



PROGRAMM ELEKTRIZITÄSTECHNOLOGIEN UND -ANWENDUNGEN

Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2007

Roland Brüniger

roland.brueeniger@r-brueniger-ag.ch



(Quelle: awtec)

Energiesparender Wäschetrockner

Funktionsmuster eines Vakuumtrockners mit offener Frontwand und PC zur Messdatenerfassung. Die Konzeption und Entwicklung erfolgt unter Einbezug der Industrie und verspricht eine neuartige, effiziente Wäschetrocknung.

Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Mehrere einschlägige Pressemitteilungen sowie diverse parlamentarische Vorstösse haben dem Thema *Effizienter Stromverbrauch* im Jahr 2007 zu einer erhöhten Popularität verholfen. Hauptsächlich dem Standby-Verbrauch wurde eine grosse mediale und politische Aufmerksamkeit zuteil. Dies ist auch nicht verwunderlich, zeigen doch Analysen, dass in der Schweiz jährlich etwa 1'900 GWh Strom im Standby „verschwendet“ werden, was über 3% des schweizerischen Stromverbrauchs entspricht. An diesem Punkt setzt das Forschungsprogramm **Elektrizitätstechnologie und -anwendungen** an mit dem Ziel, Grundlagen für einen sorgfältigen und effizienten Umgang mit der Elektrizität zu schaffen und die entsprechende Umsetzung vorzubereiten. Das Programm gliedert sich in die beiden Hauptbereiche **Technologien** und **Effiziente Anwendungen**.

Im Bereich **Technologien** bestand die Zielsetzung im Jahr 2007 darin, Fortschritte in den *thermoelektrischen Materialwissenschaften* durch eine Erhöhung der *Figure of Merit* zu erzielen und die Entwicklungen sowohl im Hoch-, als auch im Niedertemperaturbereich auf deren Anwendbarkeit zur direkten Energiekonversion Wärme-Elektrizität zu prüfen. Ergänzend sollte die Konstruktion eines thermoelektrischen Demonstrators initiiert werden, um die thermischen Modellrechnungen verifizieren zu können. Nach der erfolgreichen Lancierung mehrerer Projekte zur Abklärung energetischer Nutzungsmöglichkeiten des *magnetokalorischen Effektes* gilt es, konkrete, erfolgversprechende Anwendungen unter Einbezug der Industrie anzugehen. Im Bereich der *Hochtemperatursupraleitung* gibt es zwar immer wieder Fortschritte im Materialbereich; die Schweizer Industrie hält sich aber primär aus Wirtschaftlichkeitsüberlegungen mit eigenen Aktivitäten noch zurück. Umso wichtiger ist die Sicherstellung einer minimalen Kontinuität im Projekt- und Informationsbereich. Dies umfasst einerseits die Teilnahme am entsprechenden IEA-Programm und andererseits eine kontinuierliche Interaktion mit der Industrie. Ferner galt es 2007, einen kompetenten und finanzstarken Industriepartner zu finden, um die *Druckluftspeichertechnologie* weiter zu entwickeln.

Der Bereich **Effiziente Anwendungen** weist mehrere Teilbereiche auf. Die *Informations- und Kommunikationstechnik* ist durch einen globalen Massenmarkt geprägt und trägt eine grosse Dynamik in sich. Eine Zielsetzung bestand darin, einerseits die in spezifischen Projekten gewonnenen Erkenntnisse konzentriert über die Landesgrenzen hinweg bekannt zu machen und andererseits internationale Aktivitäten auf die Schweiz zu übertragen. Ebenfalls sollten Projekte für einen effizienten Einsatz im Bereich *Home Automation* initiiert werden. Eine weitere Zielsetzung lag darin, das *Standby-Thema* generell aufzuarbeiten und Grundlagen für eine substantielle Verminderung dieser „Verluste“ zu schaffen. Unverändert bestand ein Hauptfokus im Bereich *elektrische Antriebe* im Aufarbeiten von fachtechnischen Grundlagen für den geplanten Wissenstransfer durch *EnergieSchweiz*. Daneben galt es, technische Grundlagen zur Effizienzsteigerung von Motoren und Antriebssystemen zu entwickeln, wobei eine spezifische Zielsetzung in der Effizienzverbesserung des Traktionsbereichs der SBB lag. Im *Gerätebereich* bestand die Zielsetzung für 2007 darin, bei ausgewählten Geräten die Grundlagen für eine Effizienzsteigerung zu erarbeiten. Wäschetrockner, Minikühlschrank und USV-Anlagen standen dabei im Vordergrund.

Schliesslich sollte das nächste 4-Jahresprogramm des vorliegenden Forschungsprogramms auf der Basis des CORE-Konzepts konkretisiert und in einem Konzept festgelegt werden. Umsetzungsmässig galt es auch 2007, über nationale Medien die Aktivitäten und Ergebnisse des Programms bekannt zu machen und mit umsetzungsorientierten Aktivitäten zur Sensibilisierung beizutragen.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2007

TECHNOLOGIEN

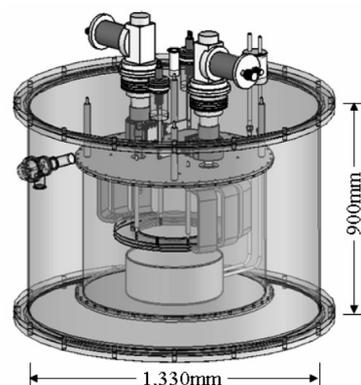
Hochtemperatur-Supraleitung (HTSL)

Neben der Schweiz nehmen am *IEA-Programme for Assessing the Impact of High Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector* [1] elf weitere Länder teil, womit ein umfassender Zugang zu Informationen über die weltweiten Aktivitäten auf dem Gebiet der HTSL gewährleistet wird. Im Vordergrund stehen einerseits die Entwicklungen von Supraleitermaterialien und andererseits industrielle Anwendungen wie Kabel, Strombegrenzer, Motoren, Generatoren, u.a.. Die USA hat verschiedene HTSL-Projekte im Kabelbereich am Laufen (siehe Fig. 1) und Südkorea ist ebenfalls im HTSL-Bereich sehr aktiv am Bauen verschiedener Anwendungen wie z.B. einem supermagnetischen Energiespeicher (SMES, siehe Fig. 2). 2007 konnten erstmals Y-123 Coated Conductor-Bänder mit Längen von 700 m und einer Stromdichte von 200 A/cm² hergestellt werden. Zudem hat

Magnesiumdiborid (MgB_2) aufgrund der tiefen Kosten an Bedeutung gewonnen. Thematisch wurde 2007 speziell das Thema der Wechselstromverluste behandelt. Die umfangreichen Informationen dieser internationalen Arbeiten wurden an alle in der Schweiz in der Supraleitung tätigen Forschungsinstitute und Industrien im Rahmen des alljährlichen HTSL-Seminars vermittelt.



Figur 1: HTSL-Kabel des Columbus HTSL-Kabel-Projekts mit 13,2 kV und 69 MVA (American Superconductors, Praxair).



Figur 2: Kryostat des 600 kJ HTSL-SMES (Korea Electrotechnical Research Institute).

