



CERTIFICATE OF ADVANCED STUDIES: EFFIZIENZ UND ENERGIE IN TECHNIK & INDUSTRIE

Jahresbericht 2008

Autor und Koautoren	Vinzenz V. Härri, Hochschule Luzern Technik & Architektur Thomas Gander, Hochschule Luzern Technik & Architektur
beauftragte Institution	CC IIEE, HSLU T&A (Hochschule Luzern Technik & Architektur)
Adresse	Technikumstrasse 21, 6048 Horw
Telefon, E-mail, Internetadresse	041 3493 313, vinzenz.haerri@hslu.ch www.hslu.ch/iiee
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	101796/152834
BFE-Projektleiter	Roland Brüniger
Dauer des Projekts (von – bis)	15.8.2007 bis 30.6.2009
Datum	30.11.2008

ZUSAMMENFASSUNG

Die Idee zum CAS "Effizienz und Energie" entstand aus dem BFE-Auftrag, die von R. Bachmann für die FHNW gestalteten Ingenieur-Unterrichtsmodule für effiziente Antriebe [2] aufzunehmen und so weiter zu entwickeln, dass sie Berufstätigen im Rahmen einer Weiterbildungsveranstaltung der HSLU T&A angeboten werden können.

Das Studium dieser Aufgabe führte zu einer Erweiterung des Angebots im Rahmen eines CAS, indem auch grundlegende Kenntnisse über Energie und Fähigkeiten zur Effizienzsteigerungen vermittelt werden. Das CAS wird im Rahmen dieses Projektes vom BFE unterstützt und beinhaltet nebst der Effizienz von Antrieben auch ökologische und ökonomische Grundlagen sowie Themen der Verfahrenstechnik und Bioenergie.

Das CAS wurde wesentlich im 2008 bearbeitet und sollte im Herbst 2008 starten. Aufgrund mangelnder Anmeldungen, wurde der Start auf den Frühling 2009 verlegt. Nach dem Bekanntwerden, dass der Kurs nicht durchgeführt werden kann, wurde die Detailvorbereitung des Kurses auf 2009 verschoben. Des weiteren wurde das CAS von „Energie und Effizienz“ in „Energie und Effizienz in Technik und Industrie“ umbenannt.

Die sechs Module wurden besser den Bedürfnissen der Teilnehmenden angepasst und konsequenter auf die beiden Hauptthemen "Elektrizität" und "Verfahrenstechnik" ausgerichtet. Das Projekt wird mit dieser Kompaktheit von Kompetenzen innerhalb des Teams ein sehr gutes Weiterbildungsangebot in der Schweiz darstellen.

Projektziele

Die Zielsetzungen für das Jahr 2008 sind dieselben wie diejenigen im Bericht 2007 [2] und wurden im BFE Gesuch wie folgt formuliert:

- Die Teilnehmer erhalten Grundlagenwissen im Bereich erneuerbaren Energien.
- Die Teilnehmer erhalten vertieftes Wissen im Bereich energieeffiziente Antriebe und Geräten.
- Die Teilnehmer erhalten vertieftes Wissen im Bereich der Verfahrenstechnik für gesamte Systeme.
- Die Teilnehmer erhalten Informationen und Kenntnisse über Wirtschaftlichkeitsfragen, Energiewirtschaft und Finanzierungsmodelle im Bereich Energiesparen.
- Die Teilnehmer können im Zusammenhang mit der Energiediskussion kompetent mitreden.
- Die Teilnehmer sind in der Lage, Energieoptimierungs-Aufgaben wahrzunehmen, finanziell und technisch zu begründen und umzusetzen.
- Teilnehmer sollen durch eine interessante Vorlesungsreihe und die fachliche Ausweisung (Zertifikat) an der Teilnahme motiviert werden, und später ein positiver Beitrag zum Energiesparen in Industrie und Gewerbe leisten können.

