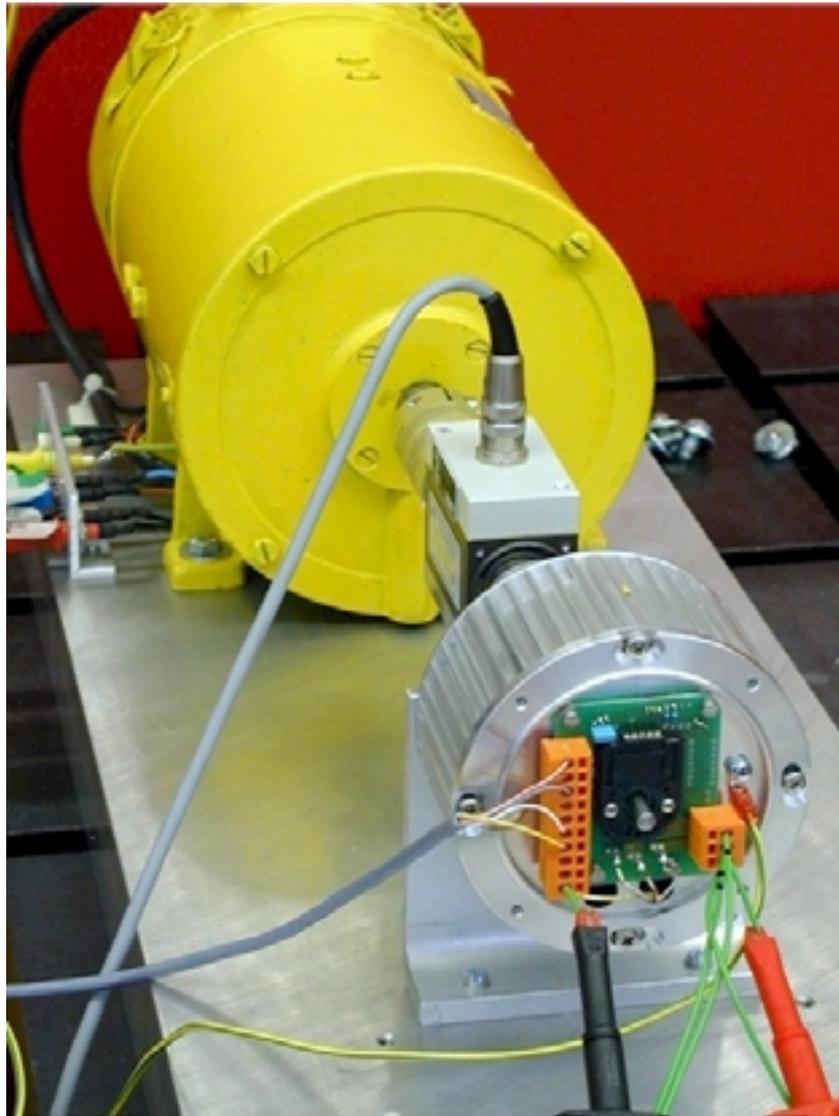


# ELEKTRIZITÄT

Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2002

**Roland Brüniger**

[roland.brueeniger@r-brueniger-ag.ch](mailto:roland.brueeniger@r-brueniger-ag.ch)



***Energiesparmotor (vorne) beim Austesten an der Fachhochschule Luzern***  
(Quelle: Circle Motor AG)

Falls alle in der Schweiz mit Steuergeräten betriebenen Asynchronmotoren mit einer Leistung grösser als 1 kW mit dem neuen Energiesparmotor ersetzt würden, könnten pro Jahr 75 GWh eingespart werden.

## Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Das **Forschungsprogramm Elektrizität** [27] unterstützt mit seinen Aktivitäten einen effizienten Einsatz der elektrischen Energie von der Erzeugung über die Verteilung bis zur rationellen Verwendung. Damit will das Programm neue längerfristige Wege aufzeigen, aber insbesondere auch einen direkten Beitrag zum Ziel von EnergieSchweiz leisten, das Wachstum des Elektrizitätsverbrauchs bis zum Jahr 2010 in bezug aufs Jahr 2000 auf maximal 5% zu beschränken. Die im Forschungsprogramm erarbeiteten Wissensgrundlagen werden deshalb rasch möglichst der nachhaltigen Umsetzung zugeführt. Inhaltlich strukturiert sich das Programm in die Schwerpunkte *elektrische Verteilung, Hochtemperatursupraleitung, Energie- und Informationstechnik, elektrische Antriebe und Motoren* sowie *Geräte/Diverses*.

Aufgrund der im Herbst 2002 durchgeführten Abstimmung über das Elektrizitätsmarktgesetz (EMG) war der Bereich **elektrische Verteilung** bei der Bestimmung fachtechnischer Ziele von grosser Unsicherheit geprägt. Die Branche konzentrierte ihre Kräfte weitgehend auf abstimmungs-technische Aktivitäten und auf das Marketing. Als Zielsetzung wurde deshalb angestrebt, eine gemeinsame Ausbildungsplattform mit dem Verband der Elektrizitätswirtschaft (VSE) formal zu etablieren, um gewonnene Forschungserkenntnisse effizient und zielgerichtet in der Branche umzusetzen. Ebenfalls galt es, fachtechnische Vorbereitungen für anstehende Forschungsarbeiten durchzuführen.

Die Zielsetzung im technologie-orientierten Schwerpunkt **Hochtemperatursupraleitung in der Energietechnik** beinhaltet einerseits die umfassende Informationsverteilung innerhalb der Schweiz über die nationalen und insbesondere die internationalen Aktivitäten und andererseits die massvolle Unterstützung von nationalen Projekten. Nachdem im Jahr 2001 einer Projektinitiierung unter Beteiligung der schweizerischen Industrie kein Erfolg beschieden war, wurde diese Zielsetzung unverändert für 2002 übernommen.

Ein Ende der rasanten Weiterentwicklung und Verbreitung der **Informations- und Kommunikationstechnik** ist zur Zeit nicht absehbar. Die Anstrengungen in diesen Bereichen richten sich aufgrund der in der Schweiz weitgehend fehlenden produzierenden Industrie stark international aus. Die Zielsetzung besteht deshalb im Pflegen und Vertiefen von internationalen Beziehungen zur abgestimmten Umsetzung energiesparender Massnahmen sowie in der Analyse und dem Aufzeigen von Effizienzmassnahmen. Dazu gehören insbesondere die Lancierung eines Industrieprojekts zum Server-Schalten sowie die begleitende Untersuchung, inwiefern das Schalten die Lebensdauer beeinflusst. Zudem ist beabsichtigt, Grundlagen im Bereich von Industrie-Steuerungen zu erarbeiten.

