



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Schlussbericht 30. Juni 2009

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

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien & -anwendungen
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

CC IIEE, HSLU T&A (Hochschule Luzern Technik & Architektur)
Technikumstrasse 21
CH-6048 Horw
www.hslu.ch/iiee

Autoren:

Vinzenz V. Härri, Hochschule Luzern Technik & Architektur, vinzenz.haerri@hslu.ch
Thomas Gander, Hochschule Luzern Technik & Architektur, thomas.gander@hslu.ch

BFE-Bereichsleiter: Dr. Michael Moser

BFE-Programmleiter: Roland Brüniger

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 152834 / 101796

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Ausgangslage	5
Ziele der Arbeit	5
Ergebnisse	6
Diskussion	10
Schlussfolgerungen	10
Glossar	11
Referenzen	11
ANHANG Dokumentation Lehrgang:	12
A1 Skript Ökobilanz <Ökobilanz_Skript_2009.pdf>, Inhaltsverzeichnis	12
A2 Folien Ökobilanz Referenz: <Ökobilanz_Folien_2009.pdf>	12
A3 Skript Motoreneffizienz <Motoreneffizienz_Skript_2009.pdf>, Inhaltsverzeichnis	12
A4 Folien Motoreneffizienz Referenz: <Motoreneffizienz_Folien_2009.pdf>	12

Zusammenfassung

Die Idee zu einem Certificate of Advanced Studies (CAS) "Effizienz und Energie" entstand aus dem BFE-Auftrag, die von der Fachhochschule Nordwestschweiz gestalteten Ingenieur-Unterrichtsmodule für effiziente Antriebe so weiter zu entwickeln, dass sie Berufstätigen im Rahmen einer Weiterbildungsveranstaltung der Hochschule Luzern Technik & Architektur 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 beinhaltet neben 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 und die Detailvorbereitung des Kurses auf 2009 verschoben. Anfang 2009 zeigte sich, dass auch der verschobene erste Kurs mangels Interesse ausfällt. Die Ursachen wurden untersucht und ein mögliches weiteres Vorgehen diskutiert. Die Analyse im Team ergab, dass das geplante CAS in dieser Form nicht weiter verfolgt wird und zu einem späteren Zeitpunkt fokussierter angeboten werden soll. Nach Rücksprache mit dem BFE wurde beschlossen, das Projekt auf diesem Stand abzuschliessen.

Resumé

L'idée d'un CAS (Certificate of Advanced Studies) "Efficacité et Énergie" est née d'une demande de l'OFEN (Office Fédérale de L'Énergie). Cette demande consistait à intégrer et étendre les modules dans le domaine des entraînements à haut rendement proposés par la haute École Spécialisée de la Suisse du Nord-Ouest. Ces modules devaient être proposés aux personnes en emploi dans le cadre d'un programme de formation continue à la Haute École de Lucerne. L'analyse de cette tâche a conduit à l'élargissement de l'offre sous forme d'un nouveau CAS dans lequel les connaissances de base dans les domaines de l'énergie et les techniques d'optimisation du rendement seraient dispensées. Ce CAS traiterait non seulement de l'optimisation du rendement des entraînements mais comprendrait également les bases de l'écologie et de l'économie ainsi que les Bioénergies. Ce CAS a été élaboré en 2008 et aurait dû commencer à l'automne 2008. Suite à un nombre insuffisant d'inscriptions, ce commencement a dû être décalé d'une année. A l'automne 2009, il s'est avéré encore une fois que le CAS ne pourrait avoir lieu suite à un nombre insuffisant d'inscriptions. Les raisons ont été analysées et une éventuelle suite discutée. L'analyse en équipe a permis de conclure que le CAS "Énergie et Efficacité dans la Technique et l'Industrie" sous sa forme actuelle ne serait pas poursuivi. Une offre plus ciblée sera proposée dans le futur. Après discussion avec l'OFEN, il a été décidé de clore le projet dans son état actuel.