Dazu begleitend gehören folgende, zusätzliche Vorbereitungsziele:

- Organisation: verpflichten und einbinden der Know-How Träger als Dozierende
- Erstellen eines Gesamtbudgets, welches die Anteile der Drittfinanzierung und der BFE Unterstützung, sowie die Stundenverteilungen aller Beteiligten transparent darstellt
- Genaue Recherche des Zielpublikums
- Koordination der CAS Kursteile
- Bereitstellen von Unterrichtsmaterialien und Infrastruktur
- Organisieren eines bedeutenden öffentlichen Events, genannt "Symposium" als regionaler und überregionaler Beitrag der HSLU T&A

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Ausgangslage:

Am 22.3.07 vollendete Ronny Bachmann sein BFE Projekt "Energieeffiziente elektrische Antriebe in der Ausbildung" [1]. Der Ausgangspunkt war die Erkenntnis, dass das Greifen von Energieeffizienz-Massnahmen wesentlich auch eine Frage der Ausbildung sei. Ähnliche Unterrichtsmodule bestanden bis zu diesem Zeitpunkt nur spärlich. An der HSLU T&A **Fehler! Textmarke nicht definiert.** beschäftigt man sich seit langer Zeit mit energieeffizienten Antrieben und dem Zusammenspiel mit Energiespeichern (Schwerpunkt Superkapazitäten), und ein Engagement für diese Thematik drängte sich auf.

Aus der Sicht des BFE soll die HSLU T&A damit beauftragt werden, diese Schulung auch für weiterbildungsinteressierte Berufstätigen anzubieten. Ein genaueres Studium dieser Aufgabe liess die Notwendigkeit erkennen, die Thematik über die effizienten Antriebe hinaus zu einem **CAS Fehler! Textmarke nicht definiert.** auszuweiten. Da Antriebe meist in einer ganzen Prozesskette systemisch eingesetzt sind, gehört im weiteren Sinn auch diese Thematik zu einem ganzheitlichen Weiterbildungsangebot dazu. Dieser Sichtweise kam entgegen, dass sich in Horw sehr viele Kompetenzträger zu diesem Thema engagieren und damit die gewünschte Breite der Ausbildung ermöglichen.

Eine spezielle Bedeutung erhält diese Thematik auch im Rahmen des neuen Technik-Masters (MSEⁱ) der Fachhochschulen. Die dem Master zugrundeliegenden Forschungsaktivitäten und Kompetenzen können im Rahmen einer Weiterbildung auch weiteren Kreisen zu Gute kommen.

Zu den Themenbereichen „Grundlagen Ökologie“ und „Effiziente Antriebe“ haben zwei Studenten in diesem Jahr durch ihre Diplomarbeit Beiträge geleistet.

Beim Teilmodul K5 „Energiezufuhr und erneuerbare Energien“ liegt das Hauptgewicht für erneuerbare Energien im Bereich der Bioenergie.

Durchgeführte Arbeiten:

- Klären und Koordination der Vorgehensweise mit unserem Ressort Weiterbildung (Frau Andrea Weber-Marin).
- Die Namensgebung des CAS wurde von „Energie und Effizienz“ in „Energie und Effizienz in Technik & Industrie“ umgeändert, um sich von baulichen Effizienzmassnahmen abzugrenzen.
- Klären der offenen Fragen bezüglich der Besetzung der Dozierenden für die verschiedenen Module:

Das Team stellt sich zum heutigen Zeitpunkt wie folgt zusammen:

Prof. Vinzenz V.Härri:	Leiter CC IIEE und Dozent, Projektleiter des CAS, Mitgestaltung Kursteile K3, K4
Frau Gertrud Osman:	Kt. Luzern "Kanton Luzern, Umwelt und Energie", Dozentin Anteil Modul 1 „Ökologie“, Beratung
Dr. Thomas Nussbaumer:	Dozent Anteil Modul 1 "Grundlagen Energiemarkt" und Modul 2 "Energiezufuhr und erneuerbare Energien"
Dr. Beat Wellig:	Leiter CC "Thermische Energiesysteme & Verfahrenstechnik", Dozent Anteil Modul 1 thermodynamische Grundlagen und Modul 2 "Energie in der Verfahrenstechnik"
Prof. Thomas Staubli:	Leiter CC "Fluidmechanik & Hydromaschinen", Dozent: Anteil Modul 2 "Anlageneffizienz bei Pumpen"
Frau Andrea Beck:	"Kanton Luzern, Umwelt und Energie", Beratung
Ruedi Baumann:	"Kanton Luzern, Umwelt und Energie", Beratung
Dieter Ernst:	Wissenschaftlicher Mitarbeiter CC IIEE, Vorbereitungsarbeiten Modul 3 (Geräte)
Paul Schweizer:	Mitarbeiter CC IIEE, Vorbereitungsarbeiten Modul 3 und 4
Markus Lindegger:	Mitarbeiter CC IIEE, Vorbereitungsarbeiten Modul 3 (effiziente Antriebe)
Urs Brücker:	Mitarbeiter ITZ, Dozent Modul 5 „Wirtschaftlichkeit“