**Elektrische Antriebe und Motoren** machen gegen 45% des Stromverbrauchs der Schweiz aus. In diesem Bereich kann der grösste Beitrag zur Elektrizität bezogenen Zielsetzung von EnergieSchweiz erbracht werden. Die Zielsetzung liegt deshalb darin, in klar abgrenzbaren Bereichen Pilotprojekte in verschiedenen Industriebranchen mit Multiplikationspotential zu initiieren. Zudem sind energieeffiziente Technologien im Antriebsbereich zu fördern. Schliesslich sind gemeinsam mit der herstellenden und vertreibenden Motoren-Branche die Grundlagen für eine Zielvereinbarung zur Förderung von effizienten Motoren zu schaffen. Dabei sollen die internationalen Erfahrungen mitberücksichtigt und mit der nationalen Umsetzung abgestimmt werden.

Neben der klassischen Sprach- und Datenvernetzung werden vermehrt auch **Geräte**, speziell Haushaltsgeräte vernetzt, wodurch deren Energieverbrauch tendenziell eher steigen dürfte. Die Ziele in diesem Bereich bestehen im Wesentlichen in Aktivitäten zur Erkenntnisvertiefung im Bereich der Haushaltsvernetzung und im Aufgreifen der Standby-Thematik bei Haushaltsgeräten.

## Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2002

### ELEKTRISCHE VERTEILUNG

Die Abstimmung zum EMG war im Jahr 2002 das beherrschende Thema. Die Elektrizitätswirtschaft konzentrierte ihre Kräfte weitgehend auf die Volksabstimmung, was bewirkte, dass die Branche kaum über Ressourcen für die Bearbeitung technisch orientierter Forschungsthemen

verfügte. Zwar konnte die zwischen dem BFE und dem VSE vorgesehene Vereinbarung bezüglich einer **Ausbildungskooperation** unterschriftsreif ausgearbeitet werden. Nach dem negativen Abstimmungsergebnis befindet sich die Branche nun aber in einem Prozess der Neuorientierung, weshalb der VSE im Moment auf eine Unterzeichnung dieser Vereinbarung verzichtet.

Tendenziell wird es für Hochschulen zunehmend schwieriger, Studenten für ein Studium auf dem Gebiet der elektrischen Übertragung und Verteilung zu motivieren. Mit dem Projekt **Démonstrateur pour réseau avec transport d'énergie en courant continue** [1] beabsichtigt die Fachhochschule Yverdon, ein Modell einer Gleichstromübertragungsstrecke aufzubauen, um errechnete Resultate aus numerischen Simulationen messtechnisch zu verifizieren. Die Dimensionierung der verschiedenen Komponenten ist 2002 abgeschlossen worden.

Die Ermittlung der technischen Randbedingungen zur Nutzung von dezentralen Energieerzeugungsanlagen (DEA) im Verteilnetz sowie der ökonomischen Auswirkungen sind Inhalte des Forschungsprojekts **Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in Verteilnetzen** [2a]. Im Jahr 2002 wurden relevante Szenarien für die aktuelle und die mögliche zukünftige Situation der DEA erarbeitet. Ferner wurden reale Netzdaten beschafft, damit die Effekte der Zunahme der DEA möglichst wirklichkeitsgetreu simuliert werden können. Die Modelle für die Simulation der DEA im Verteilnetz konnten definiert und erste Simulationen realer Netze durchgeführt werden. Für die Simulationen stehen dank kooperierender Elektrizitätswerke diverse schweizerische Netze zur Verfügung.

Mit dem Projekt **Wechselstromkorrosion an Pipelines** [3] wird der Einfluss von elektrischen Energieübertragungsleitungen auf die Korrosionsbildung an Erdgasleitungen untersucht. An mehreren Standorten wurden Feldmessungen durchgeführt. Parallel dazu wurden die dazugehörigen Messmethoden weiterentwickelt.

## HOCHTEMPERATURSUPRALEITUNG (HTSL)

Ziel der schweizerischen Teilnahme am **Implementing Agreement for a Cooperative Programme for Assessing the Impact of High Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector** [4] der Internationalen Energie Agentur (IEA) ist eine möglichst umfassende Information über die internationalen Aktivitäten auf dem Gebiet der Hochtemperatursupraleitung (HTSL). Im Jahr 2002 fanden zwei IEA-Informationstreffen statt. Das erste war vor allem dem Thema der Kühlung von Leitern in Energieanlagen gewidmet. Beim zweiten Treffen war das Hauptthema die Messung der Stromqualität im elektrischen Netz sowie deren statistische Erfassung. Obwohl das Stromnetz in der Schweiz eine wesentlich höhere Stromqualität aufweist als in den USA, kommt diesem Thema auch hier eine wachsende Bedeutung zu. Als Lösung dieser Probleme bieten sich supraleitende Schwungräder an. Boeing (USA) hat erfolgreich ein 3kW-Schwungrad getestet (siehe Fig. 1), dessen möglicher Testeinsatz gegenwärtig als Thema eines separaten IEA-Projekts geprüft wird. Alle Informationen wurden bedarfsgerecht innerhalb der Schweiz verteilt und im alljährlich stattfindenden *HTSL-Statusseminar* ausführlich kommentiert.

Supraleitende Strombegrenzer (SSB) nutzen den Übergang des Supraleiters vom supraleitenden in den normalleitenden Zustand. Die kleine Impedanz eines SSB im supraleitenden Normalbetrieb erlaubt die Realisation von an sich widersprüchlichen Forderungen nach kleiner Netzimpedanz bei gleichzeitig kleinen Kurzschlussströmen. Mit dem Projekt **Marktpotential von supraleitenden Strombegrenzern** [5] wird eine praxisorientierte Übersicht über die Anwendungsmöglichkeiten von SSB und Identifikation der vielversprechendsten Anwendungen unter Berücksichtigung der derzeitigen technischen Realisierungsmöglichkeiten durchgeführt. Ebenfalls werden die vom Markt geforderten technischen Anforderungen zusammengestellt. Die im Jahr 2002 durchgeführten Arbeiten zeigten, dass je nach Situation durch den Einsatz eines SSB ein beachtliches Kosteneinsparpotential realisiert werden könnte. Die technischen Eigenschaften von heute realisierbaren Strombegrenzern erfüllen zwar die Anforderungen von Anwendungen in Netzkupplungen, müssen aber für den Einsatz in Einspeisungen und Abgängen in Bezug auf Begrenzungscharakteristik und Verfügbarkeit nach einem Kurzschluss noch verbessert werden.



Figur 1: HTSL-Prototyp-Schwungrad von Boeing im Test (Quelle: Boeing, USA)

## ENERGIE- UND INFORMATIONSTECHNIK

Der Anteil der Informationstechnik am Stromverbrauch in der Schweiz liegt bei etwa 10% mit klar steigender Tendenz. Im Rahmen des **Kompetenzzentrums Energie und Informationstechnik** [6a] stand im laufenden Jahr die Förderung der Energieeffizienz bei den neuen Informations- und Kommunikationstechnologien – insbesondere bei der Vernetzung der Geräte und der Internetnutzung – durch möglichst konkrete Aktionen im Zentrum. Zudem wurde die öffentlich zugängliche Dokumentendatenbank ([www.biblioite.ethz.ch](http://www.biblioite.ethz.ch)) aktualisiert.

