bachelorstudenten inhaltlich noch nicht so weit von Personen mit einer abgeschlossenen Berufsausbildung entfernt sind, wurde der Bachelor gegenüber dem Master bevorzugt. Darüber hinaus bot sich das 5. Semester an, da die Studierenden bereits über Entwicklungs-Know-how verfügen und sie diese Arbeiten im Rahmen eines offiziellen Moduls ihres Curriculums durchführen und mit einer Note abschließen konnten. Zudem wurden diese Arbeiten ihrem Studium angerechnet. Anrechnung und Note waren hier Garanten für ein diszipliniertes Arbeiten im Projekt. Die Studierenden bei einer freiwilligen Teilnahme zu motivieren, hätte in der Prüfungszeit vermutlich nicht mehr geklappt. Ein regelmäßiges Arbeiten am Projekt war so außerdem gewährleistet.

Die Auswahl der Auszubildenden erfolgte aus dem Ausbildungsplatzprogramm (APP), welches durch den ESF und dem Senat von Berlin gefördert wird. Diese Auszubildenden absolvieren den praktischen Anteil im ersten Jahr ihrer Ausbildung überwiegend in den Schulungs- und Werkstatträumen der Fachschule für Kfz-Technik der Innung des Kraftfahrzeuggewerbes Berlin. Primäre Motivation zur Auswahl dieser Lehrlinge lag in der guten zeitlichen Verfügbarkeit durch die hausinterne Planung. Auszubildende bzw. Unternehmen zu finden, die sich in einem klassischen Ausbildungsverhältnis befinden, hätte sich mit Sicherheit schwieriger organisieren lassen. Die differenzierte Auswahl der fünf Teilnehmer basierte vorrangig auf freiwilligem Interesse zum Thema „Elektromobilität". Die zur engeren Auswahl gehörende Gruppe zeigte im Vorfeld eine gute bis sehr gute Leistungsbereitschaft.

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.

2.4.2 Erstellung des Lastenhefts

Das Lastenheft ist im Rahmen eines Produktentwicklungsprozesses einer der wichtigsten Teile. Da die Entwicklung des Demonstrators aus didaktischen und auch qualitätsseitigen Gründen entlang eines in der Industrie gelebten Produktentwicklungsprozesses (PEP) geführt wurde, musste den Auszubilden und Studierenden gleich zu Projektbeginn erklärt werden, wie dieser abläuft und welche Vorteile dieser mit sich bringt. Relativ gleichzeitig mussten auch die inhaltlichen Aspekte des Projektes geklärt und das Basiswissen zu Hybridfahrzeugen im Allgemeinen und zum Toyota Prius im Speziellen vermittelt werden. Im Rahmen folgender gemeinsamer Termine wurden diese Inhalte erarbeitet:

Tabelle 2.1: Projekttermine zur Lastenhefterstellung und Inhalte

Datum	Inhalt
08.10.2014	1. LV: Umfrage mit sechs Studenten Thema Hybrid und Lastenheft
15.10.2014	Abstimmungstreffen mit Kfz-Innung
22.10.2014	2. LV: Vortrag Prius Hybrid
05.11.2014	3. LV: Vortrag Lastenhefterstellung
19.11.2014	4. LV: Gemeinsames Treffen Innung und HTW
27./28.11.2014	Studenten an der Innung (E-Lehrgang)
03.12.2014	5. LV: Elektrische Antriebe I
17.12.2014	6. LV: Elektrische Antriebe II
20.12.2014	Lastenheft Version 1.0
14.01.2015	7. LV: Gemeinsames Treffen Innung und HTW
05.01.2015	Feedback Lastenheft Version 1.0
22.01.2015	Lastenheft Version 2.0
19.02.2015	Finale Version Lastenheft 4.0

Bei der Erstellung des Lastenheftes und bei der Durchführung des Projektes entlang des Produktentwicklungsprozesses wurden folgende Beobachtungen gemacht:

a) Studierende und Auszubildende hatten gleichermaßen das Problem, die Abgrenzung der einzelnen PEP-Zyklen (Lastenheft, Pflichtenheft usw.) zu verstehen.
b) Die Erstellung des Lastenheftes wurde „als schwierig" empfunden. Dies galt insbesondere bei der Definition der Anforderungen: Was will man vom Demonstrator? Was soll dieser können? Wie soll dieser bedient werden? Welche Funktionen sollen realisiert werden? Was sind überhaupt „Funktionen"?