- Der von der HSLU eingegebene „Tag der Technik“ von SATW und Swiss-Engineering welcher Bestandteil dieses CAS-Kurses ist ("Symposium"), musste im Zusammenhang mit der Absage des Kurses ebenfalls abgesagt werden. Der neue Termin für den Symposiumstag wurde auf den 14.05.2009 festgelegt, wobei die Veranstaltung neu erst am späteren Nachmittag starten soll.
- Überarbeiten des Kurslayouts: es wurden einzelnen Module angepasst. Unser Hauptanliegen war, die beiden Hauptpfeiler „Verfahrenstechnik“ und „Elektrische Antriebe“ besser abzugrenzen. Der Kurs startet mit allgemeinen Grundlagen (K1, 2, 3) teilt sich dann für die spezifischen Grundlagen in die beiden Hauptpfeiler „Verfahrenstechnik“ (Modul 2) und „Antriebe“ (Modul 3) auf. Diese Aufteilung wird dann auch für das Thema Effizienz im Modul 4 beibehalten. Das Modul 5 vereint die beiden Pfeiler übergreifend und das Modul 6 dient der Vertiefung. Nachfolgend findet sich eine Gegenüberstellung des „alten CAS-Programms“ mit dem überarbeiteten Programm.

Modul 1: Einleitung und Grundlagen K1: Grundlagen Energie (1 Tag) K2: Grundlagen Ökologie, Analyse, Ökonomie (1 Tag) K3: Energietechnische Grundlagen und Prozesse (1 Tag) ECTS 1½	Modul 2: Energie- und verfahrenstechnische Systeme K4: Industrielle Prozesse und Verfahrenstechnik (1 Tag) K5: Bioenergie (1 Tag) K6: Anlageneffizienz bei Pumpen (1 Tag) ECTS 1½
Modul 3: Effiziente Antriebe und Geräte K7: Effizienz, Optimierung elektrischer Antriebe und Geräte (2 Tage) ECTS 1	Modul 4: Innovative «Drive Chain Systems» K8: Elektrische Antriebssysteme und Energiespeicher (2 Tage) ECTS 1
Modul 5: Wirtschaftlichkeit K9: Kosten und Finanzierung (2 Tage) ECTS 1	Modul 6: Vertiefung K10: Labortag, Projektarbeit (autonomes Selbststudium) und Symposium (öffentlich, 1 Tag) ECTS 4

Abbildung 1: Erster Ansatz der Aufteilung der sechs Module

Modul 1: Einleitung und Grundlagen K1: Grundlagen Energiemarkt (1 Tag) K2: Grundlagen Ökologie und Ökonomie (1 Tag) K3: Energietechnische Grundlagen (1 Tag) ECTS 1½	Modul 2: Energie- und Verfahrenstechnik K4: Industrielle Prozesse und Verfahrenstechnik (1 Tag) K5: Energiezufuhr und erneuerbare Energien (1 Tag) ECTS 1
Modul 3: Elektrische Antriebssysteme K6: Elektrische Antriebssysteme und Energiespeicher (2 Tage) ECTS 1	Modul 4: Effiziente Komponenten und Systeme K7: Anlageneffizienz bei Pumpen (1 Tag) K8: Effizienz, Optimierung elektrische Antriebe und Geräte (2 Tage) K9: Effizienz thermischer Prozesse (1 Tag) ECTS 2
Modul 5: Wirtschaftlichkeit K10: Kosten und Finanzierung (2 Tage) ECTS 1	Modul 6: Vertiefung K11: Labortag, Projektarbeit (autonomes Selbststudium) und Symposium (öffentlich, 1 Tag) ECTS 4