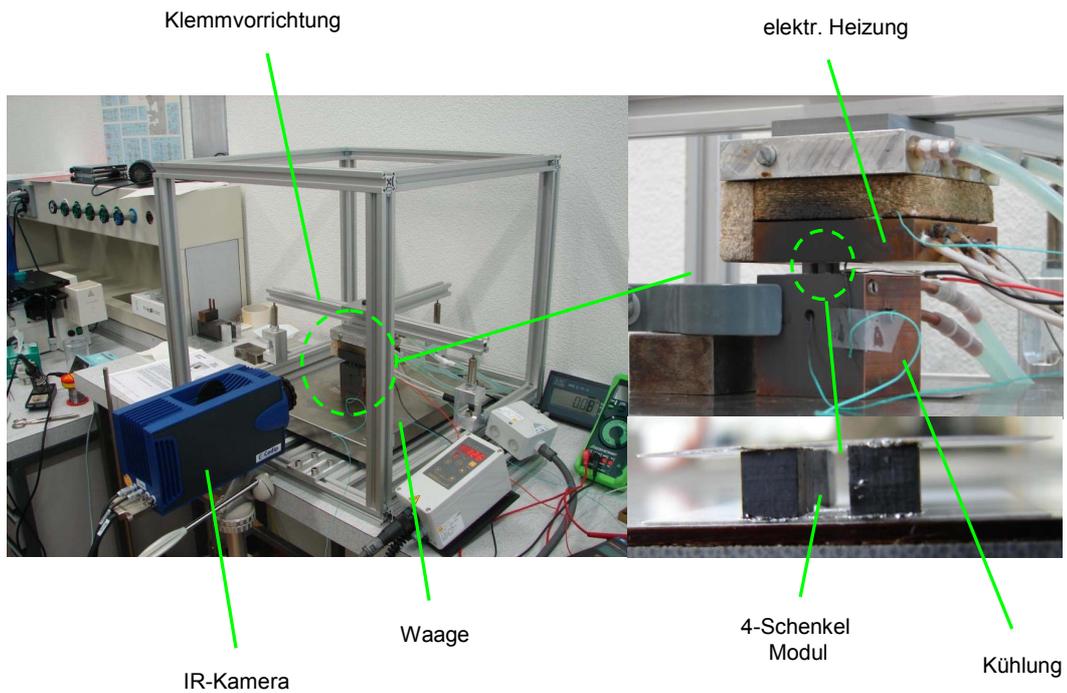
Energiekonversion

Die magnetokalorische Kühlung könnte in Zukunft die konventionelle Kältetechnik – mit oftmals problematischen Kältemitteln – in mehreren Nischenmärkten oder sogar in einigen Hauptmärkten des Kühlbereiches verdrängen. Im Projekt **Anwendung der magnetischen Kältetechnik und ihre Bewertung** [2a] wurde eine Rechenmethode entwickelt, um die "Coefficient of Performance (COP)"-Werte und die Exergie-Wirkungsgrade als Funktionen der magnetischen Feldstärke und der Rotationsfrequenz von rotierenden magnetischen Kältemaschinen zu ermitteln. Basierend auf dieser Arbeit konnten das *Haushalt-Kühlgerät ohne Gefrierfach* und die *zentrale Kälteeinheit* als erfolgversprechende Anwendungen identifiziert werden.

Das Hauptziel des Projekts **Anwendungen der magnetischen „Power Production“ und ihre Bewertung** [2b] liegt im Identifizieren von verschiedenen Anwendungen der Abwärmenutzung, in denen die magnetische «Power Production» eine Alternative zu konventionellen Methoden der Energie-Konversion darstellen könnte. Erste Resultate zeigen, dass Systeme, welche auf Permanent-Magneten basieren, auf ungefähr 140-160 °C Wärme-Quellen-Temperatur beschränkt sind. Mit supraleitenden Magneten ergibt sich hingegen ein viel weiterer Einsatzbereich mit einer oberen Limite von ungefähr 600 °C Quellen-Temperatur. Zudem hat sich gezeigt, dass die magnetische Energie-Umwandlung konventionellen Technologien in vielen Aspekten überlegen ist. Dies ist vor allem der Fall bei Niedrig-Exergie-Wärmequellen, wo konventionelle Energie-Konversions-Technologien nicht ausreichend funktionieren. Im Gegensatz dazu führt die magnetische «Power-Generation-Technologie» für diese Wärmequellen zu einer hohen Exergie-Effizienz.

Der thermoelektrische Effekt ermöglicht die direkte Umwandlung von Wärme in Elektrizität. Die EMPA nimmt mit den beiden Forschungsprojekten **Geo-Thermopower (Geo-TEP) Material** [3a] im Niedertemperaturbereich und **Materialentwicklung für solarthermische Stromerzeugung (Solar-TEP)** [3b] im Hochtemperaturbereich weltweit eine führende Position in der thermoelektrischen Materialforschung ein. Im Geo-TEP-Projekt stand das Untersuchen von orthorhomboiden, perovskitischen Kristallen im Vordergrund und im Solar-TEP-Projekt wurden die kristallinen Strukturen von Oxiden analysiert. In beiden Projekten wurden wesentliche Fortschritte erzielt.

Mit dem **Erstellen und Modellieren eines thermoelektrischen oxidischen Moduls (TOM) als Demonstrator** [3c] wird ergänzend zu den beiden vorerwähnten Projekten eine Brücke zu anwendungsorientierten Projekten an der ETH Zürich geschlagen (siehe Fig. 3). Denn mit dem Demonstrator soll neben anderem die Modellierung eines thermoelektrischen Elements geprüft werden, welches im Projekt **Thermoelektrisches Kraftwerk** [4a] entwickelt wurde. Die ersten Messungen zeigen eine gute Übereinstimmung, was die Ausarbeitung von Optimierungsstrategien für zukünftige Modularchitekturen mittels Simulationen erlaubt.



Figur 3: Überblick des Messaufbaus zur Nachprüfung der Simulation mit einem Demonstrator (EMPA, ETHZ).

Im Projekt **Anwendungspotential der thermoelektrischen Stromerzeugung im Hochtemperaturbereich** [4b] wurden verschiedene Szenarien für den Einsatz von thermoelektrischen Generatoren bezüglich ihrer Leistungscharakteristika evaluiert und mit konventionellen Energiekonversionsverfahren verglichen. Allgemein kann der Schluss gezogen werden, dass die thermoelektrische Stromerzeugung eine Alternative ist, wenn die Kosten für die thermische Energie gering sind. Um mit konventionellen Systemen zu konkurrieren, ist eine starke Verbesserung der Materialien unumgänglich. Die Fortschritte im Materialbereich deuten darauf hin, dass mittelfristig konkurrenzfähige Materialien verfügbar sein dürften.

Speicherung

Das Projekt **Druckluftspeicherung: Optimierung / Auslegung bestehender Projektmuster** [5] stellt eine Ergänzung zum abgeschlossenen Projekt **Machbarkeit des Druckluftspeicherkonzeptes BOP-B, Wärmetauscher und Motor/Generator-Einheit** dar. Dabei haben erste Versuche mit dem Wärmetauscher gezeigt, dass die gewählte Bauform thermisch den Anforderungen genügt. Es hat sich aber auch gezeigt, dass es im Umfeld des Flüssigkolbens noch unerwartete Effekte gibt, welche eine Weiterentwicklung der Versuchsanordnung erfordern. Diese Effekte wurden näher untersucht und analysiert. Unabhängig von den vorliegenden Arbeiten ist eine ausländische Industrie im Zusammenhang mit der Entwicklung eines Kompressors für die Wasserstoffbetankung zu den gleichen Schlüssen gekommen und hat erfreulicherweise die grundsätzliche Funktion des Wärmetauschers bestätigt. Eine Fortsetzung der Arbeiten erfolgt erst unter Einbezug eines starken Industriepartners. Diesbezügliche Bemühungen laufen, haben aber bis anhin noch zu keinem konkreten Ergebnis geführt.

EFFIZIENTE ANWENDUNGEN

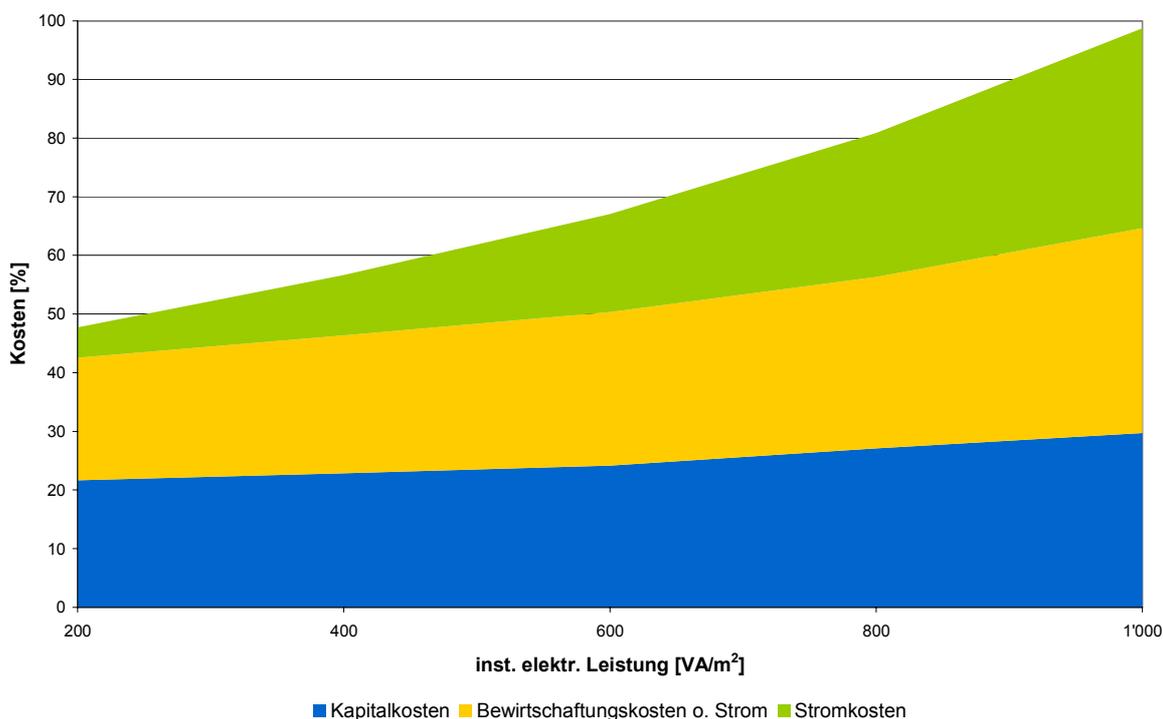
Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)