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

c) Nach überwundenen Startschwierigkeiten wurden die Vorteile des Lastenheftes erkannt. Es ergab sich eine Tendenz zur Forderung eines Systems, was nach Möglichkeit alles abdecken sollte. Der zeitliche Rahmen zur Umsetzung und Realisierung des Demonstrators wurde aus den Augen verloren.
d) Eine Testbarkeit gegen die Anforderungen ist nicht möglich, weil diese nicht vollständig geprüft wurden und nicht vollständig auf Widerspruchlosigkeit analysiert worden sind.
e) Eine Machbarkeitsanalyse im Vorfeld ist nicht erfolgt.

Die oben aufgelisteten Punkte haben dazu geführt, dass ein umfangreiches Lastenheft entstanden ist, was aber in sich nicht immer widerspruchsfrei ist und was im Rahmen der Zeit auch nicht umgesetzt werden konnte. Die Studierenden beklagten teilweise die Schwierigkeiten bei der Definition des Lastenheftes, was daran lag, dass sie versucht haben, ein System zu spezifizieren, was technische Finessen enthält und einen weiten Anwendungsbereich ermöglicht. Die Abbildung ihrer eigenen Verständnisschwierigkeiten und das Berücksichtigen im Demonstrator wurde mangels Reflexion des eigenen Kenntnisstands nicht realisiert.

An dieser Stelle ist der Projektleiter oder Betreuer gefragt, das Lastenheft immer wieder zu hinterfragen. Auch wenn es den Studierenden nicht gelingt, ihre eigenen Schwierigkeiten beim Verstehen technischer Sachverhalte in Worte zu fassen, so muss doch der Betreuer hier durch geschicktes Nachfragen und Durchspielen von Fallbeispielen diese Dinge erkennen und überlegen, ob der so spezifizierte Demonstrator beim Überwinden der Verständnisschwierigkeiten hilft. Das Lastenheft liegt als Dokument *O2 Lastenheft Prius Version 4-0.pdf* vor.

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

Das nachstehende Bild 2.1 zeigt das Konzept des Demonstrators, wie es im Lastenheft spezifiziert worden ist.

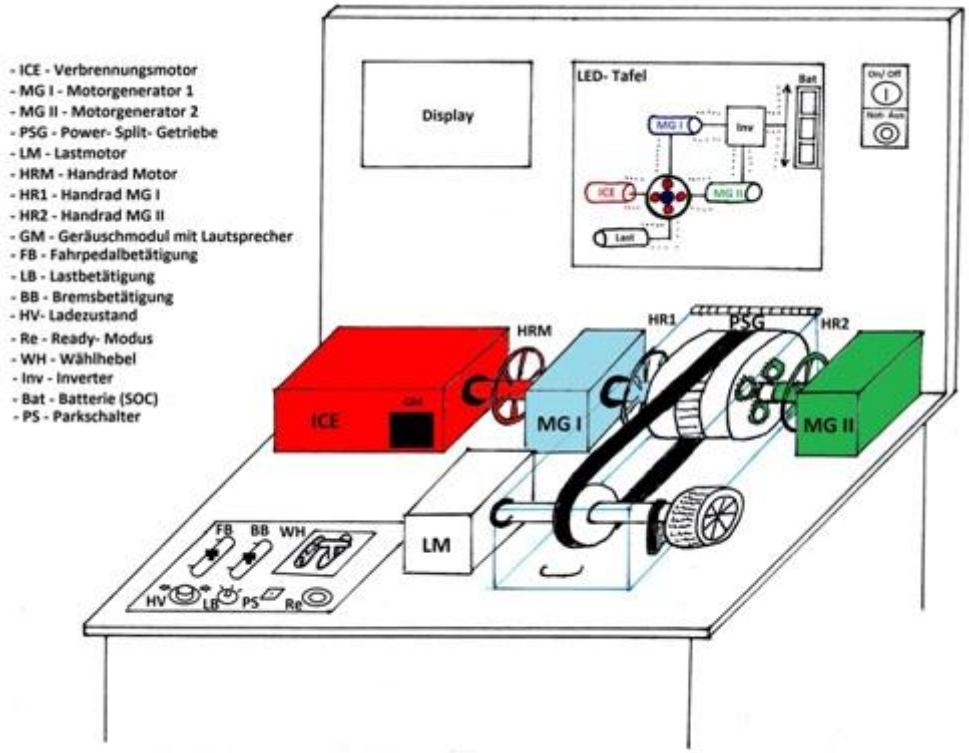

Bild 2.1: Konzept des Demonstrators aus dem Lastenheft

Bei der Betreuung des Auszubildenden war teilweise eine noch größere Unsicherheit als bei den Studenten zu beobachten. Diese resultierte, nach Erfahrung der Ausbilder, aus dem noch mangelnden technischem Verständnis sowie der Schwierigkeit, Wünsche und Erwartungen zu formulieren und zu äußern (siehe Punkte a) und b) oben). Diese Unsicherheit ließ sich nach und nach durch themenbezogenen Input abbauen. Diese Herausforderung wäre bei Auszubildenden im fortgeschrittenen Ausbildungszeitraum sicherlich nicht so umfangreich ausgefallen, da diese mindestens durch berufsschulische Inhalte besseres Systemverständnis besäßen.