Abbildung 2: Neue Aufteilung der sechs Module seit Herbst 2008

- Die Kursdaten des ersten Durchlaufs wurden neu wie folgt festgelegt:

K1: Grundlagen Energiemarkt	20.02.2009
K2: Grundlagen Ökologie, Analyse und Ökonomie	21.02.2009
K3: Energietechnische Grundlagen	06.03.2009
K4: Industrielle Prozesse und Verfahrenstechnik	07.03.2009
K5: Energiezufuhr und erneuerbare Energien	20.03.2009
K6: Elektrische Antriebssysteme und Energiespeicher	21.03.2009 und 03.04.2009
K7: Anlageneffizienz bei Pumpen	04.04.2009
K8: Effizienz, Optimierung elektrische Antriebe und Geräte	17.04.2009 und 18.04.2009
K9: Effizienz thermischer Prozesse	09.05.2009
K10: Kosten und Finanzierung	22.05.2009 und 23.05.2009
K11: Labortag	8.05.2009
K11: Symposium	14.05.2009
K11: Projektarbeit	Begleitend über das CAS

Tabelle 1: Kursdaten der Erstdurchführung

Der neue Flyer wird Anfangs Dezember verfügbar sein.

- Zum Bereich „Grundlagen Ökologie“ gehört auch der Bereich Ökobilanz. Es ist angedacht, dass die Teilnehmer/-innen wissen, was eine Ökobilanz ist, und wie man eine solche erstellt. Für eine erste Abschätzung genügt eine einfache Handrechnung, für komplexere Aufgaben, empfiehlt sich die Anschaffung einer professionellen Software. Eine solche Software wurde beschafft, die notwendigen Manuels dazu geschrieben und Lernbeispiele erarbeitet. Dieser Themenkreis ist somit grösstenteils für das CAS vorbereitet.
- Um die Thematik rund um die Effizienz praktisch zu demonstrieren, wurde eine Erweiterung unseres Labors vorgenommen. Abbildung 3 „Labortische“ zeigt die neuen Labortische. Diese bieten verschiedene Spannungsquellen, Frequenzgeneratoren sowie eine SPS an, mit welcher der Motorenprüfstand betrieben werden kann. Auf der Abbildung 4 „Motorenprüfstand und Kreuzverteiler“ ist der Prüfstand zu sehen, mit welchem Elektromotoren ausgemessen werden können. Dieser erlaubt es, praktisch verlustfrei den Wirkungsgrad eines Motors zu bestimmen, was zur Berechnung der Effizienz von Motoren notwendig ist. Ziel ist es, dass die Bremsmaschine, welche als Last dient, mittels der SPS ein spezifisches Lastprofil abfährt. Die Einspeisung des gesamten Prüfstandes wird über eine neue Verteileranlage sichergestellt, welche über mehrere Koppelfelder und Sicherheitsstecker verfügt. Dank dieser neuen Anlage, können die Teilnehmenden praktisch und anschaulich im Rahmen des dafür vorgesehenen Labortags solche Motoren ausmessen. Für den Theorieunterricht ist eine Web-basierte "Remote-Demonstration" vorgesehen.



Abbildung 3: Labortische

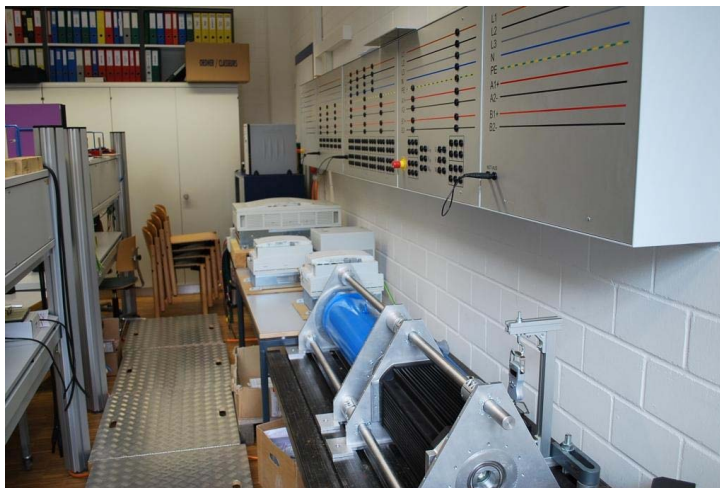


Abbildung 4: Motorenprüfstand und Kreuzverteiler

- Es wurden Effizienzmessungen durchgeführt (Abbildung 6).