Abstract

The idea for a Certificate of Advanced Studies (CAS) in "Efficiency and Energy" derives from the SFOE (Swiss Federal Office of Energy) mandate to include already designed engineering teaching modules for efficient electrical drives from the University of Applied Sciences Northwestern Switzerland. By this, they could be part of the curriculum offered to professionals as a further education seminary at the Lucerne University for Applied Science and Arts. The study of this task led to an increase in offer of the CAS, since even basic knowledge in energy and methods of improvement in efficiency are taught. The CAS includes, along with the efficiency of motors, also ecological and economic principles and furthermore, issues of process engineering and bioenergy. The CAS was designed in 2008 and was supposed to start in autumn 2008. Due to a lack of registrations the start was postponed to spring 2008 and the detailed preparation of the course put off to 2009. At the beginning of 2009 even this first course failed to take place for lack of interest. The causes were analysed and procedures for the future were discussed. The analysis in the team led to the conclusion not to pursue the CAS in this form any longer but to focus on more specific issues later on. It was decided to complete the project at this level as discussed with the SFOE.

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 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 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 (MSE) der Fachhochschulen. Die dem Master zugrunde liegenden Forschungsaktivitäten und Kompetenzen können im Rahmen einer Weiterbildung auch weiteren Kreisen zu Gute kommen.

Ziele der Arbeit

Die Zielsetzungen für diesen Auftrag 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.
- Die 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
- 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

Ergebnisse

Im letzten Jahr wurden ein Team und ein Lehrgang zusammengestellt, welche es erlaubt hätte, die Ziele bezüglich Anforderungen an die Teilnehmer zu erreichen. Die Dokumentation dazu findet sich Anhang.

Mangels Interesse konnte leider kein Kurs durchgeführt werden und die Analyse ergab, dass eine Weiterverfolgung des Projekts im Umfang obiger Ziele nicht sinnvoll ist.

Als Folge davon wurden einige der oben genannten Vorbereitungsziele wie das Bereitstellen von Unterrichtsmaterialien und Infrastruktur für die noch nicht erarbeiteten Module und die Durchführung eines Symposiums nicht mehr angegangen. Nachfolgend die erarbeiteten Ergebnisse:

Organisation

Das Team für den definierten Kurs war wie folgt zusammengestellt:

Prof. Vinzenz V.Härrli:	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“

Recherche und Aquisition des Zielpublikums

Bei der Recherche de Zielpublikums wurde wie folgt vorgegangen:

1. Recherche der einschlägigen Firmen in der Region Zentralschweiz
2. Über unsere interne Weiterbildungsorganisation:
 - Externe Auftragserteilung zur Adressenbesorgung von 1000 Adressen nach vorgegebenen Stichworten
 - Bereitstellen 2000 Adressen aus der Adressdatenbank EVENTO der Hochschule Luzern
3. Bereitstellen von Adressen aus der ca. 1800 Adressen umfassenden Adressenverwaltung unseres Kompetenzzentrums CC IIEE
4. Konsolidieren aller Adressen und entfernen von redundanten Anschriften
5. E-Mailing und Postversand der Informationen (Flyer mit Einlegeblatt)
6. Vorinformationsveranstaltung am 19.6.08 an der Hochschule Luzern

Aufbau des Lehrgangs

Das definitive Kurslayout widerspiegelt unser Hauptanliegen, die beiden Hauptpfeiler „Verfahrenstechnik“ und „Elektrische Antriebe“ gut 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 die Übersicht:

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 1: Definitive Aufteilung der sechs Module Ende 2008

Ausgearbeitete Teilmodule

Die Detailausarbeitung des Lehrgangs wurde mit den Themen Ökobilanz und Motoreneffizienz begonnen. Es wurde je ein Grundlagendokument sowie eine Präsentation für den Kurs erarbeitet (siehe Beilagen: Ökobilanz.doc, Ökobilanz.ppt, Motoreneffizienz.doc und Motoreneffizienz.ppt).

Im Folgenden zusammengefasst die Schwerpunkte dieser Kursteile:

Ökobilanz und Motoreneffizienz

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 der Wirkungsgrad von Elektromotoren ausgemessen werden kann. Ziel ist es, dass die Bremsmaschine, welche als Last dient, mittels der SPS ein spezifisches Lastprofil abfahren kann. 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 2: Labortische