Im Projekt **Energieeffizienz von Computer-Netzgeräten** [6b] wurde festgestellt, dass der Wirkungsgrad von Netzgeräten für Computer bei einer Auslastung der Netzgeräte von über 20% zwischen 60% und 80% liegt. Bei tieferer Auslastung sinkt der Wirkungsgrad rasch ab. Das benötigte Spannungsniveau auf der Ebene der Prozessoren beträgt heute nur noch 1.5 V und wird in Zukunft weiter sinken. Dazu wird die im Netzgerät produzierte Gleichspannung – typischerweise 12 V und 5 V oder 3.3 V - unmittelbar beim Endverbraucher nochmals auf ein tieferes Niveau transformiert. Die wichtigsten technischen Massnahmen zur Effizienz-Steigerung der Stromversorgung liegen in der optimalen Geräte-Auslegung bezüglich effektivem Leistungsbedarf und in einer separat ausgelegten, energieoptimierten Stromversorgung für den Bereitschafts- oder Standby-Betriebszustand. Das technische Stromeinsparpotential dieser beiden Massnahmen liegt für PCs bei einem Drittel des heutigen Stromverbrauchs. Auf politischer Ebene werden zwei prioritäre Stossrichtungen empfohlen, nämlich die Einführung einer Energiedeklaration für Netzgeräte und die Verschärfung der Anforderungen an den maximalen Leistungsbezug von IT-Geräten im Bereitschafts-, Standby-, On- und Off-Zustand.

Server sind rund um die Uhr in Betrieb, obwohl sie in der Nacht und an Wochenenden speziell in Klein- und Mittelbetrieben nur in Ausnahmesituationen genutzt werden. Mit der Studie **Stromeinsparpotential durch Schalten von Servern** [7a] konnte der Nachweis erbracht werden, dass in der Schweiz durch ein bedarfsgerechtes Schalten von KMU-Servern (Bestand etwa 117'000 Server) nachts und am Wochenende jährlich etwa 90 GWh eingespart werden könnten. Da dies in der EU sogar einem Wert von 2'000 GWh entspricht, wurden diese Zahlen auch an internationalen Konferenzen präsentiert. Aufgrund der grossen internationalen Beachtung, dürften damit wichtige Grundlagen für regulatorische Massnahmen gesetzt werden. Mit dem Ziel, eine möglichst hohe Systemunabhängigkeit und Marktkonformität zu erreichen, wird auf der Basis eines kostengünstigen Embedded Webservers im Projekt **Energieeffizientes Servermanagement** [8] eine Lösung entwickelt, die EDV-Server zu vorgegebenen Tageszeiten automatisch herunter- und heraufführt. Dazu wurde ein technisches Pflichtenheft erstellt und unterschiedliche Systeme evaluiert. Von zwei möglichen Systemen wurden Muster beschafft und mit dem Aufbau von Funktionsmustern begonnen, um die technische Machbarkeit zu belegen. Flankierend wurde schliesslich das Projekt **Auswirkungen von periodischem Ein- und Ausschalten auf die Server-Hardware-Zuverlässigkeit** [9] gestartet, um die Frage, ob periodisches Schalten eines Servers einen Einfluss auf seine Lebensdauer hat, wissenschaftlich zu klären.

Effiziente *Power Management-Funktionen*, wie sie heute bei Laptops, PCs und Bildschirmen üblich sind, sollten auch bei Servern und Netzwerkkomponenten zum Einsatz kommen und bei der

Auslieferung optimiert installiert sein. Indem Bund, Kantone und Gemeinden bei ihren Ausschreibungen solche Funktionen verlangen, entsteht ein Druck auf die Hersteller, ihre Geräte zu verbessern. Deshalb werden im Projekt **Ausschreibungsunterlagen im Server, PC- und Netzwerkbereich** [7b] Mustertexte erarbeitet, die bei Ausschreibungen der öffentlichen Hand und bei privaten Grosseinkäufern herbeigezogen werden können, um einen Marktdruck hin zu energieeffizienteren Geräten im Server-, PC- und Netzwerkbereich zu erzeugen.

Das Ziel des Projekts **Energieeffizienz von USV-Anlagen** [2b] besteht darin, die im Projekt *Parameteridentifikation und Messverfahren für USV-Anlagen* erarbeiteten Grundlagen über die Auslegung, Qualität, Energieeffizienz und den Betrieb von USV-Anlagen mit den Standby-Verlusten zu erweitern und für die Anwendung in den Ländern der Europäischen Union aufzubereiten. Dazu wurde eine bestehende Industrie-Begleitgruppe reaktiviert, die relevanten Dokumente ins Englische übersetzt und Untersuchungen über das technische Einbringen der Standby-Thematik in die Normierungsgremien angegangen.

Erstmals wurde der Stromverbrauch eines vernetzten/intelligenten Hauses im Projekt **Energieanalyse FuturLife-Haus** [7c] detailliert gemessen. Insgesamt liegt der Stromverbrauch um mehr als einen Faktor 3 über dem Stromverbrauch eines durchschnittlichen, nicht vernetzten Hauses. Die zentrale Infrastruktur für die Vernetzung (Server) und die weiteren, zur Vernetzung notwendigen Geräte verbrauchen je etwa den Strom eines durchschnittlichen Hauses. Mit relativ einfachen Massnahmen können diese vernetzungsbedingten Verbrauchswerte um 95% (zentrale Infrastruktur) und um 80% (weitere Geräte) reduziert werden (z.B. durch Betrieb ohne USV-Anlage, Nutzung eines Powermanagements). Der Strommehrverbrauch durch die Vernetzung bleibt jedoch signifikant und könnte in den kommenden Jahren zu einem Wachstum der Stromnachfrage auch in der Schweiz führen.

Bis anhin konzentrierten sich die nationalen und internationalen Forschungsanstrengungen auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnik auf Büro- und Unterhaltselektronikgeräte. Mit dem Projekt **Energieverbrauch von Prozesssteuerungen** [10] sollen erste Grundlagen im bis anhin vernachlässigten Gebiet der speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) geschaffen werden. Dazu werden vorhandene Produkte klassifiziert, verschiedene, typische Fallbeispiele analysiert und gemessen und anhand einer groben Abschätzung des durch diese Geräte verursachten Energieverbrauchs hochgerechnet. Zudem wird untersucht, inwiefern solche Systeme international bereits einer Deklarationspflicht unterliegen und wie eine solche Deklarationspflicht eingeführt werden könnte. Erste Messungen an der Fachhochschule Chur (siehe Fig. 2) zeigen auf, dass der Leistungsbezug von SPS weitgehend unabhängig von der Konfiguration der gesteuerten Prozesse ist. Aussagen zum Stromverbrauch sind also möglich, ohne eine Vielzahl von Prozessen konfigurieren und programmieren zu müssen. Weiter wurde gefunden, dass Netzteile einen wesentlichen Anteil an den Verlusten haben. Ähnlich wie bei den PC werden auch bei SPS die Netzteile meist in einer tiefen Teillast mit entsprechend schlechten Wirkungsgraden betrieben.