Das **Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik** [6] stellt eine nationale Informationsdrehscheibe bezüglich den internationalen Aktivitäten in Bezug auf die Energieeffizienz im Bereich der Informations-, Kommunikations- und Unterhaltungselektronik dar. Hier werden relevante Informationen gesammelt, aufbereitet und verbreitet. Daneben werden umsetzungsorientierte Forschungsthemen analysiert und Forschungsprojekte evaluiert, konzipiert und teilweise selbst durchgeführt. Im Jahr 2007 lag das Schwergewicht der Aktivitäten beim Stromverbrauch der Data Centres. Daneben erfolgte im Rahmen des primär durch die EU in Ausarbeitung stehenden Code of

Conduct for Data Centres eine unterstützende Arbeit zur Thematik, wie die Energieeffizienz von Rechenzentren definiert und gemessen werden kann.

Im Projekt **Energieverbrauch der mobilen Kommunikation** [7] wird der Energieverbrauch der Infrastruktur für die Bereitstellung von Mobilfunkdiensten untersucht. Dazu wurden an diversen Mobilfunkstandorten und für verschiedene Technologien Langzeitleistungsmessungen an charakteristischen Netzelementen durchgeführt. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass zwischen der Netzauslastung und dem Leistungsbedarf eine mässige Korrelation besteht, dass die von der Netzauslastung abhängigen Schwankungen verglichen mit dem Grundleistungsbedarf verhältnismässig klein ($< 5\%$) sind, und dass technologieabhängige Unterschiede bestehen. Um Hypothesen über die zukünftige Entwicklung des Energiebedarfs formulieren zu können, wurden ergänzend Mobilfunktechnologien wie UMTS 900, Femtozellen, Open Wireless und NGN/IMS eruiert, die in der näheren Zukunft die Bereitstellung von Mobilfunkdiensten beeinflussen könnten. Aus den Erkenntnissen werden anschliessend Optimierungsmöglichkeiten identifiziert und Handlungsalternativen formuliert.

IT-Server weisen immer höhere Integrationsdichten auf, was zu hohen Strombelastungen pro Fläche des Rechenzentrums führt. Die Benutzer der IT-Dienstleistungen (IT-Abteilungen) sind sich den steigenden Stromverbräuchen und Stromkosten oft nicht bewusst. Im Projekt **Stromeffiziente Rechenzentren durch Sensibilisierung über eine transparente Kostenrechnung** [8a] wird ein Kostenmodell entwickelt, das transparent darstellt, welche Rolle der Stromverbrauch und die Energieeffizienz beim Betrieb eines Rechenzentrums spielen. Das Modell zeigt auch auf, wie die Entwicklung in Zukunft aussieht, wenn von steigenden Integrationsdichten und höheren spezifischen Strombezügen von Rechenzentren ausgegangen wird. Nach der Erstellung eines ersten Modells wurde eine Sensitivitätsanalyse bezüglich Variation der installierten elektrischen Leistung und der Verfügbarkeitsklasse der Infrastruktur durchgeführt (siehe Fig. 4). Das Modell wurde anhand verfügbarer Daten von zwei bestehenden Rechenzentren plausibilisiert.



Figur 4: Kostenverlauf in Abhängigkeit der installierten, elektrischen Leistung pro m^2 (Encontrol GmbH).

Durch die guten internationalen Kontakte und dank der bisher in der Schweiz geleisteten Forschungsanstrengungen kann sich die Schweiz als assoziiertes Mitglied am Projekt **Development of the Market for energy efficient Servers** [8b] des EU-Programms Intelligent Energy Europe (IEE) beteiligen. Das Projekt zielt darauf ab, die beträchtlichen Potenziale für Energieeinsparungen und Kostensenkungen bei Servern in der Praxis zu demonstrieren und die Marktentwicklung für energieeffiziente Server zu unterstützen. Die Projektpartner erarbeiteten in der ersten Phase eine Studie über den Energieverbrauch von Servern in Europa mit einer Potenzialabschätzung über

Einsparungen. Diese kommt zum Schluss, dass die Server und die dazu benötigte Infrastruktur für etwa 1.5% des Gesamtstromverbrauchs in Europa verantwortlich sind. Dies ist gleichbedeutend mit einem Stromverbrauch von etwa 40 TWh in der EU-27. Der Stromverbrauch für Server wird sich zwischen 2006 und 2011 etwa verdoppeln, wenn nicht Massnahmen zu einer verbesserten Energieeffizienz eingeführt werden können. Die Energieeffizienz in Rechenzentren könnte um etwa 25% verbessert werden und mit einer verstärkten Nutzung von Virtualisierung und Power Management kommen mittelfristig sogar Einsparungen von 50-60% in Reichweite.

Der Home Automation wird eine blühende Zukunft vorausgesagt und bereits rüsten verschiedene Heimbewohner ihr Haus entsprechend aus. Um den dadurch verursachten Strommehrverbrauch zu mindern, wird das Thema der effizienten Home Automation in den kommenden Jahren intensiv bearbeitet. Mit dem Projekt **Neuste Entwicklung im Bereich Home Automation und des damit verbundenen Stromverbrauchs** [8c] wird die technische Entwicklung im Bereich des intelligenten Wohnens untersucht und dokumentiert. Speziell der Eigenverbrauch der Aktoren und Beleuchtungsdimmer ist von Interesse, aber auch das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten des Automationssystems hat eine starke Auswirkung auf die Energieeffizienz einer solchen Anlage. Seit Projektbeginn wurden zwei Wohnobjekte mit einem gehobenen Ausbaustandard identifiziert und der Umfang für die Messung einzelner Komponenten umrissen.

Motoren / Elektrische Antriebe

Der Gesamtverbrauch der motorischen Antriebe und Antriebssysteme wird in der Schweiz auf etwa 45% des gesamtschweizerischen Stromverbrauchs geschätzt, was in absoluten Zahlen etwa 26'000 GWh/Jahr entspricht. Das durchschnittliche Einsparpotential liegt in der Grössenordnung von über 20%, was etwa 5'000 GWh/Jahr bedeutet. Aufgrund dieses grossen Potentials unternimmt das Programm grosse Anstrengungen, um dieses auch zugänglich zu machen.

Arbeitet ein Kolben mit einer el. Maschine zusammen, liegt es nahe, die el. Maschine linear auszuführen, um die Nachteile eines Kurbelantriebs zu umgehen. Im Projekt **Effizienter Lineargenerator / Linearmotor für Kolbenmaschinen** [9a] wurde diese Idee aufgegriffen. 2007 bestanden die Arbeiten in der Berechnung und Herstellung eines 1.5 kW Lineargenerators, dem Einbau in eine Stirlinganlage und der Inbetriebnahme der Anlage. Hauptanforderungen waren dabei eine kompakte, einfache Bauweise sowie ein hoher Wirkungsgrad für die Umwandlung mechanischer in elektrische Energie. Bei der ersten Inbetriebnahme des Lineargenerators wurde die Wicklung leider zerstört. Der neu gewickelte Stator musste deshalb mit Epoxy Harz (siehe Fig. 5) vergossen werden, um eine Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen zu erreichen. Nach der erneuten Inbetriebnahme (siehe Fig. 6) erreichte der Generator in der Stirlinganlage eine elektrische Leistungsabgabe von 1000 W bei 50 Hz. 2008 wird der Wirkungsgrad ausgemessen.



Figur 5: Stator des Lineargenerators in Epoxyd vergossen (Circle Motor AG).



Figur 6: Lineargenerator auf dem Prüfstand (Circle Motor AG).

Im Projekt **Effizienter IEC Permanent-Magnet-Motor (3 kW)** [9b] wird ein Permanent-Magnet-Motor mechanisch für den Einbau in ein IEC-Normgehäuse mit möglichst hoher Effizienz konstruiert. Ebenfalls soll ein Konzept einer zugehörigen effizienten Steuerung entwickelt und die Steuerung anschliessend gebaut werden. 2007 sind mit der Berechnung und dem Bau des Permanent-Magnet-

Motors, mit der Herstellung der Antriebssteuerung und mit der Inbetriebnahme auf dem Prüfstand bei der Hochschule Wallis die gesteckten Ziele erreicht worden.