2.4.3 Erstellung des Pflichtenhefts

Das Pflichtenheft ist die Antwort auf das Lastenheft. Im Folgesemester (SoSe 2015) waren 15 Studierende im Kurs angemeldet, die die Aufgabe hatten, auf Basis der finalen Version des Lastenheftes das Pflichtenheft zu entwickeln. Auch hier mussten vorab den Studierenden die Grundlagen der Hybridtechnik und des Toyota Prius vermittelt sowie eine Einführung in die Erstellung eines Pflichtenheftes gegeben 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 2.2: Projekttermine zur Pflichtenhefterstellung und Inhalte

Datum	Inhalt
08.04.	Einführung/Hybride Antriebe
15.04.	Hybride Antriebe I
22.04.	Hybride Antriebe II
29.04.	Der Triebstrang des Toyota Prius I
06.05.	Der Triebstrang des Toyota Prius II
13.05.	Besuch der Auszubildenden an der HTW Berlin
20.05.	Lasten- und Pflichtenhefte
27.05.	Gleichstrommaschinen/Ansteuerung
Einzeltermine	Auslegung Demonstrator
08.06.	Lehrgang Hybrid/E-Fahrzeuge I an der Innung
15.06.	Lehrgang Hybrid/E-Fahrzeuge II an der Innung
22.07.	Pflichtenheft Finale Version (Version 3.2)

Bei den mit „Einzeltermine" gekennzeichneten Veranstaltungen zur Auslegung des Demonstrators wurden die Teilsysteme von drei Gruppen im Rahmen der Lehrveranstaltung spezifiziert.

Die Arbeiten zum Demonstrator wurden dabei zwischen den Auszubildenden und den Studierenden aufgeteilt. Die Auszubildenden waren für die Planung des mechanischen Aufbaus (Montageplattform Demonstrator und Power-Split-Getriebe) verantwortlich, die Studierenden haben sich in drei Gruppen um die Themen Auslegung Motoren, Ansteuerung/Sensorik und Anzeige- und Bedieneinheit gekümmert.