**Figur 2:** Messungen einer SPS am Prozess-Automations-Modell (Quelle: FH Chur)

## ANTRIEBE / ELEKTRISCHE MOTOREN

In der EU besteht ein gemeinsames Klassifizierungsschema mit den Motoren-Klassen eff1, eff2 und eff3. Die Bestrebungen der EU zielen darauf hin, dass Motoren mit der Klassifizierung eff3 (schlechte Effizienz) vom Markt verschwinden, der eff2-Motor standardmässig eingesetzt wird und der eff1-Motor zunehmend im Markt vertrieben werden kann. Dazu hat 1997 die EU-Kommission mit der CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) eine Vereinbarung getroffen, eine kumulative Reduktion des eff3-Typs von 50% bis ins Jahr 2003 im Vergleich zu den 98-er Verkaufszahlen zu erreichen. Ebenfalls soll der Einsatz von Motoren des Standards eff1 und eff2 verstärkt gefördert werden. Das BFE beabsichtigt, aufbauend auf der europäischen Vereinbarung und unter Einbezug der Industrie, die Unterstützung und Verbreitung energieeffizienter Motoren in der Schweiz zu fördern. Deshalb wurde im Projekt **Industrievereinbarung Energieeffizienz von Motoren (eff1, eff2, eff3)** [2] gemeinsam mit der Industrie eine Arbeitsgruppe etabliert, welche die erforderlichen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung schafft. Das Hauptziel ist der Abschluss einer Vereinbarung zwischen dem Bund und der schweizerischen Motorenindustrie.

Im europäischen Projekt **Pilot Actions for the Motor Challenge Programme** (MCP) [11] wurden in den 12 teilnehmenden Ländern Dokumentationen technischer Hilfsmittel zur Effizienzsteigerung bei elektrischen Antrieben zusammengetragen. Die Teilnahmebedingungen für MCP-Partnerschaften wurden nach Bereichen (Antriebe allgemein, Pumpen, Ventilatoren, Druckluft, Management-Politik) in Modulen zusammengefasst und mit fachlichen Hinweisen ergänzt. Für die schweizerische Teilnahme konnten zwei Industriebetriebe mit motorischen Verbrauchsschwerpunkten für die Partnerschaft gewonnen werden. In beiden Betrieben wurde ein Audit (*Grobanalyse*) durch Fachleute des Schweizer *Motor Challenge* Teams durchgeführt, um die für Effizienzmassnahmen interessantesten Bereiche und entsprechende MCP-Module zu bestimmen. Beide Firmen stellen nun einen Partnerantrag an die EU-Kommission.

Im MCP wurde auch das bestehende Motoren-Auswertungs-Tool *OPAL* eingesetzt. Dieses wird zudem im separaten Projekt **OPAL-Erweiterung mit Lüfter- und Pumpensystemen** [12] funktional ergänzt. Im Berichtsjahr wurden dazu Messungen an Pumpen- und Lüfteranlagen als Voraussetzung zur Bewertung möglicher Energiesparmassnahmen durchgeführt. Zusätzlich wurde die US-amerikanische Software *PSAT* (Pumping System Assessment Tool) evaluiert und eine erste Grundversion der *OPAL*-Erweiterung entwickelt, die es erlaubt, derartige Antriebsanlagen zu erfassen und die Einsparmöglichkeiten bei Motoren zu berechnen.

Im Projekt **Hocheffizienter getriebeloser Antrieb** [13] werden Antriebe für Anwendungen mit tiefen Drehzahlen entwickelt. Diese Systeme bestehen aus einem IGBT-Umrichter und einer hochpoligen, permanent erregten Synchronmaschine. Es kann in beiden Drehrichtungen und beiden Energierichtungen arbeiten, so dass es auch als Strom-Generatorsystem verwendet werden kann. Die hohe Effizienz hinsichtlich Wirkungsgrad und Materialeinsatz wird erreicht, weil einerseits auf ein mechanisches Getriebe verzichtet werden kann und andererseits Maschine und Umrichter in vielen Schritten aufeinander abgestimmt und optimiert werden. Dieses Antriebssystem wird für die Leistungsklassen 1,2 MW und 3 kW entwickelt und überprüft. Im Berichtsjahr wurden alle konzeptionellen Arbeiten ausgeführt. Umrichter und Maschine wurden berechnet, simuliert und konstruiert. Die Fertigung der Prototypen (siehe Fig. 3) ist teilweise abgeschlossen, so dass ab Anfang 2003 mit den ersten Tests begonnen werden kann. Die detailliert ausgeführten Berechnungen lassen erwarten, dass die Verluste im Vergleich zu einem konventionellen Antriebssystem mit Getriebe um mehr als 40% reduziert werden können. Der Materialeinsatz kann im Vergleich zu konventionellen Maschinen und Umrichtern um ca. 30% reduziert werden.



**Figur 3:** Prototyp des 1'200 kW Umrichters kurz vor der Fertigstellung (Quelle: Technocon AG)

Asynchronmotoren im Leistungsbereich unter 1 kW, die im Teillastbereich an einem Steuergerät betrieben werden, arbeiten mit einem schlechten Wirkungsgrad. Im Projekt **Energiesparmotor** [14] wurde mit einer neuartigen Technologie auf der Basis eines Permanentmagnet-Rotors abgeklärt, ob sich diese neue Technologie für das Spannungsniveau von 230V eignet, welche Energieeinsparungen sich ergeben und ob die Wirtschaftlichkeit erreicht werden kann. Alle drei Themen konnten in der Studie positiv beantwortet werden und eine Fortsetzung der Arbeiten in eine konkrete Applikation ist vorgesehen. Die Energiemessungen erfolgen an der Fachhochschule Luzern (s. Figur auf Titelseite des Programmberichts).

Im Projekt **Energiesparender Schrittmotorantrieb** [15] konnte der Nachweis erbracht werden, dass dank einer lageabhängigen, neu entwickelten Bestromung Energieeinsparungen in der Größenordnung von 50% erzielt werden können. Mit einer gerechneten Payback-Zeit von etwa 1 Jahr ist auch die Wirtschaftlichkeit gegeben. Die Messungen erfolgten an der Fachhochschule Zürich/Winterthur (siehe Fig. 4).