Frühere Arbeiten haben aufgezeigt, dass Personenlifte - und dabei speziell Personenlifte im Wohnbereich - einen Standby-Anteil von teilweise über 70% des Gesamtstromverbrauchs aufweisen. Mit dem Projekt **Verbesserung der Energieeffizienz von Aufzügen und Förderanlagen durch Entwicklung eines neuartigen Frequenzumrichters** [10] soll der Standby-Verbrauch durch einen neuartigen Stromumrichter substantiell reduziert werden. Es wurden zwei Prototypen gebaut, welche für die anstehenden Tests verwendet werden können.

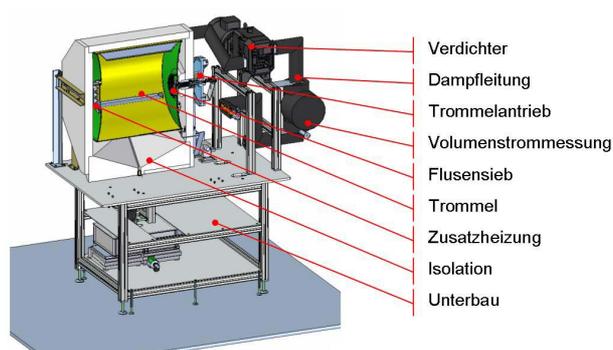
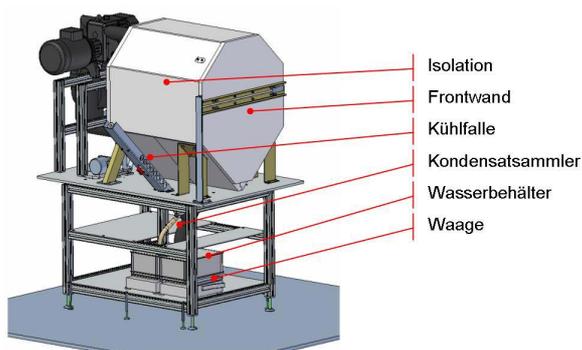
Eine an der Fachhochschule Zentralschweiz durchgeführte Ökobilanz anhand eines 7,5 kW Norm-Motors zeigt auf, dass der Einsatz eines effizienten EFF1-Motors [EFF1 = europäische Motoren-Effizienzklasse] im Vergleich zu einem weniger effizienten EFF2-Motor bereits nach einer Betriebszeit von weniger als 300 Stunden ökologischer ist. Das bedeutet, dass nach weniger als 300 Betriebsstunden der totale Treibhausausstoss des EFF2-Motors höher ist als derjenige des EFF1-Motors. Da sich effiziente Motoren nicht nur ökologisch, sondern auch wirtschaftlich auszahlen, wurde im Projekt **Erweiterung der LCC-Applikation mit Permanentmagnet-Motoren** [11a] das Werkzeug zur Berechnung der LCC (Life Cycle Costs = Vollkostenbetrachtung) bei der Beschaffung von Motoren um die Permanentmagnet-Motoren erweitert.

In die gleiche Richtung zielt auch das Projekt **OPAL: Erweiterung für Permanentmagnet-Motoren** [12]. Das bestehende Auslege-Tool OPAL wird dabei mit einem Modul für Permanentmagnet-Motoren ergänzt, welches es ermöglicht, Einsparungsvergleiche mit diesen Motorentypen durchzuführen. Zudem wird zur Erhöhung der Benutzerfreundlichkeit eine Browser-Oberfläche implementiert.

Beide vorerwähnten Software-Tools stehen allen Interessierten kostenlos zur Verfügung und werden bei den anstehenden Aktionen für einen effizienten Einsatz von elektrischen Motoren im Rahmen von *EnergieSchweiz* genutzt.

Geräte

Nachdem eine vorgelagerte Machbarkeitsprüfung zu positiven Ergebnissen gelangte und der involvierte Industriepartner ebenfalls für Arbeiten motiviert werden konnte, wurde im Projekt **Funktionsmuster eines energiesparenden Wäschetrockners** [13] ein Funktionsmuster eines Vakuumentrockners aufgebaut und ausgiebig ausgemessen (siehe Figuren 7 und 8). Die Ergebnisse zeigen ein wäscheschonendes Verhalten bei hoher Effizienz. Die angestrebte Trocknungsleistung von 3 kg/Std. wurde noch nicht erreicht und weitere Verbesserungen und Messungen sind erforderlich.



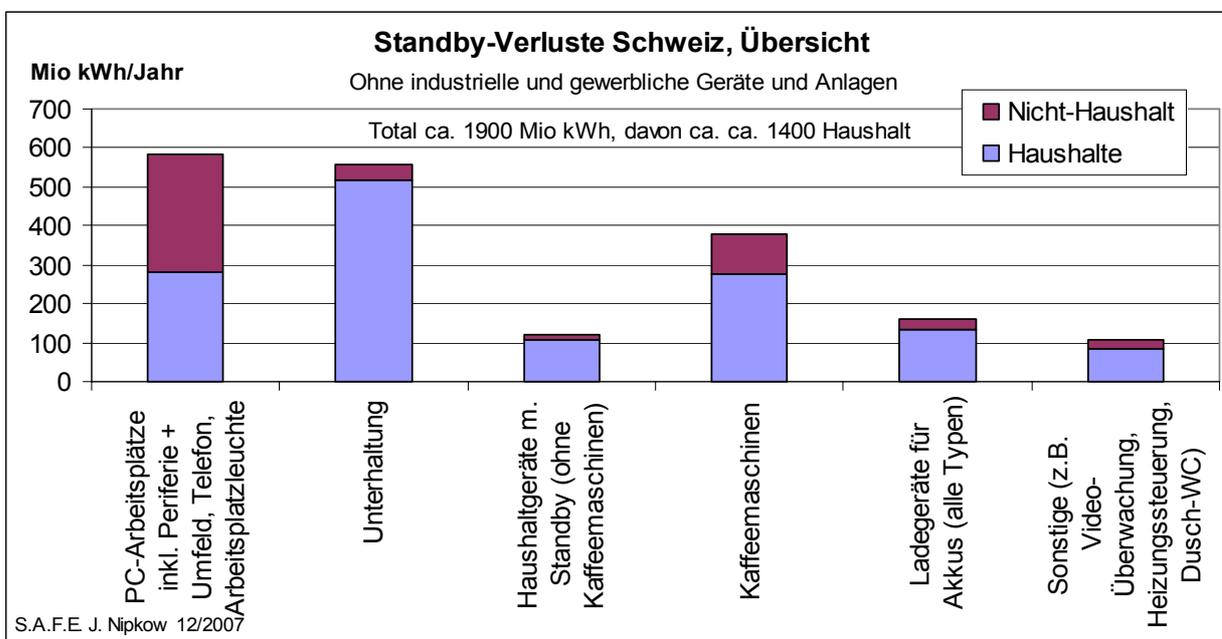
Figur 7: Rückansicht des Wäschetrockners-Funktionsmusters (awtec).

Figur 8: Schnittansicht des Wäschetrockners mit Hauptbaugruppen (awtec).

Die heute in Schweizer Hotelzimmern installierten Minikühlschränke verbrauchen im Durchschnitt etwa 1,2 kWh/24h pro Gerät und insgesamt etwa 24 GWh Strom pro Jahr. Würden alle diese Geräte durch ein erhältliches effizientes Absorbergerät (0.7 kWh/24h) ersetzt, wäre eine Energieeinsparung von über 10 GWh pro Jahr möglich. Im Projekt **Energieoptimierter Minikühlschrank** [14a] wurde zudem festgestellt, dass die Effizienz des Absorberkühlschranks basierend auf dem Know-how eines Industriepartners stark verbessert werden könnte. Geräte mit einem Stromverbrauch in der Grössenordnung von 0.45 bis 0.5 kWh/24h bei 40 Liter Nutzinhalt sind dann möglich.

Die Optimierung der Kühltechnologie allein genügt nicht, dass effizientere Geräte gekauft und betrieben werden. Weil für die Deklaration des Energieverbrauchs von Minibars keine verbindliche Norm existiert, sind die angegebenen Energieverbrauchswerte der Hersteller mit Vorsicht zu betrachten. Eine Verpflichtung, die Effizienz der Geräte von einem unabhängigen Prüfinstitut nach ISO 15002 (früher ISO 7371) messen und kennzeichnen zu lassen, würde es dem Käufer ermöglichen, die Energiewerte verschiedener Produkte einfach zu vergleichen. Deshalb wird im Projekt **Ausschreibungsformular Minibar** [14b] zusammen mit interessierten Herstellern ein Ausschreibungsformular entwickelt, das zu jedem Kühlschrank wichtige Informationen zum Energieverbrauch umfasst.