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

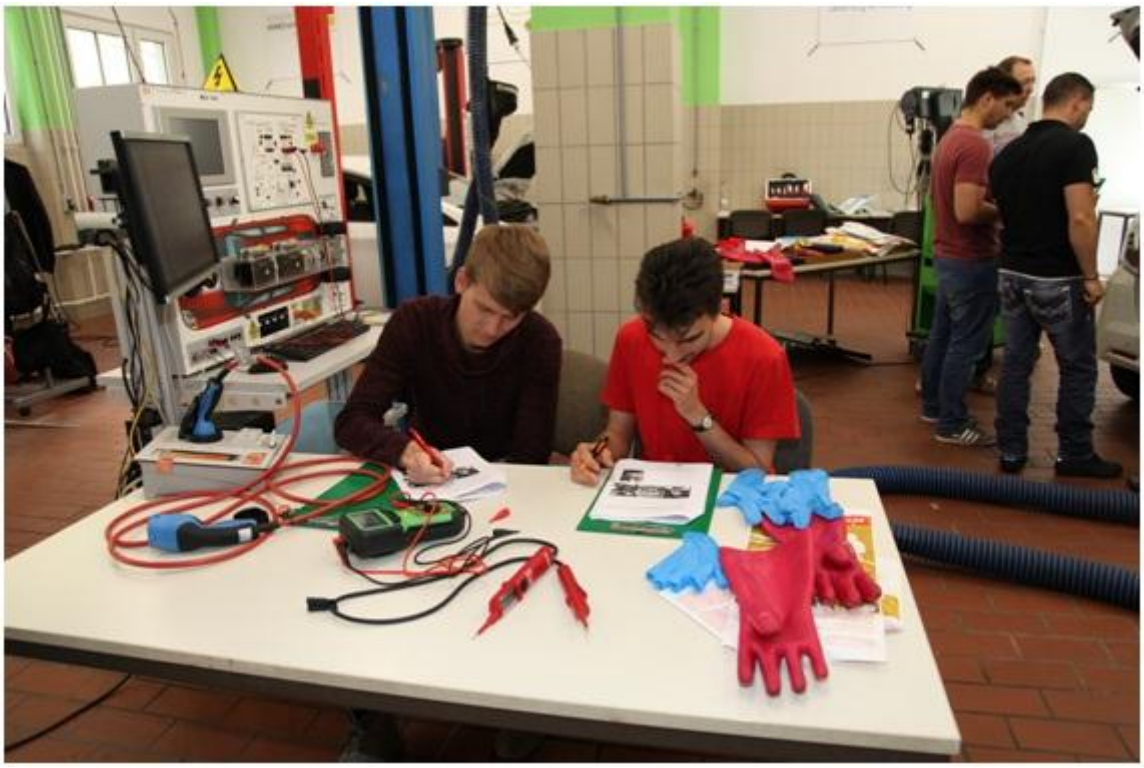

Bild 2.2: Studenten und Auszubildende beim Hybridlehrgang an der Kfz-Innung

Auch bei der Erstellung des Pflichtenheftes zeigte sich, dass die Arbeitsschritte entlang des PEP für die Studierenden sehr gewöhnungsbedürftig waren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Studierenden selbst noch keine Produktentwicklungsprojekte durchgeführt haben. Auch für die Auszubildenden schien dieser Teil des Projektes sehr abstrakt zu sein, aber im Vergleich zu den Projektterminen des Lastenheftes war jetzt schon mehr Feedback erkennbar. Teilweise waren die Studierenden mit der theoretischen Entwicklung von technischen Systemen überfordert. Trotz mehrfacher Aufforderung seitens des Betreuers waren die Studierenden schwer zu überzeugen, das Gesamtsystem von einer abstrakten Übersichtsebene auf die Details runterzubrechen. Sinn dieser Vorgehensweise ist, dass von oben nach unten die Schnittstellen aller Teilkomponenten erfasst werden und später nicht vergessen werden können. Immer wieder neigten die Studierenden dazu, sich auf ihr eigenes System, für das sie verantwortlich waren, zu fokussieren und dabei die benachbarten Systeme aus dem Auge zu verlieren.

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.

Dieser Umstand ist der Tatsache geschuldet, dass das Lastenheft von vornherein zu umfangreich ausgefallen ist. Seitens der Betreuer hätte ein reduzierter Funktionsrahmen gefordert werden müssen. Darüber hinaus ging es bei den Themen seitens der Studierenden um rein elektrisch/elektronische Inhalte. Da naturgemäß bei den Studierenden der Kraftfahrzeugtechnik auf diesen Wissensgebieten große Defizite bestehen, war die Aufgabe umso schwieriger. Als Konsequenz bleibt die Empfehlung, dass solche Projekte von vornherein überschaubarer gehalten werden müssen, was dann aber immer die Gefahr birgt, dass die Teilnehmer das System als vermeintlich zu einfach empfinden und nicht die Notwendigkeit sehen, bei der Spezifikation ins Detail zu gehen.

Das Pflichtenheft liegt als Dokument *O3 Pflichtenheft Prius Version 3-2.pdf* vor.

2.4.4 Bildung der AG Studenten/Azubis

Die AG Studenten/Azubis wurde mit jedem Semesterbeginn neu gebildet, da die Gruppe der Studierenden mit jedem Semester gewechselt hat. Zu Beginn der ersten beiden Halbjahre hat ein Kennenlerntreffen stattgefunden, wo Studierende und Azubis sich vorgestellt und über das System ausgetauscht haben. Im dritten Halbjahr sind die Studierenden und Azubis das erste Mal beim Zusammenbau des Demonstrators zusammengetroffen.

Die Projektleitung wurde unverändert gelassen und von zwei Auszubildenden der Kfz-Innung und einem Professor der HTW Berlin übernommen.

2.4.5 Bau des Lernmodells

Mit dem Bau des Lernmodells wurde im September 2015 begonnen. Aufgrund der beschränkten Zeit für die Realisierung des Demonstrators haben die Projektleiter beschlossen, den Funktionsumfang des Demonstrators deutlich einzuschränken. So wurde auf das Display für den Nomograph und die Leistungsflüsse verzichtet. Die Geräuschsimulation des Verbrennungsmotors wurde ebenfalls gestrichen. Das Bedienpult besteht nicht aus original Toyotateilen und eine automatisierte Zyklenfahrt mit den Elektromotoren wurde ebenfalls nicht umgesetzt.