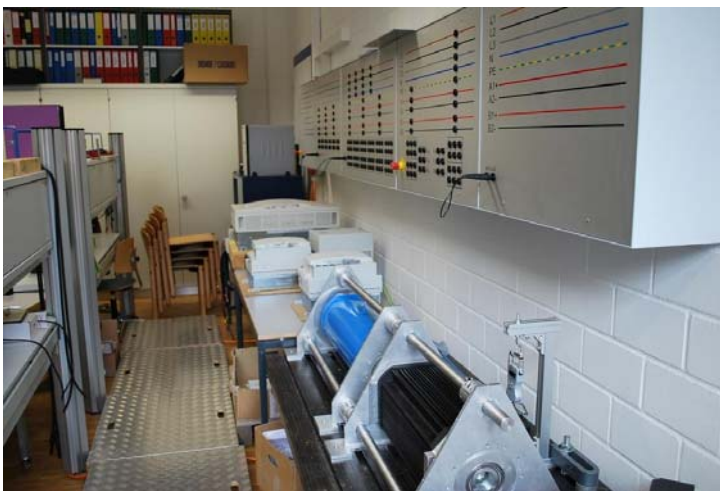


Abbildung 3: Motorenprüfstand und Kreuzverteiler

Beispiel einer Effizienzmessung



Abbildung 4: 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 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 Hauptumwelteinflüsse 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“ stützte sich auch auf die Erkenntnisse des Projekts „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.

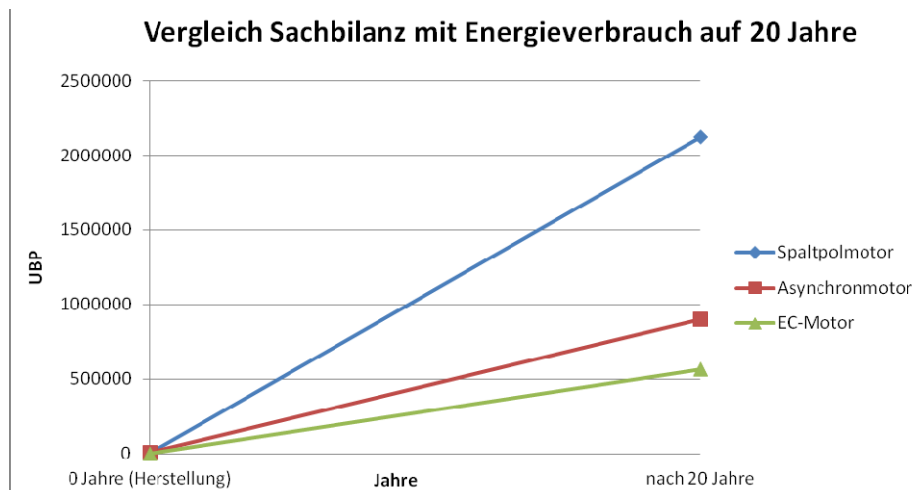


Abbildung 5: Vergleich Sachbilanz Energie Verbrauch auf 20 Jahre

Diskussion

Die geringe Resonanz auf den Lehrgang „CAS: Energie und Effizienz in Technik und Industrie“ hat unseres Erachtens gezeigt, dass der sehr breit abgestützte Ansatz dieses Angebots wohl etwas zu ambitioniert war. In den letzten zwei Jahren sind in den verschiedensten Bereichen von Energie und Effizienz viele Angebote zur Weiterbildung entstanden.

Einerseits hatten wir sehr wenige Anmeldungen (HS08 5 und FS09 3 Interessenten). Verschiedenen Anfragen der Interessenten zeigten, dass diese immer mehrere Angebote zur Auswahl hatten und dass die Thematik nie 100% stimmte. Entweder war der Kurs zu breit oder das spezifische Angebot ungenügend dotiert.

Obwohl es gelungen ist, ein fachübergreifendes, motiviertes Team für einen solchen Kurs zusammenzustellen, haben wir uns deshalb entschieden, zu einem späteren, noch zu definierenden Zeitpunkt ein besser fokussiertes Angebot im Bereich Antriebstechnik an zu bieten.

In der Zwischenzeit wurden weitere Motoreffizienz-Projekte gestartet, die unser Know-How stetig zu erweitern. Zusammen mit unserem Engagement innerhalb des Netzwerkes "Topmotors" und unseren Erweiterungsbauten im Labor werden wir so auf dem Gebiet der Antriebe eine noch kompetentere Weiterbildung anbieten können.

Bei einem Folgeprojekt muss die Vermarktung des Produkts eine noch zentralere Rolle spielen. Insbesondere die weitere Klärung des Zielpublikums, in Anlehnung an die Ausführungen auf Seite 5 unten, ist entscheidend. Diese Aufgabe wird durch ein besser abgegrenztes Angebot erleichtert.