In letzter Zeit wird durch die Medien und die Politik dem Thema Standby-Verbrauch vermehrt Beachtung geschenkt. Im Projekt **Verminderung der Standby-Verluste** [15] wurden Hindernisse und Massnahmen zur Überwindung des Standby-Verbrauchs erarbeitet. Dabei konnte auch die wirtschaftliche Bedeutung quantifiziert werden, verursachen doch rund 1'900 GWh Standby-Verluste Stromkosten in der Grössenordnung von jährlich 320 Mio. Franken. Davon entfallen drei Viertel auf Geräte im Haushalt, mit der Unterhaltungselektronik als gewichtigste Kategorie (siehe Fig. 9). Obwohl Fortschritte seitens der Geräteanbieter zu beobachten sind und voraussichtlich auf der Basis der *europäischen EuP-Direktive* (EuP: Energy using Products) regulatorische Mindestanforderungen weitere Verbesserungen erzielen werden, sind Aktivitäten auf der Anwenderseite kurz- und mittelfristig unerlässlich. Neben anderem werden diverse, am meisten Erfolg versprechende Umsetzungsmassnahmen und -Projekte zur Standby-Verminderung vorgeschlagen.



Figur 9: Hochrechnung der Standby-Verluste in der Schweiz, Stand Dezember 2007 (ARENA).

Ebenfalls dem Thema Standby ist das Projekt **Konzept für Redesign Ecoman** [16] gewidmet. Der im schweizerischen Markt als externes Gerät für die Vermeidung von Standby-Verlusten eingeführte Ecoman wurde analysiert und es wurden diverse Optimierungs- und Funktionalitätserweiterungen identifiziert. Damit soll ein „idealer“ Ecoman definiert werden und diese Konzeptarbeit soll Grundlage für eine Weiterentwicklung des bestehenden Produkts sein.

Der **Betrieb ohne Nutzung (BoN)** [17] beschreibt elektrische Verbraucher, die bei Teil- oder Volllast laufen, aber zeitlich und örtlich keine nutzbare Leistung erbringen. Die im gleichnamigen Projekt vorgesehene Untersuchung will in zwei Schritten den elektrischen Verbrauch des BoN vorerst für den Dienstleistungssektor Top-down und anhand von Musterbauten Bottom-up abschätzen. In einer späteren Phase sollen Vorschläge für die Verminderung dieses unnötigen elektrischen Verbrauchs dargelegt werden.

Licht / Leuchten

T5-Lampenadapter werden durch verschiedene Anbieter als Möglichkeit zum Stromeinsparen angepriesen, obwohl es dazu verschiedene Studien mit teilweise widersprüchlichen Resultaten gibt. Ziel des Projekts **Qualität und Wirtschaftlichkeit von T5-Lampenadaptern** [18] ist es, unter

Berücksichtigung von lichttechnischen Aspekten eine Aussage aus neutraler Sicht bezüglich der Qualität und Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von T5-Lampenadaptern zu machen. In der Studie wurden 8 Prüflinge ausgemessen. Die Ergebnisse zeigen auf, dass ein Einsatz nicht vorbehaltlos empfohlen werden kann und dieser sorgfältig und fallweise abgewogen werden muss.

Zur Zeit existieren wenig gesicherte Datengrundlagen über die effektive Nutzungszeit von Lampen in Haushalten. Dies ist einer der Gründe, warum diverse Statistiken zu unterschiedlichen Aussagen bezüglich dem Stromanteil der Beleuchtung kommen. Im Projekt **Verbrauchsabschätzung von Lampen in Privathaushalten** [8d] wurde mittels einer Vielzahl von Expertengesprächen, unter Beizug der Daten der im 2005 durchgeführten VSE-Erhebung (VSE: Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen), und insbesondere unter Einbezug von zwei grossen Messkampagnen in der EU, ein Verbrauchsmodell des Lichtverbrauchs für die schweizerischen Haushalte entwickelt.

Diverses

Die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) sind das Einzelunternehmen mit dem grössten Stromverbrauch in der Schweiz. Allein für die Traktion und Zugheizung werden rund 2'000 GWh/Jahr an elektrischer Energie verbraucht. Selbst prozentuale kleine Verbrauchsreduktionen können deshalb einen nennenswerten Beitrag leisten. Zusammen mit Fachleuten der drei SBB-Divisionen Personenverkehr, Güterverkehr und Infrastruktur wurde im Projekt **Potentialermittlung Energieeffizienz Traktion bei den SBB** [19] der Istzustand besprochen und Vorschläge zur Verbrauchssenkung diskutiert. Anhand umfangreicher und detaillierter Simulationsrechnungen für einzelne Zugfahrten verschiedenster Zugarten und Fahrzeugtypen über reale Streckendaten der SBB, konnte der Verbrauch hochgerechnet und mit den tatsächlichen Werten für das Gesamtnetz verglichen werden. Daraus kann das mögliche relative Einsparpotential beispielsweise durch energieoptimierte Fahrweise des Lokführers oder gezielte Zugsteuerung durch die Betriebsführung abgeschätzt werden. Es beträgt je zwischen 3% und 5% des spezifischen Verbrauchs. Das Potential technischer Massnahmen an Triebfahrzeugen und Reisezugwagen, wenige Promille bis 3% je Fahrzeugart, lässt sich ebenfalls aus den Modellrechnungen bestimmen und über den aktuellen Flotten- und Betriebsmix der SBB hochrechnen.

Nationale Zusammenarbeit

Durch die BFE-Programmleitung werden periodische Treffen im Rahmen der etablierten **BFE-Trendwatching-Gruppen** in den Themen *Informatik + Kommunikation (IKT)*, *elektrische Antriebe*, *Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)* und *Hochtemperatursupraleitung* organisiert. Damit stehen themenorientiert nationale Informations- und Diskussionsplattformen für Fachleute aus Industrie, Hochschule und Forschungsstätten zur Verfügung, welche sich bewährt haben und gegenseitig fruchtbare Inputs ermöglichen. Da in den kommenden Jahren ein Schwerpunkt im Bereich Home Automation vorgesehen ist, ist es erfreulich, dass als Erweiterung der IKT-Gruppe ein Mitglied von *GNI (Gebäude Netzwerk Institut)* gewonnen werden konnte.

Das Projekt *Materials with Novel Electronic Properties (MANEP)* des **Schweizerischen Nationalfonds** umfasst 19 nationale Institute sowie 5 Industrien und beschäftigt sich theoretisch oder experimentell mit HTSL-Supraleitern. Die nationale Zusammenarbeit wurde dank des MANEP-Projekts gestärkt. Weiter wurde die nationale Zusammenarbeit durch zwei **KTI-Projekte** gefördert.

Mit dem **BFE-Forschungsprogramm Energie in Gebäuden** ist eine enge Zusammenarbeit sichergestellt. Insbesondere im Bereich *Intelligentes Gebäude* erfolgt eine gute Kooperation.

Die Zusammenarbeit mit der **Industrie** konnte in verschiedenen Bereichen (z.B. SBB, Motorenindustrie, Telecom-Unternehmungen, Detailhandel) weitergeführt werden. Es wird bei neuen Projekten soweit möglich darauf geachtet, dass ein Industriepartner im Projekt eingeschlossen ist. Damit wird angestrebt, dass bei einem Projekterfolg die anschliessende Umsetzung auch angegangen wird.

Generell wird ein enger Kontakt mit dem Programm **EnergieSchweiz** [25] gepflegt, was wesentlich zur nationalen Umsetzung des generierten Wissens beiträgt. Für die vorgesehenen Aktionen im Bereich der *effizienten Antriebe/Motoren* sind die erforderlichen technischen Grundlagen weitgehend aufgearbeitet worden und stehen für den Wissenstransfer durch EnergieSchweiz zur Verfügung.

Beide **Eidg. Technische Hochschulen** (Zürich, Lausanne) werden soweit zweckmässig in die Forschungsaktivitäten miteinbezogen und der Einbindung von **Fachhochschulen** wird ebenfalls grosse Bedeutung beigemessen. So haben die Fachhochschule Westschweiz (Sion), Nordwestschweiz (Murtens), Ostschweiz (Chur) und Zentralschweiz (Horw/Luzern) im Motoren-/ Leistungselektronikbereich

und die Fachhochschule Westschweiz (Yverdon) im Bereich der magnetokalorischen Energiekonversion Projektarbeiten geleistet. Ferner bestehen Kontakte zur Fachhochschule Zürich–Winterthur. Das etablierte **Kompetenzzentrum Energie- und Informationstechnik** an der ETH Zürich leistet weiterhin einen wichtigen Beitrag zur nationalen (wie auch internationalen) Zusammenarbeit.