Für den eigentlichen Demonstratorbau waren einige vorbereitende Arbeiten notwendig. Dazu gehörte zum einen die Umsetzung der Anforderungen an die Montageplattform. Hierzu wurde kostengünstig ein Tischgestell auf entsprechende Maße gekürzt und mit Rollen versehen. Diese formgebenden Arbeiten passten sehr gut zu den Ausbildungsinhalten der Auszubildenden. Desweiteren musste für den zur Verfügung stehenden Planetenradsatz entsprechende Anbindungswellen gefertigt 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

Bei diesem Arbeitspaket waren teilweise Tätigkeiten notwendig, die nicht mit dem Ausbildungsplan kongruent sind. Aus diesem Grund sind bei Arbeiten wie Drehen, Fräsen und Lackieren die Ausbilder eingesprungen bzw. wurden diese Tätigkeiten an andere Gewerke übergeben. Letzteres förderte natürlich die Sozialkompetenz der jungen Auszubildenden.

Ausgangspunkt des Demonstratorbaus war die Planung der Komponentenanordnung und die Ankopplung von Wellen an das Planetengetriebe.

Bild 2.3: Auszubildende bei der Diskussion der Komponentenanordnung

Gleichzeitig wurden die Bedienbox und die Motormodule gefertigt. Die Bedienbox ermöglicht die stufenlose Steuerung der Antriebsmotoren im Motor- und im Lastmodus.

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

Bild 2.4: Bedienpult für den Demonstrator

Im Wesentlichen wurden im Zeitraum 09/2015 bis 11/2015 folgende Teilmodule von den Auszubildenden, Studierenden und den Projektleitern gefertigt:

Tabelle 2.3: Art und Anzahl gefertigter Teilmodule für Demonstrator

Anzahl	Komponente
1	Montagetisch
1	Power-Split-Getriebe
1	Bedienpult
4	Steuerkabelsätze Bedienpult ⇔ Motoreinheiten
3	Motoreinheiten VKM, EM1 und EM2
1	Motoreinheit für Lastantrieb

Nach Beginn des WS2015/16 wurde die neue studentische Gruppe mit 9 Teilnehmern in das Projekt und die Funktionsweise des Prius eingewiesen. Da sowohl Pflichten- als auch Lastenheft vorhanden waren, wurden die Studierenden in Gruppen eingeteilt und haben Teilprojekte (Erweiterungsprojekte) für den Demonstrator bearbeitet. Dies waren:

a) Überwachungsschaltung für Bedienpult
b) Auslegung der Spannungsversorgung
c) Auslegung einer universellen Drehzahlerfassungseinheit für EM1 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

Gerade bei der Auslegung der Spannungsversorgung (nicht zu viel und nicht zu wenig Leistung) sind detaillierte Kenntnisse der Funktionsweise des Triebstrangs und somit ein sicheres Verständnis für die Leistungsverzweigung notwendig. Gerade hier hat sich gezeigt, dass die theoretische Lehreinheit alleine nicht ausreichend für diesen Anspruch war. Die Versorgung wurde nicht korrekt ausgelegt.

Im November 2015 hat sich die Projekt AG bestehend aus Studierenden, Azubis und Projektleitern in der Innung getroffen, um den Demonstrator zusammenzubauen.

Bild 2.5: Azubis und Studierende montieren den Demonstrator

Nach Fertigstellung des Demonstrators zeigte sich, dass sowohl die Antriebsmotoren als auch die Leistungselektronik zu schwach ausgelegt war. Die Lasten am Power-Split-Getriebe konnten von den Motoren nicht bedient werden.

Infolgedessen musste das gesamte Antriebssystem re-designed werden. Neben der Erhöhung der Antriebsleistungen und -momente wurden thermische Überwachungsmechanismen in die Motoreinheiten integriert, um ein Überhitzen der Motoren unter

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

Last zu verhindern. In weiteren Workshops am 27.01. und am 17.02.2016 wurde das System fertiggestellt.

Das nachfolgende Bild zeigt den finalen Stand des Demonstrators, der sich wie im Lastenheft definiert manuell und automatisiert über ein Bedienpult ansteuern lässt.

Bild 2.6: Ansicht des Demonstrators (finaler Stand)

3 Dokumentation des Lernmodells

3.1 Konstruktionshinweise

3.1.1 Elektrisches Gesamtsystem

Die Verschaltung des elektrischen/elektronischen Gesamtsystems ist im Dokument

- Anschlussplan.pdf

dargestellt. Die Versorgung des Systems erfolgt mit drei verschiedenen Spannungsniveaus 0 V – 12 V – 24 V. Die Verbindungen von der Bedienbox zu den Motormodulen mit entsprechender Farbgebung sind gekennzeichnet.