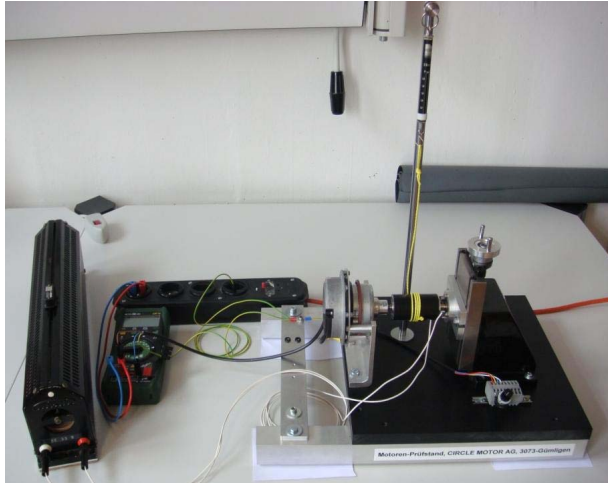


Abbildung 5: Messaufbau zur Bestimmung des Wirkungsgrades eines Kleinlüftungsmotors

Die Legitimierung der Motoreffizienz wurde auch unter dem Aspekt der Ökologie untersucht. Zu diesem Zweck wurde die Software „Gabi4“ evaluiert und angeschafft, mit welcher es möglich ist, Ökobilanzen zu erstellen.

Es wurde eine Ökobilanz im Zusammenhang mit einem Vergleich zwischen Kleinlüftungsmotoren erstellt. Dabei wurden drei verschiedene Motorentypen (Asynchronmotor, Spaltpolmotor und EC-Motor) auf Ihre Umweltverträglichkeit geprüft.

Als Ergebnis lässt sich bestätigen, dass der EC-Motor mit der einer sehr aufwendigen Bauweise und dem geringsten Stromverbrauch auch aus ökologischer Sicht der Beste ist. Bei der Herstellung der Motoren belastet zwar der EC-Motor die Umwelt etwa doppelt so stark wie der einfach gebaute Spaltpolmotor, es wurde jedoch festgestellt, dass praktisch nur der Stromverbrauch, bzw. der Strommix im Netz für die Umweltbelastung verantwortlich ist. Wie auf Abbildung 6 „Vergleich Sachbilanz Energie Verbrauch auf 20 Jahre“ zu sehen ist, kann man die Umweltbelastung der Herstellung praktisch vernachlässigen. Die Hauptumweltschäden entstehen beim Betrieb des Motors. Aber auch aus wirtschaftlicher Sicht lohnt sich die Investition in einen EC-Motor. So hat sich der EC-Motor im Vergleich zum Asynchronmotor nach 5.9 Jahren amortisiert, im Vergleich zum Spaltpolmotor sogar bereits nach 1.9 Jahren, wobei sich unsere Berechnungen auf einen Strompreis von 20 Rp/kWh) beziehen.

Der Bereich „Effiziente Antriebe“ stütze sich auch auf die Erkenntnisse von R. Bachmann „Energieeffiziente elektrische Antriebe in der Ausbildung“ [1]. Die Ergebnisse aus einer Diplomarbeit zwei Studierender an der Hochschule Luzern Technik und Architektur, konnten zusätzliche, nützliche Hinweise für den Ausbildungsteil K3 „Grundlagen Ökologie“ sowie in den Ausbildungsteil der Motoreffizienz liefern.