**Figur 4:** Prototyp des Schrittmotors auf dem Prüfstand (Quelle: LEAG AG)

## GERÄTE / DIVERSES

Mit dem Projekt **Wärmepumpentumbler für Mehrfamilienhäuser** [16] sollte einer Technik zur Markteinführung verholfen werden, welche bei ähnlichen Trocknungsleistungen nur noch die

halbe Energie konventioneller Tumbler benötigt. Es wurde deshalb eine Prototypenserie von 10 Tumbler produziert. Dass der Hersteller *Miele* für diese Technologie gewonnen werden konnte, war äusserst erfreulich. Es ist davon auszugehen, dass *Miele* die Weiterführung der Arbeiten zur Markteinführung vorantreibt.

Das Ziel des europäischen Programms *GreenLight* besteht in der Verbesserung der Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen in kommerziell genutzten und öffentlichen Gebäuden. *GreenLight* wurde mit zwölf EU-Mitgliedsländern gestartet und will nun in weiteren Staaten sogenannte *National Contact Points* (NCP) aufbauen. Da die Schweiz auch an diesem Programm teilzunehmen gedenkt, werden im Projekt ***GreenLight-Aufbau eines Nationalen Contact Points in der Schweiz*** [17] die entsprechenden Aufbauarbeiten gestartet. Diese konzentrierten sich vorerst auf die Informierung potentiell interessierter Stellen.

Elektrische Heizbänder sind gewichtige Stromverbraucher: in der Schweiz wird ein jährlicher Verbrauch von ca. 300 GWh vermutet, was der Verbrauchs-Grössenordnung aller Fernsehgeräte entspricht. Mit dem Projekt ***Elektrische Heizbänder*** [11b] konnte aufgezeigt werden, dass für die Umsetzung von energieeffizienten Massnahmen zum rationellen Einsatz der Heizbänder auf verschiedenen Ebenen angesetzt werden muss. Neben dem Publizieren von Fachartikeln für Sanitär- und Elektroinstallateure, ist ergänzend ein einfaches Merkblatt auszuarbeiten und breit zu streuen. Dies wird im Kleinprojekt ***Elektrische Heizbänder – Merkblatt für den effizienten Einsatz*** [11c] umgesetzt.

In der Schweiz waren Ende der 90er Jahre etwa 16'000 gekühlte Getränke- und Warenautomaten in Betrieb, für welche ein Energieverbrauch von etwa 50 GWh pro Jahr geschätzt wird. Um das vorhandene, substantielle Effizienzpotential umzusetzen, werden im Projekt ***Merkblatt zur optimalen Energienutzung bei Kaltgetränke- und gekühlten Warenautomaten*** [7d] Tipps zum Unterhalt und zum Aufstellungsort mit dem Ziel der optimalen Energienutzung zusammengestellt. Als Zielpublikum vorgesehen sind die Betreiber von Automaten und die Vermieter der Standplätze, welche meistens die Stromkosten bezahlen und dafür pauschal entschädigt werden.

In schweizerischen Büros und Warenhäusern wird vermehrt Mineralwasser in Form eines Selbstbedienungsgerätes (Water Cooler, Wasser-Dispenser, siehe Fig. 5) angeboten. Das Wasser wird in Flaschen von 18,9 l (5 Gallonen) gelagert und vor dem Konsum gekühlt. Im Jahr 2001 waren ca. 15'000 Geräte im Einsatz, das Marktwachstum ist hoch. Mit dem Projekt ***Energieeffizienzpotential bei Wasserdispensern*** [7e] sollen erste Grundlagen über diese im Wachstum stehende Gerätekategorie gewonnen werden. Der Energieverbrauch des ersten ausgemessenen Gerätes beträgt 230% des *Energy Star*-Grenzwerts von 160 Wh/Tag.



**Figur 5:** Wasserdispenser ohne Verschaltung (Quelle: Encontrol GmbH)

Mit dem Projekt **Energieeffizienzpotential bei Heissgetränkeautomaten in der Betriebsverpflegung** [18] wird auf Landesstufe der Energieverbrauch für Heissgetränkeautomaten in der Betriebsverpflegung ermittelt. Weiter werden Effizienzsteigerungsmassnahmen, deren Kosten und deren Potenziale abgeschätzt. Die Bestimmung der Gerätepopulation und das Benutzerverhalten konnte über eine Umfrage bei den Betreibern der Betriebsverpflegung bestimmt werden. Eine Begleitgruppe mit Vertretern von Betreiber-Firmen und einem grossen Kunden im Dienstleistungssektor ist aufgebaut worden.

Durch den Trend zu Komfortfunktionen (Zustandsanzeige, Zeit-Schaltung, Vernetzung, etc.) dürfte bei Haushaltgeräten der Standby-Verbrauch zunehmen. Zur Abschätzung der energetischen Bedeutung werden im Projekt **Standby-Verbrauch von Haushaltsgeräten** [11d] wichtige Haushaltgeräte-Kategorien stichprobenweise gemessen und unter Berücksichtigung von Verbreitung, Marktperspektiven, Gebrauchsmustern, technischem Fortschritt etc. wird der Stand-by-Verbrauch für die Schweiz hochgerechnet. Die Ergebnisse der bisherigen Arbeiten zeigen, dass heute eingesetzte Netzteile von Haushaltgeräten für Steuerung und Display recht sparsam sind; die typische Leistungsaufnahme beträgt 2 W. Vereinzelt gibt es höhere Werte, v.a. bei "Billig-Geräten". Gerade bei diesen ist aber noch häufig ein Hauptschalter anzutreffen (z.B. Waschmaschine oder Geschirrspüler mit Türkontakt), der während des grössten Teils der Nicht-Nutzungszeit ausgeschaltet bleibt. Auf der anderen Seite stehen Kaffeeautomaten als typische Geräte mit energieintensiver Komfortfunktion (Standby mit Sofortbereitschaft für Kaffeeausgabe), ähnlich wie im Bürobereich die Kopierer. In einer Repräsentativumfrage in der deutschen und französischen Schweiz wurden Besitz und Nutzung von Kaffeeautomaten und Haushalt-Steamern erhoben. Angesichts der Ergebnisse, einer Verbreitung von 64% der Haushalte und des hohen Verbrauchs zur Warmhaltung, könnten Kaffeeautomaten zum Hauptverursacher des Haushalt-Stand-by-Verbrauchs werden.

## Nationale Zusammenarbeit

In allen Programm-Schwerpunkten haben im Rahmen der etablierten **Trendwatching-Gruppen**, die sich jeweils aus Vertretern der einschlägigen Industrie, Hochschule und Forschungsstätten zusammensetzen, je eine bis zwei Sitzungen stattgefunden. Diese anerkannte Zusammenkunft von Fachleuten bewährt sich nach wie vor bestens als regelmässig stattfindendes, nationales Informations- und Diskussionsforum.

Das etablierte **Kompetenzzentrum Energie- und Informationstechnik** leistet weiterhin einen wichtigen Beitrag zur nationalen (wie auch internationalen) Zusammenarbeit und gilt als anerkannte Institution in diesem Fachbereich. Leider war es immer noch nicht möglich, die notwendigen Abklärungen und Grundlagen für das vorgesehene **Kompetenzzentrum Druckluft** anzugehen. Dies ist aber ein erklärtes Ziel für 2003.