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

3.1.2 Bedienpult

Das Bedienpult besteht aus den Schaltereinheiten und einer Anzeigeeinheit mit LED-Lauflichtern, die den elektrischen Leistungsfluss zwischen EM1, EM2 und der Batterie symbolisieren. Der Schaltplan des Bedienpults ist im Referenzdokument

- Schaltplan_BPU.pdf

hinterlegt.

Im Wesentlichen besteht die Schaltereinheit aus vier Teilfunktionen

a) Schalter- und Bedieneinheit (S. 1)
   Aus den Schalter und Bedienelementen werden logische Signale generiert, die als Steuersignale für die Lauflichtanzeigen und den Motorsteuerungen genutzt werden.
b) Interfaceeinheit (S. 2)
   Die Interfaceeinheit fasst alle Steckkontakte zusammen, die die Steuerplatine mit den Bedienelementen und dem Anzeige (LED-Bar)-Board verbinden.
c) Drehzahlindikator und Power Supply (S. 3)
   Mit Hilfe des Drehzahlindikators wird erkannt, ob einer der Drehschalter zur Ansteuerung der E-Motoren betätigt wurde. Das Erkennungssignal wird als Steuersignal (isSpeed) für die Lauflichtsteuerung weitergegeben. Die Spannungsversorgung von 5 V auf dem Board wird aus der 12-V-Versorgung abgeleitet.
d) Clock/Counter/Decoder/LED Bar (S. 4)
   Mit Hilfe von zwei Dezimalzählern und 1-aus-n-Dekodern wird das Lauflicht realisiert

Das Frontplattendesign und das Platinenlayout für eine Euro-Lochrasterplatine befinden sich in den Dokumenten

- Frontplatte_BPU.pdf
- Layout_BPU.pdf

Eine genaue Spezifikation der Kodierung und Signalbezeichnung der Bedienelemente befindet sich im Dokument

- Kodierung Bedienelemente.pdf

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

3.1.3 Motoreinheit

Die Motoreinheit besteht aus dem Leistungselektronikmodul zur Ansteuerung der Motoren, einer Relaisverschaltung, um im Generatormode eine Lampenlast und im Motormode den Motorausgang der Ansteuerung auf den Motor zu geben, und einer Sicherheitsschaltung, die den Motorstrom kontinuierlich begrenzt, wenn die Temperatur des Motors zu hoch wird.

Der Schaltplan des Motormoduls und das Platinenlayout sind in den Dokumenten

- Schaltplan_MOT_2.pdf
- Layout_MOT_2.pdf

dargestellt.

3.1.4 Montagetisch

Der Montagetisch wurde aus einem Gestell eines Unterrichtstisches und einer MDF-Platte hergestellt. Nachdem die Anordnung der Komponenten geklärt war, wurden alle nötigen Bohrungen und Aussparungen in die noch unlackierte MDF-Platte gefertigt. Im Anschluss wurde die Tischplatte lackiert und am Tischgestell befestigt.

Informationen zu den verwendeten Rollen befinden sich im Dokument

- Tischrollen_Zoro.pdf

3.1.5 Power-Split-Getriebe

Herzstück des Power-Split-Getriebes ist ein einfacher Planetenradsatz aus einem Viergang-Stufenautomatikgetriebe. Dieser wurde mit Anbindungwellen versehen, die individuell angefertigt werden mussten. Außerdem wurden das Hohlrad und das Sonnenrad zusätzlich mit Zahnrädern versehen, über die die Anbindung zu den Antriebsrädern und dem MG 1 erfolgt. Abweichend zur Toyotatechnologie wurde hier eine ausgelagerte Position des MG 1 gewählt, da die Verwendung eines Motors mit Hohlwelle unverhältnismäßige Kosten verursacht hätte. Zahnräder, Zahnriemen und Lagerböcke sind industrielle Normteile. Die Antriebsräder stammen aus dem Modellbau.

Informationen zu den Normteilen befinden sich in den Dokumenten

- Lagerböcke_Misumi.pdf
- Zahnräder_Misumi.pdf
- Zahnriemen_Misumi.pdf
- Kupplungen_Misumi.pdf

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.

- Räder.pdf

3.1.6 Technische und didaktische Hinweise

Vor der Inbetriebnahme der Motormodule sind diverse Einstellungen der Potis und Jumper auf der Motorplatine zu überprüfen. Ferner sind die Motorpolungen und Polungen der Lastlampen zu beachten.