Durch die gemeinsame Finanzierung von Forschungsprojekten konnten bestehende Kontakte zu weiteren **Förderinstitutionen** wie dem *Energiesparfonds des EWZ*, dem *Stromsparfonds Baselstadt* und der *KTI* gepflegt werden. Zudem sind Kontakte mit *Swiss Electric Research* [26] der schweizerischen Stromverbundunternehmen hergestellt worden.

In mehreren Projekten wird ein enger Kontakt zu den schweizerischen **Energieagenturen EnAW, eae** und *S.A.F.E* [27] gepflegt. In diversen Projekten sind - soweit zweckmässig - **Branchenverbände** wie z.B. *swissT.net*, *SWISSMEM*, *SWICO* eingebunden. So wurden die Arbeiten *am Code of Conduct im Settop-Boxenbereich* in enger Zusammenarbeit mit dem Branchenverband *SWICO* und der *Energie Agentur Elektrogeräte (eae)* durchgeführt.

Internationale Zusammenarbeit

Mit der Teilnahme an internationalen Konferenzen und Workshops sowie durch die Teilnahme an internationalen Projekten werden weltweit Kontakte gepflegt und internationale Forschungsergebnisse ausgetauscht.

Eine Zusammenarbeit ist im **Supraleitungs-Bereich** im Rahmen des **6. EU-Rahmenprogramms** etabliert (Projekt STRP-505724-1 HIPERMAG). In diesem Projekt werden bis anfangs 2008 MgB₂-Bänder und -Drähte mit dem Ziel erforscht, Anwendungen bei 20 Kelvin zu entwickeln. Durch die Teilnahme am IEA-Programm **Assessing the Impact of High Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector** werden die weltweiten Aktivitäten auf diesem Gebiet verfolgt. Schliesslich sei erwähnt, dass die Universität Genf aufgrund ihrer einmaligen Messapparaturen ein **HTSL-Messprogramm** durchführen kann, in dem elektrische Leiter aus den USA, Japan und Deutschland ausgemessen und charakterisiert werden.

Durch die aktive Mitarbeit an den Vorbereitungsarbeiten für das neue IEA Programm **4E (Efficient Electrical End-Use Equipment)** konnten neue, internationale Kontakte geknüpft werden. Dieses IEA-Programm beschäftigt sich mit *Settop-Boxen* und *elektrischen Antrieben/Motoren*. Ergänzend wird das Thema *Standby* aus grundsätzlicher Sicht bearbeitet, und in einem separaten Projekt *Mapping and Benchmarking* werden internationale Erfahrungen bei der Markteinführung effizienter Geräte analysiert. Die Schweiz konzentriert sich schwergewichtig auf den Bereich der *elektrischen Antriebe/Motoren*.

Stark engagiert hat sich die Programmleitung auch im Rahmen des EU-Programms **Intelligent Energy Europe IEE**. So arbeitet die Schweiz seit Projektbeginn am Projekt **Development of the market for energy efficient Servers** [28] mit, bringt Fachwissen ein und kann am erarbeiteten Wissen partizipieren. 2007 konnte sich die Schweiz ferner gleich in drei Projektanträgen als assoziiertes Team-Mitglied einbringen, nämlich im Projekt *Energy Efficient Cooling System (Coolsys)*, *Development and market introduction of a voluntary EU-Label for energy-efficient refrigerators and freezers for the commercial use (ComCool-Label)* und *Standby Energy Losses in new Appliances measured in Shops (SELINA)*.

Die EU hat in der schnelllebigen Welt der Kommunikations- und Informationstechnologie vorerst den Weg der freiwilligen Vereinbarung gewählt und im Rahmen der europäischen Standby-Initiative sind sogenannte **Code of Conducts (CoC)** [29] in den Bereichen *Settop-Boxen*, *Broadband Devices* und *External Power Supply* entstanden. Sowohl bei der Entstehung als auch in der kontinuierlichen Verbesserung dieser CoC wird die Schweiz jeweils eingeladen und kann ihre entsprechenden Erfahrungen einbringen. Im USV-Bereich (Anlagen > 10 kVA) hat die Schweiz für die EU den CoC unter Einbezug der Industrie ausgearbeitet. 2007 wurde gemeinsam mit der EU daraufhin gearbeitet, dass dieser USV-CoC durch die Industrie unterzeichnet wird.

Persönliche Kontakte zu verschiedenen **Energieagenturen** (insb. Dänemark, Deutschland, Österreich, Frankreich) sowie zu Schlüsselpersonen von internationalen Programmen, wie z.B. das **UK Market Transformation Programme**, verhelfen immer wieder zu inspirierenden Anregungen. Ferner werden die Kontakte mit der **Europäischen Kommission**, der **IEA (International Energy Agency)**, der **EPA (Environmental Protection Agency)** und dem **LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory)** weiter gepflegt. Durch die Arbeiten im europäischen **Motor Challenge Programme** werden gleichermassen internationale Beziehungen gefestigt.

Pilot- und Demonstrationsprojekte / Umsetzungsaktivitäten

Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten sind mit geeigneten Massnahmen möglichst effizient umzusetzen. Dazu sind oftmals vorbereitende marktnahe Forschungsarbeiten erforderlich. Die folgenden Arbeiten haben diese Zielsetzung.

Informations- und Kommunikationstechnik

Die EU hat auf freiwilliger Basis mit den *Code of Conducts (CoC)* ein Instrument geschaffen, mit dem sich engagierte Industrien verpflichten können, Geräte mit minimalen Verbrauchswerten zu produzieren oder zu beschaffen. Obwohl sich die Programmleitung speziell in den Bereichen *Settop-Boxen* und *Broadband Devices* stark für tiefe Werte eingesetzt hat, ist der im Moment definierte Absenkungspfad relativ moderat. Um effizientere Werte zu erreichen, bringt sich die Programmleitung in die noch laufenden EU-Arbeiten *Energy using Products (EuP)* für komplexe Settop-Boxen ein. Dies ist für die Schweiz insofern wichtig, als dass die in diesen Arbeiten definierten Werte zumindest als Anhaltspunkt für allfällige regulatorische Massnahmen in der EU dienen dürften, und die Schweiz ja auf der Basis des revidierten Energiegesetzes gleichermassen gesetzliche Mindestanforderungen festlegen will. Obwohl diese tief sein sollten, ist dazu eine internationale Harmonisierung notwendig.

Motoren / elektrische Antriebe

Aufgrund des enormen Einsparpotentials im Bereich der elektrischen Antriebe/Motoren ist es von grosser Bedeutung, dass während der Ausbildung von Berufsleuten, Technikern und Ingenieuren das Bewusstsein für diese Thematik gefördert wird. Nachdem in einem abgeschlossenen Projekt der Fokus auf der Erstausbildung lag, werden im Projekt **Certificate Advanced Studies: Effizienz und Energie** [20] auf der Basis des Erstprojekts diese Grundlagen erweitert, sodass sie auch Berufstätigen im Rahmen von Weiterbildungsveranstaltungen der Hochschule Luzern angeboten werden können. Damit sollen Grundlagen für die Vermittlung von Erkenntnissen über die Energieeffizienz im motorischen Bereich erarbeitet werden.

Die Schweiz nimmt als assoziiertes Mitglied am europäischen **Motor Challenge Programme (DEXA-MCP)** [21] aktiv teil und stellt die nationale Verbreitung der erarbeiteten Ergebnisse sicher. Neben dem Pflegen der Web-Seite [30] und dem Publizieren mehrerer Fachartikel wurden auch zwei News-Letters versandt. Am schweizerischen Motor Summit 2007 konnte das Motor Challenge Programme durch den europäischen Projektleiter vorgestellt werden.

Die Schweiz ist aktiv am Aufbau des neuen IEA Projekts *4E (Efficient Electrical End-Use Equipment)* engagiert. Insbesondere aufgrund diverser Vorarbeiten im vorliegenden Forschungsprogramm und des internationalen Harmonisierungsprojekts SEEEM (Standards for Energy Efficient Electric Motors Systems) hat sich die Schweiz international hervorgetan und wird die Führung des **Motor Systems Annex von 4E** [22] einnehmen. 2008 werden die Arbeiten gestartet. Damit kann die internationale Verflechtung in diesem wichtigen Bereich substantiell vertieft werden.