Schlussfolgerungen

Trotz der geringen Resonanz für den in diesem Auftrag aufgebauten Kurs, stellt sich die Projektleitung auf den Standpunkt, dass ein CAS in diesem Umfeld langfristig bedeutungsvoll ist, da das Thema Energie künftig noch mehr an Bedeutung gewinnen und ein grosser Bedarf an fähigen Berufsleuten bestehen wird.

Das CC IEE wird deshalb diese Thematik weiterverfolgen.

Bedingung für einen Erfolg ist, dass wir das Zielpublikum kennen und diesem ein massgeschneidertes, spezialisiertes Angebot bieten können.

Durch das Angebot zu einem späteren Zeitpunkt werden auch mehr Know-How und noch interessantere Infrastrukturen zur Verfügung stehen, was die Attraktivität des Angebots steigern wird

Die erarbeiteten Lehrgänge (vgl. Anhang) schafften auch zusätzliches Know-How punkto Ökobilanzen, was für weitere Projekte zweckgerichtet eingesetzt werden kann.

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, startete im Herbst 08.

Referenzen

- [1] R. Bachmann: **Energieeffiziente elektrische antriebe in der Ausbildung**, Schlussbericht BFE, 22.3.07, BFE CH-3063 Bern
- [2] V. Härri: **Certificate of Advanced Studies „Effizienz und Energie“**, Jahresbericht 2007 BFE, 30.11.07, BFE CH-3063 Bern
- [3] V. Härri: **Certificate of Advanced Studies „Effizienz und Energie in Technik und Industrie“**, Jahresbericht 2008 BFE, 30.11.08, BFE CH-3063 Bern

ANHANG Dokumentation Lehrgang:

A1 Skript Ökobilanz <Ökobilanz_Skript_2009.pdf>, Inhaltsverzeichnis

Motivation	3
Lernziele	3
1 Einführung in die Thematik Ökobilanz	4
1.1 Was ist eine Ökobilanz	4
1.2 Wo werden Ökobilanz eingesetzt	5
1.3 Anwendungsbereiche von Ökobilanzen	6
2 Ablauf einer Ökobilanz	6
2.1 Lebenszyklus und Systemgrenze	6
2.1.1 Prozessbaum	6
2.2 Darstellung des Aufbaus	6
2.3 Prinzip einer Ökobilanz	6
2.4 Ablauf einer Ökobilanz	6
2.4.1 Ablaufschema	6
2.5 Bewertungsmethoden	6
2.5.1 Die Methode der Ökobilanz	6
2.5.2 Methode der ökologischen Knappheit 1997	6
2.5.3 Methode der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren 2006	6
2.5.4 Wirkungsorientierte ökologische Bewertung nach Eco-indicator 95	6
2.5.5 Schadensorientierte ökologische Bewertung nach Eco-indicator 99	6
2.5.6 Schadensorientierte schwedische Bewertungsmethode EPS 2000	6
2.5.7 ecoinvent Datenbank	6
3 Beispiel einer Ökobilanz	6
4 Lernkontrolle	6
5 Quellen und Literaturverzeichnis	6

A2 Folien Ökobilanz Referenz: <Ökobilanz_Folien_2009.pdf>

A3 Skript Motoreneffizienz <Motoreneffizienz _Skript_2009.pdf>, Inhaltsverzeichnis>

Motivation	3
Lernziele	3
1 Asynchronmotoren	4
1.1 Auslastung von Asynchronmotoren	4
1.2 Dimensionieren von ASM	6
1.2.1 Warum ein ASM unter Vollast betreiben	6
1.2.2 Richtige Dimensionierung der ASM	6
1.2.3 Überdimensionierung der ASM	7
1.2.4 Gesamtsystem beachten	7
2 Effizienzklassen von normierten Asynchronmotoren	8
2.1 Die drei Wirkungsklassen	8
2.2 Effizienzverluste	9
2.2.1 Ursachen und Möglichkeiten zur Reduktion von Effizienzverlusten	9
3 Effizienzverbesserung bei elektrischen Antrieben	11
3.1 Übersicht der schweizerischen Stromverbraucher	11
3.2 Massnahmenpotential fürs Energiesparen	11
3.3 Checkliste für das Energiesparen bei elektrischen Antrieben	12
4 Lernkontrolle	13
5 Quellen und Literaturverzeichnis	15

A4 Folien Motoreneffizienz Referenz: <Motoreneffizienz _Folien_2009.pdf>