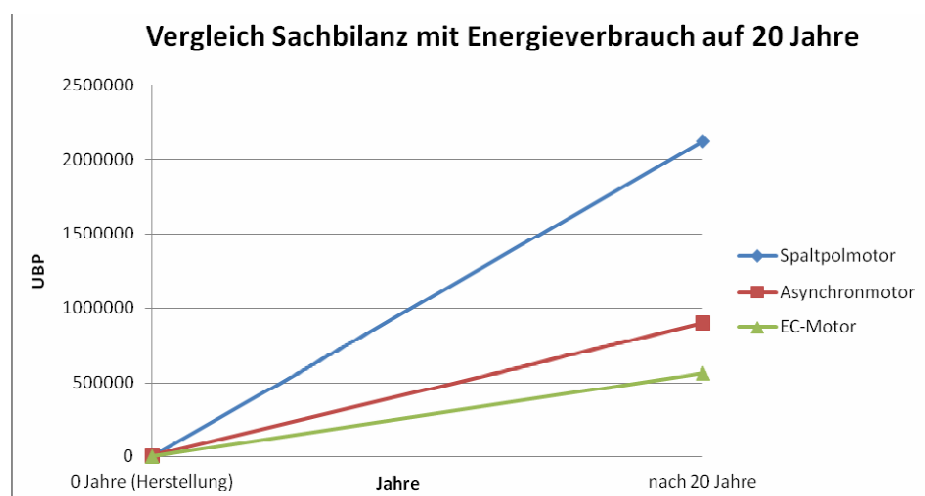


Abbildung 6: Vergleich Sachbilanz Energie Verbrauch auf 20 Jahre

Nationale Zusammenarbeit

- Mit der FHNW wurden Informationen ausgetauscht. Es fanden Gespräche mit R. Bachmann und F. Gutzwiller statt
- Themen der Energieeffizienz wurden im Rahmen des Aufbaus des Technik Masters der Fachhochschulen (MSE) verschiedentlich mit den schweizerischen Fachhochschulen diskutiert
- Enger Kontakt besteht mit dem Amt für Umwelt und Energie des Kantons Luzern: R. Baumann, Frau G. Osman und Frau A. Beck wurden in die Ausrichtung des CAS miteinbezogen.

Bewertung 2008 und Ausblick 2009

- Das Team ist zusammengestellt und motiviert.
- Die Inhalte aller Kursteile sind konkretisiert und in das Gesamtkonzept integriert. Die inhaltliche Detailarbeit und die didaktischen Vorbereitungen werden „Just in Time“ vorgenommen.
- Die Grenzen des Projektes stellt nach wie vor die Marktnachfrage dar. Die Projektleitung stellt sich jedoch auf den Standpunkt, dass dieses CAS langfristig bedeutungsvoll ist, da das Thema Energie künftig noch mehr an Bedeutung gewinnen und ein grosser Bedarf an fähigen Berufsleuten bestehen wird. Wir rechnen damit, dass nach einem zweiten oder dritten Durchlauf des CAS eine grosse Nachfrage bestehen wird. Durch geeignete Marketing Massnahmen soll versucht werden, einen gut besetzten ersten Durchlauf dieses CAS im Februar 2009 zu erreichen.

Referenzen

- [1] V. Härrli: **Certificate of Advanced Studies „Effizienz und Energie“**, Jahresbericht 2007 BFE, 30.11.07, BFE CH-3063 Bern
- [2] R. Bachmann: **Energieeffiziente elektrische antriebe in der Ausbildung**, Schlussbericht BFE, 22.3.07, BFE CH-3063 Bern

Glossar

CAS	heisst Certificate of Advanced Studies und meint eine formal definierte Ausbildung mit ca. 300h Aufwand und Abschluss Zertifikat
CC IIEE:	Kompetenzzentrum (CC) "Integrale Intelligente und Effiziente Energiesysteme". Die Forschungseinheit der HSLU T&A, welche dieses Projekt trägt (www.hslu.ch/iiee)
FHNW	Fachhochschule Nordwestschweiz, Kontakt: Rolf Gutzwiller, Hochschule für Technik, Institut Power and Signal Processing, Gründenstrasse 40, CH-4132 Muttenz
HSLU T&A	Hochschule Luzern, Technik & Architektur (Fachhochschule Zentralschweiz) (www.hslu.ch/technik-Architektur)
MSE	Master of Engineering: offizieller Name des Fachhochschul-Master Angebots der FTAL. Dieser Master, der von allen Fachhochschulen gemeinsam entwickelt wird soll im Herbst 08 starten

ⁱ MSE Master of Engineering: offizieller Name des Fachhochschul-Master Angebots der FTAL. Dieser Master, der von allen Fachhochschulen gemeinsam entwickelt wird soll im Herbst 08 starten.