Darüber hinaus kann die Temperaturüberwachung des Motorcontrollers eingestellt werden. Genauere Hinweise dazu finden sich im Dokument

- Benutzerhinweise Demonstrator Version 2.1.pdf

Für die erfolgreiche Einbindung des Demonstrators in die Ausbildung, empfiehlt sich der ergänzende Einsatz von Animationen und technischen Explosionsdarstellungen. Als Beispiel soll genannt sein

- Start.mpg
- prius_kraftwege2.jpg – Quelle: kfztech.de

3.2 Bauprozess

Der Vorgang des Bauprozesses gliedert sich in verschiedene Teilschritte. Dabei hat sich der nachfolgend erläuterte Weg als zielführend herausgestellt

3.2.1 Schritte und Verlaufskontrolle

Nach Vorlage des Lasten- und Pflichtenheftes und der Anpassung der Anforderungen auf die zur Verfügung stehende Projektzeit wurde der Demonstrator in folgenden Schritten zusammengebaut:

a) Bereitstellung des Montagetisches
   Basis des Demonstrators ist der Montagetisch, welcher nach vorbereitenden Arbeiten mit Rollen und einer den Anforderungen entsprechenden Arbeitsplatte versehen ist. Für eine dezente Verkabelung wurden Kabelkanäle an der Unterseite montiert und eine ausreichend große Ablage für die Netzteile positioniert.

b) Bereitstellung des Power-Split-Getriebes oder Komplettierung des Power-Split-Getriebes
   Wenn alle Teile des Power-Split-Getriebes gefertigt und angepasst sind, sollten diese gereinigt und entsprechend lackiert werden. Der Zusammenbau kann unabhängig erfolgen. Bei der Befestigung auf dem Montagetisch ist 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.
Learning e-Mobility Plus

eine winklige und korrekte Ausrichtung zu achten. Außen dürfen die Zahnriemen nur soweit gespannt werden, dass sie noch ohne großen Kraftaufwand um 90 Grad verdreht werden können.

c) Produktion des Bedienpults
Das Bedienpult kann unabhängig von den anderen Komponenten aufgebaut werden. Nach Fertigstellung des Bedienpults sind die entsprechenden Steuersignale an den Ausgängen zu überprüfen.
Die LED-Bars müssen sinngemäß laufen. Folgende Wahrheitstabelle ist dabei einzuhalten:

Tabelle 3.1: Wahrheitstabelle für Lauflichtrichtung

Bedingung	Lauflicht
Motorbetrieb, vorwärts	Batterie >> Motor
Motorbetrieb, rückwärts	Batterie << Motor
Generatorbetrieb, vorwärts	Batterie << Motor
Generatorbetrieb, rückwärts	Batterie >> Motor

d) Nach Fertigstellung des Bedienpultes sollten die Motoreinheiten gefertigt werden. Nach Aufbau der Platine und Verkabelung der Motoren und Lastlampen können die Motormodule zusammen mit dem Bedienpult auf richtige Funktion getestet werden.
Ein Test der Lampen (Generatorfunktion) ist erst im eingebauten Zustand der Motoren möglich, oder sie werden aneinander gekoppelt und ein Motor arbeitet als Motor, einer als Generator.
Ein Test der Strombegrenzung ist erst im eingebauten Zustand der Motoren im Gesamtsystem möglich. Sollten dort die Motoren nicht losdrehen, ist vermutlich die Verbindung zu den Pt1000-Sensoren auf der Motorplatine fehlerhaft.

3.2.2 Probleme, notwendige Anpassungen

Beim Betrieb des Demonstrators hat sich gezeigt, dass die E-Motoren für VKM und EM2 sehr hohen Dauerlasten ausgesetzt sind. Die dauerhafte Stromaufnahme der Motoren kann je nach Betriebszustand 12 A oder stellenweise auch mehr betragen. Die Abregelung des Motorstromes erfolgt bei Überhitzung des Motors ab 35 °C. Es wurde beim Betrieb jedoch beobachtet, dass die Überhitzung grundsätzlich mit einer Rauchentwicklung einher geht. Dies ist ein Anzeichen dafür, dass die Isolierung der

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

Ankerwicklung der Gleichstrommaschinen unter der hohen Stromlast und Wärmeentwicklng beginnt zu verdampfen. Über kurz oder lang werden die Motoren trotz Sicherheitsschaltung geschädigt, da die Erwärmung des Motorkörpers eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt und die Sicherheitsschaltung solange nicht ansprechen kann.

Ursache für die hohe Last liegt im hohen Reibanteil der Lasträder und den Reibmomenten der Motoren begründet. Diese werden über das Getriebe übersetzt und wirken so verstärkt insbesondere auf VKM und EM2. Es wird empfohlen, in einer überarbeiteten Version die Antriebsmotoren für VKM und EM2 zu ersetzen. Die Ansteuerelektronik kann indes beibehalten werden.