Es ist erfreulich, dass die Ergebnisse eines bereits seit längerem abgeschlossenen Schweizer Forschungsprojekts zum Thema Aufzüge durch die VDI-Gesellschaft (VDI: Verein deutscher Ingenieure e.V.) aufgegriffen wurde und eine VDI-Richtlinie mit dem Titel *Aufzüge Energieeffizienz* ausgearbeitet hat. Die Richtlinie liegt im Entwurf als VDI 4707 vor und ermöglicht erstmals, die Effizienz von Aufzügen nach Energieeffizienzklassen einzustufen.

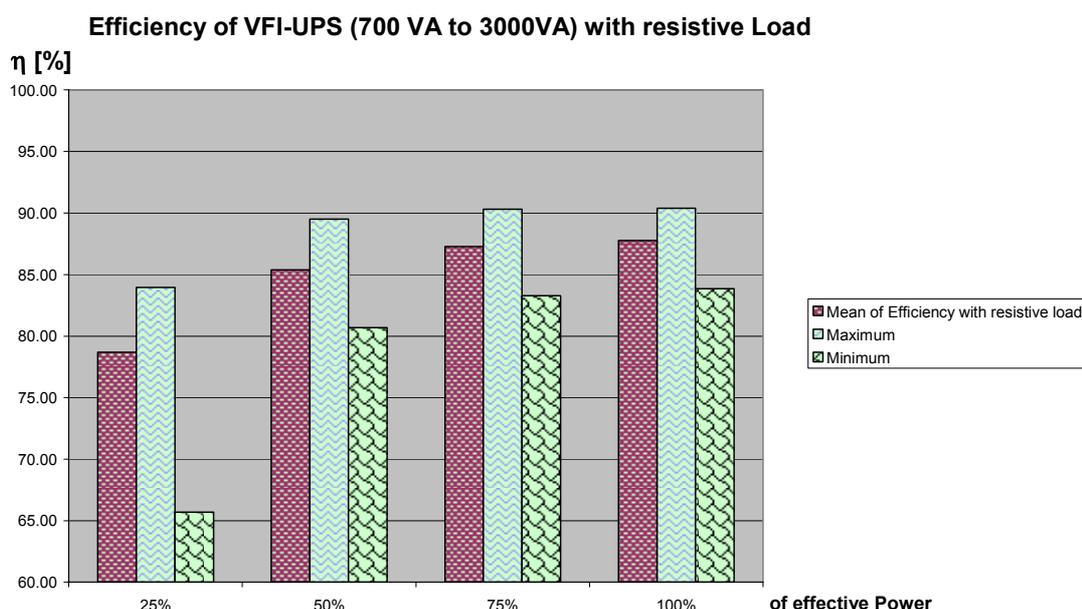
Schliesslich sei angemerkt, dass die Grundlagen für die Aktionen zur Umsetzung von Wissen im Bereich Antriebe weitgehend vorliegen und nun die Vorbereitungsarbeiten für diese Aktionen im Rahmen von *EnergieSchweiz* laufen.

Geräte

Seit einigen Jahren engagiert sich das Forschungsprogramm für eine Effizienzsteigerung von USV-Anlagen und nimmt mit diesen Arbeiten international eine Vorreiterrolle ein. Nachdem der **Code of Conduct für USV-Anlagen** [23] im Leistungsbereich über 10 kVA verfügbar war, wurde 2007 der bereinigte und unterzeichnungsbereite Code of Conduct für USV-Anlagen in der nationalen USV-Trendwatching-Gruppe erläutert und für die Unterzeichnung den Schweizer Unternehmen empfohlen. Zur Verbesserung der Möglichkeiten für die Bewertung von USV-Anlagen wurde ferner zusammen mit der USV-Trendwatching-Gruppe ein auf Excel basierendes Berechnungsprogramm zur Evaluation und zum Vergleich von mehreren USV-Anlagen ausgearbeitet. Der Vergleich der betrachteten USV-Anlagen beruht dabei auf der Berechnung der jeweiligen Lebenszykluskosten der einzelnen Anlagen.

Schliesslich wurde eine Dokumentationsmappe zu USV-Anlagen für die Abgabe durch die Hersteller und Händler an der Industriemesse Ineltec im Herbst 2007 vorbereitet.

Für USV-Anlagen mit einer Leistung unter 10 kVA besteht die Idee, zusammen mit der EU ein Energielabel zu entwickeln. Als Voraussetzung dazu ist es notwendig, einen Überblick über die aktuellen Verbrauchswerte des Marktangebotes zu erhalten. Im Rahmen des Projektes **Energiemessungen von 1-phasigen USV-Anlagen** [24] wurden 46 1-phasige USV-Geräte im Leistungsbereich von 350VA bis 3000VA bezüglich Wirkungsgrad und Energieverbrauch ausgemessen. Wie erwartet, weisen die VFD-Geräte (Voltage and Frequency Dependent) den besten Wirkungsgrad auf, gefolgt von den VI-Geräten (Voltage Independent) und den VFI-Geräten (Voltage and Frequency Independent). Die Wirkungsgrade bei 50%, 75% und 100% der Nennbelastung unterscheiden sich nur wenig und liegen mehrheitlich über 90%. Dagegen fällt der Wirkungsgrad deutlich ab bei einer Belastung von 25% (zum Teil unter 80%, siehe Fig. 10).



Figur 10: Wirkungsgrad der VFI-USV-Anlagen mit ohmscher Last im Leistungsbereich 480 W – 2'400 W.

Bewertung 2007 und Ausblick 2008

Das *Energieforschungsprogramm für die Periode 2008 – 2011* konnte im Detail ausgearbeitet werden und wurde durch die eidg. Forschungskommission verabschiedet. Damit ist in Anlehnung an das übergeordnete BFE-Energieforschungskonzept der Rahmen und die Stossrichtung des vorliegenden Forschungsprogramms für die kommenden vier Jahre festgelegt.

Im Bereich **Technologien** wurden bei der *thermoelektrischen Energiekonversion* Fortschritte in der Materialforschung gemacht. Leider dürfte das Fachwissen in den applikationsorientierten Projekten an der ETHZ nach dem Abschliessen der beiden laufenden Projekte teilweise verloren gehen, da beide involvierten Doktoranden die ETH verlassen werden. Gemeinsam ist 2008 eine Lösung zu suchen, damit das Wissen Dritten übergeben werden kann. Anfang 2008 werden die Ergebnisse der beiden Projekte zur *magnetokalorischen Energiekonversion* vorliegen. Erste Ergebnisse bestätigen, dass es interessante Anwendungen geben dürfte und 2008 sollen diese wenn möglich unter Einbezug der Industrie konkretisiert werden. Im *HTSL-Bereich* ist die Industrie immer noch zögerlich; es konnten 2007 keine konkreten Applikationsprojekte initiiert werden. Der Kontakt mit der Industrie wird aber gepflegt und für 2008 wird unverändert angestrebt, in diesem Bereich ein Projekt zur Effizienzsteigerung zu initiieren. Trotz verschiedenen Industriekontakten konnte bis anhin kein Industriepartner für die Fortführung der *Druckluftspeichertechnologie* gefunden werden. Die entsprechenden Anstrengungen werden 2008 fortgesetzt.

Bei den **effizienten Anwendungen** konnte im Bereich der *Settop-Boxen* sowohl anlässlich einer internationalen IEA-Konferenz als auch an den CoC-Sitzungen ambitionierte Zielwerte für den Standby-Verbrauch eingebracht werden. Diese Bestrebungen werden unvermindert fortgesetzt, wobei einerseits die aktive Teilnahme am *Settop-Boxen-Projekt* des *4E-IEA-Programms* und andererseits die Kontakte zur Projektleitung *Komplexe Settop-Boxen* der europäischen *EuP-Direktive* unterstützend wirken werden. Ebenfalls als Teil der Anstrengungen im Bereich *IKT* ist positiv zu werten, dass die angepeilte Forcierung im Bereich *Home Automation* einerseits durch die Initiierung neuer Projekte und andererseits durch die Gewinnung eines kompetenten Teilnehmers in der IKT-Trendwatching-Gruppe positiv anlief. Das Thema *Standby* konnte zudem generell aufgearbeitet werden und neben der Quantifizierung der Standby-Verluste liegen nun auch umsetzungsorientierte Erkenntnisse mit entsprechenden Vorschlägen vor. Bei den *elektrischen Antrieben/Motoren* sind die Vorarbeiten für die Führung des Motoren-Annexes im Implementing Agreement 4E weit vorangetrieben worden. Auch ist die Erarbeitung von Grundlagen für die Umsetzung durch *EnergieSchweiz* abgeschlossen worden. Ferner liegen fundierte Vorschläge zur *Effizienzsteigerung im Bahnbetrieb* vor. Im *Gerätebereich* wurden neben den laufenden Projekten Industriekontakte aufgebaut, um gemeinsam weitere Geräte auf Effizienz zu trimmen. Es wird angestrebt, 2008 konkrete Projekte zu initiieren.