Im Rahmen eines *National Center of Competence* des **schweizerischen Nationalfonds** beschäftigen sich im Projekt *Materials with Novel Electronic Properties* (MANEP) insgesamt 8 Institute und Industrien mit den Hochtemperatursupraleitern.

Nach wie vor wird die Einbindung von **Fachhochschulen** gefördert. In mehreren BFE-Projekten konnte eine aktive Mitwirkung der Fachhochschulen Chur, Luzern, Zürich/Winterthur, Biel, Brugg und Wallis sowie der Hochschule Zürich erzielt werden.

Durch die gemeinsame Finanzierung von Forschungsprojekten sind bestehende Kontakte zu weiteren **Förderinstitutionen** wie dem *Energiesparfonds des EWZ*, dem *Stromsparfonds Baselstadt*, dem *Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft (PSEL)*, der *Commission Recherche, développement, prospective de la Chambre romande d'énergie électrique (RDP / CREE)* und der KTI, die im Berichtsjahr vertieft wurden.

In mehreren Projekten wird ein enger Kontakt mit den schweizerischen **Energieagenturen** [25] gepflegt. So laufen gemeinsame Projekte mit der *Energieagentur der Wirtschaft (EnaW)*, der *Energieagentur Elektrogeräte (eae)* und ebenso mit der *Schweizerischen Agentur für Energieeffizienz (S.A.F.E.)*. In praktisch allen Projekten wird zudem angestrebt, die jeweiligen einschlägigen **Branchenverbände** einzubinden.

## Internationale Zusammenarbeit

In allen Schwerpunktsbereichen bestehen gute internationale Kontakte. Diese werden sowohl projektorientiert als auch bei internationalen Konferenzen und Workshops gepflegt.

Neben der schweizerischen Teilnahme am IEA-Programm **Implementing Agreement for a Cooperative Programme for Assessing the Impact of High Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector** nehmen im Rahmen des **5. EU-Rahmenprogramms** zwei schweizerische Gruppen am Programm **Growth** mit dem Projekt *BIG POWA* (GRD1-1999-10461) teil und bearbeiten für einen Transformator und eine Modellspule bei 77 Kelvin das Problem der AC-Verluste. Das Programm **Superconducting European Network, SCENET II** (GTC1-2001-43047) umfasst dank den neu dazugekommenen osteuropäischen Staaten mehr als 80 verschiedene europäische Gruppen (Nodes) aus Hochschulen und Industrie, die sich alle mit Supraleitung befassen. *SCENET II* hat sich zur Aufgabe gemacht, den Informationsfluss innerhalb Europa zu optimieren, um die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Forschung zu verbessern. Die Schweiz ist mit 2 Nodes vertreten und Mitglied des *SCENET Steering Committee*.

Es zeugt von Anerkennung der schweizerischen Arbeiten auf dem Gebiet der **Informations- und Kommunikationstechnik**, dass der Programmleiter zur Teilnahme am Workshop der Internationalen Energieagentur (IEA) *The Future Impact of Information and Communication Technologies on the Energy System* am 21./22. Februar 2002 in Paris eingeladen wurde. Die Schweiz hat aktiv an den Projektvorarbeiten eines europäischen SAVE-Projekts zum Thema *Energy Efficiency Assessment for Entertainment, Information and Communication Appliances* mitgearbeitet. Leider wurde dieses Projekt aber auf europäischer Ebene nicht bewilligt. Bezüglich der *Standby-Thematik bei USV-Anlagen* wurde der Kontakt ins internationale IEC-Komitee etabliert, damit dort im Rahmen der anstehenden Revision der entsprechenden Norm die energierelevanten Anforderungen an USV-Anlagen eingebracht werden können. Ferner werden Kontakte mit internationalen Stellen wie z.B. der Europäischen Kommission, der EPA (Environmental Protection Agency) und dem LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory) in den USA sowie mit der französischen ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) gepflegt.

Im Bereich *Motoren/Antriebe* beteiligt sich die Schweiz am **SAVE Pilotproject for the Motor Challenge Programme** (Contract 4.1031/Z/00-026). Der Programmleiter wurde ins *International Programme Committee 3<sup>rd</sup> international Conference on Energy Efficiency in Motor Driven Systems (EEMODS' 02)* eingeladen [26]. Leider ergab sich keine Gelegenheit, Verhandlungen mit der Europäischen Kommission bezüglich der Motoren-Auslege-Software *OPAL* zur Verschmelzung mit dem europäischen Motoren-Tool *EURODEEM* zu führen. Die Schweiz arbeitete aktiv an einem SAVE-Projektantrag mit dem Titel *Promotion of Energy Efficient Electric Motor Systems* mit, bei dem eine Verschmelzung der beiden Software-Tools vorgesehen war. Der Projektantrag wurde jedoch leider durch die EU zurückgestellt.

## Pilot- und Demonstrationsprojekte

### ELEKTRISCHE VERTEILUNG

Das internationale Projekt **Cluster Pilot Project for the Integration of RES into European Energy sectors using Hydrogen (RES: Reversible Energy Storage System)** [19] hat zum Ziel, im Rahmen eines Pilotprojektes auf Gran Canaria das Zusammenspiel von erneuerbaren Energien in autonomen Netzen zu prüfen und aufgrund einer dezentralen Energieerzeugung mit dem erzeugten Strom eine Wasserstoff-Speicherung auszutesten. Das Projekt ist umsetzungsorientiert und basiert weitgehend auf kommerziell verfügbaren Komponenten. Das Innovative daran ist das gegenseitige Integrieren der verschiedenen Teilsysteme und deren Zusammenspiel.

### ENERGIE UND INFORMATIONSTECHNIK

Im Pilotprojekt **Energieaspekte in der IT-Ausbildung** [20] wurde der mögliche Wissenstransfer von energierelevanten Informationen in die Ausbildung für Informatiklehrlinge untersucht. Das Projekt wurde mit Unterstützung des *Schweizerischen Wirtschaftsverbands der Informations-*,

*Kommunikations- und Organisationstechnik* (SWICO) und der *Energieagentur Elektrogeräte* im Rahmen eines neuen Ausbildungsprogramms durchgeführt. Dazu wurde je eine Testlektion in den Pilotkantonen Bern und Zürich erarbeitet und durchgeführt. Aus den Testlektionen ergibt sich die Erkenntnis, dass sich der handlungsorientierte und von der Praxis in die Theorie gehende Ansatz bewährt. Es ist ferner sinnvoll, Energieaspekte in kleinen Paketen an bereits bestehende Module anzuhängen und nicht ein separates Modul *Energieaspekte in der Informatikausbildung* vorzusehen. Der Auszubildende ist schliesslich die Schlüsselfigur zum Erfolg, muss deshalb motiviert sein und mit dem notwendigen Hintergrundwissen ausgestattet sein. Es wird vorgeschlagen, ein erweitertes Pilotprojekt zu starten, welches nach wie vor auf die beiden Kantone Zürich und Bern beschränkt ist, im Unterschied zum ersten Projekt aber eine grössere Anzahl Module berücksichtigt.