Bei der Wahl der neuen Antriebsmotoren sollte darauf geachtet werden, dass diese ein hohes Nennmoment (1 Nm) bei einer ausreichenden Nennstromlast (> 8 A) haben. Auf eine hohe Übersetzung zur Reduzierung der Stromaufnahme und Erhöhung des Antriebsmoments sollte verzichtet werden, da ein Andrehen der Motoren als Generatoren dadurch deutlich erschwert wird.

Alternativ kann ein Lüfter direkt in das Motorgehäuse verbaut werden, um so die Ankerwicklungen der Motoren permanent zu kühlen. Für eine ausreichende Frischluftzufuhr und Wärmeabfuhr ist zu sorgen.

4 Transfermöglichkeiten

4.1 Prinzipielle Anwendungsmöglichkeiten

Der Demonstrator eignet sich optimal als unterstützendes Tool zur Visualisierung von Zusammenhängen in der Kraftübertragung. Dabei liegt der Schwerpunkt natürlich im Bereich der alternativen Antriebstechnologie. Somit ist die Anwendung des Demonstrators nicht zwingend auf den Bereich der an der Entwicklung beteiligten Personengruppen festgeschrieben. Es ist also auch eine Nutzung in einer allgemeinbildenden Einrichtung denkbar. Im Folgenden soll die vorrangig angedachte Nutzungsmöglichkeit kurz dargelegt werden.

4.1.1 Anwendung im akademischem Umfeld

Im Bereich der Hochschulen und Fachhochschulen kann der Demonstrator z. B. im Studiengang „Fahrzeugtechnik" unterstützend im Unterricht genutzt werden. Dabei sind zwei Strategieansätze denkbar:

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 Studierenden bearbeiten vorgegebene Lehrpakete, wie sie im INTERLECTUAL OUTPUT O7 beispielhaft dargelegt sind. Dabei sind natürlich sämtliche Abstufungen zwischen Grund- und erweitertes Lehrpaket mögliche.

Die bei der Nutzung erkennbaren Probleme und Vorschläge werden aufgegriffen und in einem Art Miniprojekt analysiert und Verbesserungen erarbeitet. So können die Studierenden z.B. das Problem der Überhitzung aufgreifen und das Pflichtenheft anpassen. Dabei wird erkennbar, dass selbst kleinste Veränderungen an schon bestehenden Systemen mit einem gewissen Aufwand verbunden sind. Somit können nicht nur rein technische Zusammenhänge betrachtet werden, sondern auch Bereiche des Produktentwicklungsprozesses.

4.1.2 Anwendung im Bereich der dualen Ausbildung

Der Demonstrator ist prädestiniert für den Einsatz innerhalb der Ausbildung zum Kfz-Mechatroniker/Mechatronikerin. Die möglichen Verwendungen sind vielfältig und beginnen in der Berufsschule. Da in der Berufsschule das Spiralcurriculum im Vordergrund steht, kann der Demonstrator in jedem Ausbildungsjahr Anwendung finden. So könnte im ersten Lehrjahr mit einer Übersicht der Baugruppen begonnen und darauf aufbauend sowie wiederholend die Systemzusammenhänge in den nachfolgenden Ausbildungsjahren erarbeitet werden.

Neben der Anwendung in der Berufsschule, steht der Einsatz in der überbetrieblichen Lehrunterweisung (ÜBL, ÜLU) im Vordergrund. Im obligatorischen Kurs „Diagnosetechnik 4 – Hochvolttechnik" sollen die Auszubildenden den Umgang mit Hochvoltsystemen kennen und anwenden lernen. Zum notwendigen Systemverständnis gehören auch die Zusammenhänge des Kraftflusses eines Hybridfahrzeuges.

Des Weiteren ist ein Einsatz bei Weiterbildungsmaßnahmen für Personal in Servicewerkstätten denkbar wie zum Beispiel:

a) Lehrgang zum Fachkundiger für Arbeiten an HV-eigensicheren Systemen
b) Lehrgang für Arbeiten an nicht HV-eigensicheren Systemen und für Arbeiten unter Spannung
c) Meistervorbereitungslehrgang, im speziellen Teil I und II
d) Lehrgang für angehende Kfz-Servicetechniker
e) Sensibilisierungslehrgang für Automobilverkäufer

Darüber hinaus kann das Modell auch für Einstellungstests für Lehrverträge zum KFZ-Mechatroniker/Mechatronikerin, wie sie z.B. innerhalb von KFZ-Innungen durchgeführt werden, eingesetzt 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

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.