In diversen Publikationen der einschlägigen Fachpresse wurde über die Ergebnisse des Forschungsprogramms *Elektrizität* berichtet. Verschiedene Rückmeldungen haben ferner bestätigt, dass der kurze TV-Auftritt der Programmleitung 2007 im Rahmen eines Berichts über das neue Rechenzentrum der Swisscom positiv vermerkt wurde. Für 2008 wird den *umsetzungsorientierten Aktivitäten* unverändert starkes Gewicht beigemessen.

Aufgrund der Neuorganisation beim BFE erfolgt BFE-intern per 1.1.2008 ein Wechsel in der Programmbegleitung. Ferner erfährt die Homepage des Forschungsprogramms [31] eine visuelle Erneuerung und wird gleichzeitig durch das BFE geführt.

Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2007 vorhanden (siehe www.electricity-research.ch)

(SB) Schlussbericht vorhanden (siehe www.energieforschung.ch und www.electricity-research.ch)

Unter den angegebenen Internet-Adressen sind die Berichte sowie weitere Informationen verfügbar.

- [1] R. Flükiger (rene.flukiger@physics.unige.ch), UNIVERSITÉ DE GENÈVE, Genève: **Implementing Agreement for a Cooperative Programme for Assessing the Impact of High Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector** (JB Projekt 101533)
- [2] P. Egolf, A. Kitanovski, O. Sari (peter.egolf@heig-vd.ch), HEIG-VD, Yverdon: a) **Anwendung der magnetischen Kältetechnik und ihre Bewertung** (JB Projekt 101776) • b) **Anwendungen der magnetischen „Power Production“ und ihre Bewertung** (JB Projekt 101776)
- [3] A. Weidenkaff (anke.weidenkaff@empa.ch), EMPA, Dübendorf: a) **Geo-Thermopower (Geo-TEP)- Material** (JB Projekt 101356) • b) **Materialentwicklung für solarthermische Stromerzeugung** (JB Projekt 101706) • c) **Erstellen und Modellierung eines thermoelektrischen oxidischen Moduls (TOM) als Demonstrator** (JB Projekt 101356)
- [4] K. Fröhlich, A. Bitsch, C. Eisenhut (froehlich@eeh.ee.ethz.ch), ETH Zürich: a) **Das thermoelektrische Kraftwerk** (JB Projekt 101356) • b) **Anwendungspotential der thermoelektrischen Stromerzeugung im Hochtemperaturbereich** (JB Projekt 101706)
- [5] P. Brückmann, I. Cyphelly (brueckmannelektronik@bluewin.ch), BRÜCKMANN ELEKTRONIK, Davos, CYPHELLY & CIE, Les Brenets: **Druckluftspeicherung: Optimierung / Ausmessung bestehende Projektmuster** (SB Projekt 100985)
- [6] B. Aebischer (baebischer@ethz.ch), CEPE, ETH, Zürich: **Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik** (JB Projekt 30963) <http://www.biblioite.ethz.ch>
- [7] M. Hufschmid, A. Corliano (markus.hufschmid@fnw.ch), FACHHOCHSCHULE NORDWESTSCHWEIZ, Muttenz: **Energieverbrauch der mobilen Kommunikation** (JB Projekt 102013)
- [8] A. Huser, T. Grieder (alois.huser@encontrol.ch), ENCONTROL GMBH, Niederrohrdorf: • a) **Stromeffiziente Rechenzentren durch Sensibilisierung über eine transparente Kostenrechnung** (JB Projekt 102259) • b) **Development of the Market for energy efficient Servers** (Projekt 101967) • c) **Neuste Entwicklung im Bereich Home Automation und des damit verbundenen Stromverbrauchs** (Projekt 102344) • d) **Verbrauchsabschätzung von Lampen in Privathaushalten** (SB Projekt 101778)
- [9] J. Lindegger (info@circlemotor.ch), CIRCLE MOTOR AG, Gümligen: a) **Effizienter Lineargenerator/Linearmotor für Kolbenmaschinen** (JB Projekt 100915) • b) **Effizienter Permanent-Magnet-Motor im Bereich 3kW** (JB Projekt 101374)
- [10] P. Kanyio, M. Bolla (mario.bolla@telma.ch), ECONODRIVES GMBH, Seftigen: **Verbesserung der Energieeffizienz von Aufzügen und Förderanlagen durch Entwicklung eines neuartigen Frequenzumrichters** (JB Projekt 101691)
- [11] G. Schnyder (gilbert.schnyder@sing.ch), SCHNYDER INGENIEURE AG, Hünenberg: a) **Erweiterung der LCC-Applikation mit Permanentmagnet-Motoren** (SB Projekt 100683)

- [12] R. Tanner (tanner@semafor.ch), SEMAFOR INFORMATIK & ENERGIE AG, *Basel: OPAL-Erweiterung für Permanentmagnet-Motoren* (JB Projekt 102128)
- [13] U. Weilenmann, M. Friedl (urs.weilenmann@awtec.ch), AWTEC AG FÜR TECHNOLOGIE UND INNOVATION, *Zürich: Funktionsmuster eines energiesparenden Wäschetrockners* (SB Projekt 101681)
- [14] A. Burri (adrian.burri@awtec.ch), AWTEC AG FÜR TECHNOLOGIE UND INNOVATION, *Zürich: a) Energieoptimierter Minikühlschrank* (SB Projekt 101953) • b) *Ausschreibungsformular Minibar* (JB Projekt 101953)
- [15] J. Nipkow (jueg.nipkow@arena-energie.ch), ARENA, ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIE-ALTERNATIVEN, *Zürich: Verminderung der Standby-Verluste* (SB Projekt 101689)
- [16] V. Härrli (vinzenz.haerri@hslu.ch), HOCHSCHULE LUZERN, *Horw: Konzept für Redesign Ecoman* (SB Projekt 102175)
- [17] Conrad U. Brunner (cub@cub.ch), S.A.F.E., *Zürich: Betrieb ohne Nutzung BoN* (JB Projekt 102345)
- [18] P. Blattner (peter.blattner@metas.ch), BUNDESAMT FÜR METROLOGIE METAS, Bern-Wabern: *Qualität und Wirtschaftlichkeit von T5-Lampenadaptern* (SB Projekt 101919)
- [19] M. Meyer, S. Menth (markus.meyer@emkamatik.com), EMKAMATIK GMBH, *Wettingen: Potentialermittlung energieeffiziente Traktion bei den SBB* (JB Projekt 101826)

Liste Umsetzungsprojekte / P+D-Projekte

- [20] V. Härrli (vinzenz.haerri@hslu.ch), HOCHSCHULE LUZERN, *Horw: Certificate of Advanced Studies: Effizienz und Energie* (JB Projekt 101796)
- [21] J. Nipkow (jueg.nipkow@arena-energie.ch), ARENA, ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIE-ALTERNATIVEN, *Zürich: Promotion und Koordination des EU Motor Challenge Programme* (JB Programme 100403) www.motorchallenge.ch
- [22] C. U. Brunner (cub@cub.ch), A+B INTERNATIONAL, *Zürich: Motor Systems Annex for 4E* (JB Projekt 102221)
- [23] G. Schnyder (gilbert.schnyder@sing.ch), SCHNYDER INGENIEURE AG, *Hünenberg: Weiterentwicklung des Code of Conduct für USV-Anlagen mit europäischen Gremien* (JB Projekt 101109)
- [24] E. Bush (eric.bush@bush-energie.ch), BUSH ENERGIE, *Felsberg: Energiemessungen von 1-phasigen USV-Anlagen* (SB Projekt 101928)

Referenzen

- [25] *Internetseite von EnergieSchweiz* und dem BFE www.energie-schweiz.ch
- [26] *Internetseite von Swiss Electric Research* (Organisation der schweizerischen Stromverbundunternehmen) www.swisselectric-research.ch
- [27] *Internetseite der Energieagenturen* www.energieagentur.ch und www.energie-agentur.ch und www.eae-geraete.ch
- [28] *Internetseite für IEE-Projekt* www.efficient-server.eu
- [29] *Internetzugriff der EU bezüglich den CoC-Aktivitäten* www.energyefficiency.jrc.cec.eu.int/html/standby_initiative.htm
- [30] *Internetseite des Motor Challenge Programms* www.motorchallenge.ch
- [31] *Internetseite des Forschungsprogramms* www.electricity-research.ch. Download von Zusammenfassungen, Jahres- und Schlussberichten durchgeführter Forschungsarbeiten