## ANTRIEBE / ELEKTRISCHE MOTOREN

Die Lonza AG ist mit etwa 1% des schweizerischen Stromverbrauchs einer der grössten Stromverbraucher der Schweiz. Etwa 94% des Stromverbrauchs dient dem Antrieb von Elektromotoren. Im Projekt *Einsparpotential an elektr. Energie bei Motoren und Antrieben bei der Lonza* [21a] konnte mit mehreren Diplomarbeiten und vertieften Untersuchungen ein wirtschaftliches Einsparpotential zwischen 5 und 20% identifiziert werden. Dies wirkte derart motivierend, dass durch die Lonza eine zusätzliche Stelle *Energie-Challenging* geschaffen wurde, die sich ausschliesslich mit der Effizienzsteigerung bestehender und der optimierten Planung neuer Anlagen beschäftigt.

Im Druckluftbereich konnten mit den beiden Projekten *Druckluftoptimierung in einer Schreinerei* [22b] und *Druckluftoptimierung in einer Weberei* [22a] nachgewiesen werden, dass mit einfachen Mitteln durchaus wirtschaftliche Einsparungspotentiale vorhanden sind. Die Einsparungseffekte betragen bei der Weberei rund 75% und bei der Schreinerei etwa 30%.

Bei mehreren Industriebranchen wurden gemäss der gesetzten Ziele branchenspezifische Pilotprojekte unter Einbezug entsprechender Betriebe lanciert. Die gegen Ende 2002 gestarteten Projekte *Einsparung von elektrischer Energie in einem Sägereibetrieb* [23], *Energieeinsparung am Fallbeispiel Christoph Burckhardt AG* [24], *Elektrizitätseffizienz in Kehrichtverwertungsanlagen* [21b] haben als Zielsetzung, mittels Analysen wirtschaftliche Einsparpotentiale zu bestimmen, umzusetzen und damit die Grundlage für einen Multiplikationseffekt zu erzielen.

## Bewertung 2002 und Ausblick 2003

Im Bereich *elektrische Verteilung* war das negative Abstimmungsergebnis zum EMG prägend. Nach der Ablehnung des EMG befindet sich die Branche in einem Prozess der Neuorientierung. Auch der entsprechende Verband (VSE) ist darin eingeschlossen, weshalb die unterschriftsreife Vereinbarung bezüglich der gemeinsamen Ausbildung vorerst nicht unterzeichnet wurde. Für 2003 ist das BFE nach dem EMG-Entscheid ebenfalls daran, sich neu zu orientieren und die entsprechenden Schlussfolgerungen für das Amt zu ziehen. Das Programm *Elektrizität* wird sich an diesem Prozess beteiligen. Nach wie vor erfordert das zukunftsorientierte Thema der dezentralen Erzeugungsanlagen die Lösung von technisch anspruchsvollen Problemkreisen. Deren Identifikation und Bearbeitung durch gemeinsame Projekte mit der Branche stellen deshalb Zielvorstellungen für 2003 dar.

Im Bereich der *Hochtemperatursupraleitung* konnte gemeinsam mit der Schweizer Industrie ein Projekt über den Strombegrenzer gestartet werden, womit die entsprechende Zielsetzung erfüllt werden konnte. Auch die Informationsverteilung verläuft zufriedenstellend. Als Zielsetzung für 2003 wird angestrebt, trotz geringen Mitteln eine Kontinuität im Projekt- und Informationsbereich sicherzustellen.

Die angepeilten Aktivitäten im Bereich der *Informations- und Kommunikationstechnik* sowie im Bereich der vernetzten *Haushaltsgeräte* konnten weitgehend umgesetzt werden. Auch die Lancierung erster Grundlagenarbeiten im Bereich der Industrie-Steuerungen konnte erreicht werden. Zudem wurden mit den Aktivitäten im USV-Bereich, im Bereich des Server-Schaltens sowie im Analysieren von IT-Netzgeräten Grundlagen geschaffen, die international Bedeutung und Beachtung erhalten. Im nächsten Jahr sind die internationalen Kooperationen weiter zu intensivieren. Zudem sind weitere Grundlagen für energieeffiziente Standards und/oder Normen zu schaffen

sowie identifizierte Erkenntnislücken zu füllen. Schliesslich wird angestrebt, die Erkenntnisse der IT-Ausbildung im Energiebereich in grösserem Umfang umzusetzen.

Im Bereich **Antriebe / elektrische Motoren** wurden in mehreren Branchen Demonstrationsprojekte initialisiert. Leider konnte erneut die Etablierung eines *Kompetenzzentrums Druckluft* nicht angegangen werden; dies wird 2003 weiterverfolgt. Zudem wird geprüft, wie das in Deutschland laufende Programm *Druckluft-effizient* auch in der Schweiz aktiviert werden könnte. Im Falle einer zeitlichen Verzögerung der europäischen Einführung des *Motor Challenge Programms* soll die Kontinuität in der Schweiz sichergestellt werden. Schliesslich sind weitere branchenorientierte Demonstrationsprojekte zu initiieren. Technologisch sind mit den zwei Projekten *Energiesparmotor* und *Energiesparender Schrittmotorenantrieb* **innovative Lösungen** entwickelt und ausgetestet worden, die substantielle Einsparpotenziale von 75 GWh resp. 64 GWh aufweisen. Es liegt nun an der Industrie, die Ergebnisse zur Produktionsreife zu bringen.

## Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2002 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden

ENET: Bestellnummer des Berichts bei ENET

unter den angegebenen Internet-Adressen können die Berichte heruntergeladen werden

- [1] C. Yechouroun, ([cyrus.yechouroun@eivd.ch](mailto:cyrus.yechouroun@eivd.ch)), HES-SO, Yverdon: **Démonstrateur pour réseau avec transport d'énergie en courant continue** (JB)
- [2] G. Schnyder, ([gilbert.schnyder@sing.ch](mailto:gilbert.schnyder@sing.ch)), SCHNYDER INGENIEURE AG, Hünenberg: **a) Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in Verteilnetzen** (JB) • **b) Energieeffizienz von USV-Anlagen** (JB) • **c) Industrievereinbarung Energieeffizienz von Motoren (eff1, eff2, eff3)** (JB)
- [3] F. Stalder, M. Büchler, R. Bräunlich, ([sgk@sgk.ch](mailto:sgk@sgk.ch)), SCHWEIZ. GESELLSCHAFT FÜR KORROSIONSSCHUTZ (SGK), Zürich: **Wechselstromkorrosion an Pipelines** (JB)
- [4] R. Flükiger, ([rene.flukiger@physics.unige.ch](mailto:rene.flukiger@physics.unige.ch)), UNIVERSITÉ DE GENÈVE: **Implementing Agreement for a Cooperative Programme for Assessing the Impact of High Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector** (JB)
- [5] M. Lakner, D. Braun ([martin.lakner@ch.abb.com](mailto:martin.lakner@ch.abb.com)), ABB FORSCHUNGSZENTRUM, Baden-Dättwil: **Marktpotential von supraleitenden Strombegrenzern** (JB)
- [6] B. Aebischer, ([bernard.aebischer@cepe.mavt.ethz.ch](mailto:bernard.aebischer@cepe.mavt.ethz.ch)), CEPE, ETH-Zürich: **a) Betreuung des Kompetenzzentrums Energie und Informationstechnik** (JB) • **b) Energieeffizienz von Computer Netzgeräten** (SB)
- [7] A. Huser, ([alouis.huser@encontrol.ch](mailto:alouis.huser@encontrol.ch)), ENCONTROL GMBH, Niederrohrdorf: **a) Strom-einsparpotential durch Schalten von Servern** (SB) ENET 220109 • **b) Ausschreibungsunterlagen im Server, PC- und Netzwerkbereich** (JB) • **c) Energieanalyse FuturLife-Haus** (SB) • **d) Merkblatt zur optimalen Energienutzung bei Kaltgetränke- und gekühlten Warenautomaten** (JB) • **e) Energieeffizienzpotential bei Wasserdispensern** (JB)
- [8] B. Sauter, ([beat.sauter@emt.ch](mailto:beat.sauter@emt.ch)), ENERGY MANAGEMENT TEAM AG, Ermatingen: **Energieeffizientes Servermanagement** (JB)
- [9] M. Held, ([marcel.held@empa.ch](mailto:marcel.held@empa.ch)), EMPA, Dübendorf: **Auswirkungen von periodischem Ein- und Ausschalten auf die Server-Hardware-Zuverlässigkeit** (JB)
- [10] E. Bush, ([bush@spin.ch](mailto:bush@spin.ch)), BUSH ENERGIE GMBH, Felsberg: **Energieverbrauch von Prozesssteuerungen** (JB)
- [11] J. Nipkow, ([juergnipkow@swissonline.ch](mailto:juergnipkow@swissonline.ch)), ARENA ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIE-ALTERNATIVEN, Zürich: **a) Schweizer Vertretung im SAVE-Programm: Pilot Actions for the Motor Challenge Programme** (JB) [www.motorchallenge.ch](http://www.motorchallenge.ch) • **b) Elektrische**

- Heizbänder** (SB) ENET 220124 • **c) Elektrische Heizbänder – Merkblatt für den effizienten Einsatz** (JB) • **d) Standby-Verbrauch von Haushaltsgeräten** (JB)
- [12] R. Tanner, ([tanner@semafor.ch](mailto:tanner@semafor.ch)), SEMAFOR INFORMATIK & ENERGIE AG, Basel: **OPAL-Erweiterung mit Lüfter- und Pumpensystemen** (JB)
- [13] R. Niederer, ([niederer@technocon.ch](mailto:niederer@technocon.ch)), KONSORTIUM TECHNOCON / BARTHOLDI, Zürich: **Hocheffiziente getriebelose Antriebe** (JB)
- [14] M. Lindegger, ([markus.lindegger@bluewin.ch](mailto:markus.lindegger@bluewin.ch)), CIRCLE MOTOR AG, Gümligen: **Energiesparmotor** (SB)
- [15] S. Berchten, ([bn@leag.com](mailto:bn@leag.com)), LEAG ANTRIEBSTECHNIK AG, Schaffhausen: **Energiesparender Schrittmotorenantrieb** (SB)
- [16] E. Schwarzwald, THERMODUL CONSULTING, Curio: **Wärmepumpentumbler für Mehrfamilienhäuser** (SB)
- [17] P. Schneiter, ([paul.schneiter@energieeffizienz.ch](mailto:paul.schneiter@energieeffizienz.ch)), SCHWEIZ. AGENTUR FÜR ENERGIEEFFIZIENZ, Zürich: **GreenLight NCP – Aufbau eines National Contact Points in der Schweiz** (JB)
- [18] A. Huser, R. Schmitz ([alouis.huser@encontrol.ch](mailto:alouis.huser@encontrol.ch) / [rolf.schmitz@electrosuisse.ch](mailto:rolf.schmitz@electrosuisse.ch)), KONSORTIUM ENCONTROL/ELECTROSUISSE, Niederrohrdorf: **Energieeffizienzpotential bei Heissgetränkeautomaten in der Betriebsverpflegung** (JB)

## Liste der P+D-Projekte

- [19] A. Stoev ([a.stoev@idsag.ch](mailto:a.stoev@idsag.ch)), IDS AG, Zürich: **Cluster Pilot Project for the Integration of RES into European Energy sectors using Hydrogen** (JB)
- [20] B. Aebischer, ([bernard.aebischer@cepe.mavt.ethz.ch](mailto:bernard.aebischer@cepe.mavt.ethz.ch)), CEPE, ETH-Zürich: **Energieaspekte in der IT-Ausbildung** (SB)
- [21] G. Schnyder, ([gilbert.schnyder@sing.ch](mailto:gilbert.schnyder@sing.ch)), SCHNYDER INGENIEURE AG, Hünenberg: **a) Einsparpotential an elektr. Energie bei Motoren und Antrieben in der Lonza** (SB) • **b) Elektrizitätseffizienz in Kehrlichtverwertungsanlagen** (JB)
- [22] R. Gloor ([gloor@energie.ch](mailto:gloor@energie.ch)), GLOOR ENGINEERING, Sufers: **a) Druckluftoptimierung in einer Weberei** (SB) ENET 220175 • **b) Druckluftoptimierung in einer Schreinerei** (SB) ENET 220174
- [23] I. Wyrsh ([iso.wyrsh@wyrstech.ch](mailto:iso.wyrsh@wyrstech.ch)), WYRSCH TECHNOLOGIE, Küssnacht a. Rigi: **Einsparung von elektrischer Energie in einem Sägereibetrieb** (JB)
- [24] R. Tanner, ([tanner@semafor.ch](mailto:tanner@semafor.ch)), SEMAFOR INFORMATIK & ENERGIE AG, Basel: **Energieeinsparung am Fallbeispiel Christoph Burckhardt AG** (JB)

## Referenzen

- [25] **Homepage von Energieagenturen** [www.energieagentur.ch](http://www.energieagentur.ch) und [www.energie-agentur.ch](http://www.energie-agentur.ch) und [www.eae-geraete.ch](http://www.eae-geraete.ch)
- [26] R. Brüniger: **Reisebericht: EEMODS'02 26./28. September 2002 in Treviso**, [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch).
- [27] **Internetseite des Forschungsprogramms** [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch).