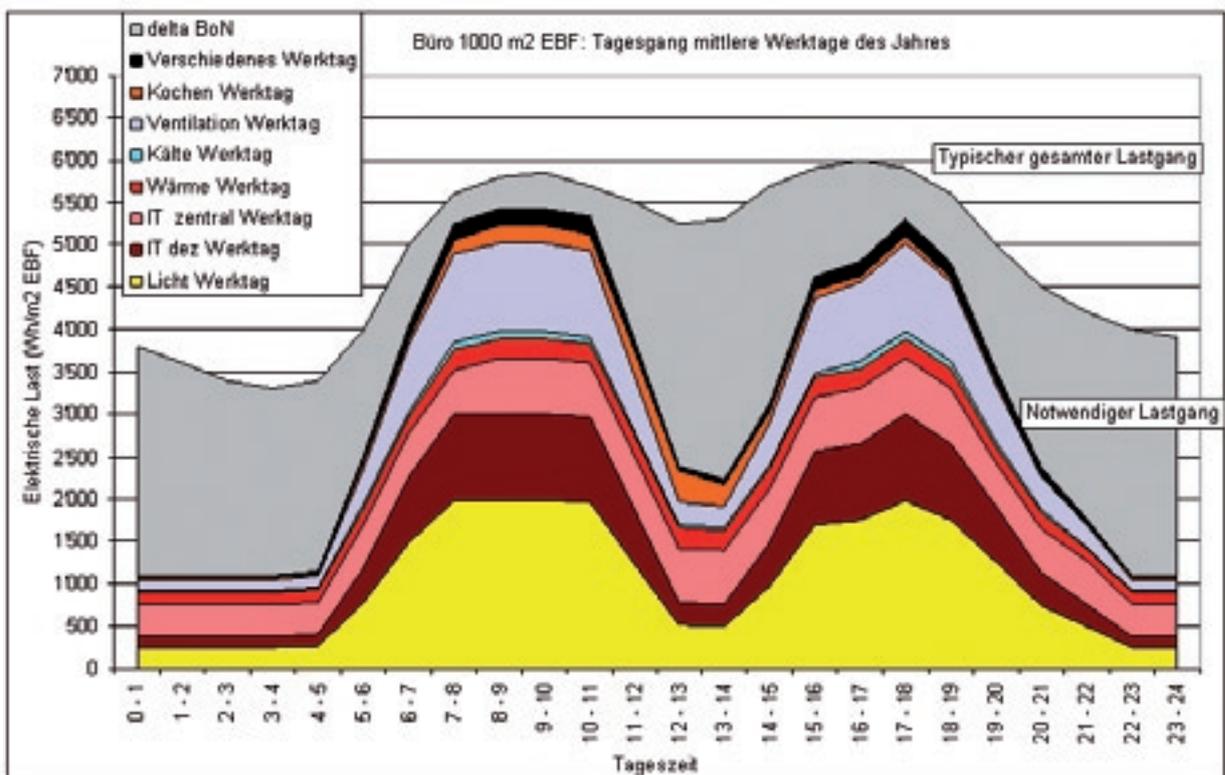


# Rapport de synthèse 2008 du chef de programme OFEN Synthesebericht 2008 des BFE-Programmleiters

## Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien und -anwendungen

Roland Brüniger

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



### Schematischer Lastgang eines Werktags in einem typischen Bürogebäude

Die Graphik zeigt den vermuteten Stromanteil (graue Fläche) von Anlagen, die ohne Nutzen laufen. Im Projekt *Betrieb ohne Nutzen* wurde das Thema analysiert und ein Einsparpotenzial im Dienstleistungsbereich in der Grössenordnung von mehr als 2'000 GWh/Jahr abgeschätzt. (Quelle: SAFE)

## Programmschwerpunkte

In vielen Anwendungsbereichen ist ein erhebliches unausgeschöpftes Energiesparpotenzial vorhanden. Das Forschungsprogramm **Elektrizitätstechnologien und -anwendungen** hat zum Ziel, Grundlagen und Voraussetzungen für eine effiziente Elektrizitätsnutzung zu schaffen. Das Programm gliedert sich in die zwei Hauptbereiche **Technologien** und **Effiziente Anwendungen**.

Im Bereich **Technologie** bestand die Zielsetzung für das Jahr 2008 darin, einerseits die Effizienz von *thermoelektrischen Materialien* durch eine Erhöhung der *Figure of Merit* zu verbessern und andererseits mögliche Anwendungen sowohl im Hoch- als auch im Niedertemperaturbereich zur direkten Energiekonversion Wärme-Elektrizität zu prüfen. Nachdem 2007 eine Grundlagenstudie gezeigt hat, dass eine Erfolg versprechende Nutzungsmöglichkeit des *magnetokalorischen Effektes* im Bereich der zentralen Kühlung liegt, ging es 2008 darum, Folgeaktivitäten zu initiieren. In der *Hochtemperatursupraleitung* gibt es immer wieder Fortschritte im Materialbereich; die Schweizer Industrie hält sich aber mit eigenen Aktivitäten noch zurück. Umso wichtiger ist die Sicherstellung einer minimalen Kontinuität im Projekt- und Informationsbereich. Diese umfasst einerseits die Teilnahme am entsprechenden IEA-Programm (Implementing Agreement High-Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector)

und andererseits eine Interaktion mit der Industrie. Schliesslich wurde 2008 angestrebt, Industriepartner für die Fortführung der Forschungsarbeiten in der *Druckluftspeichertechnologie* zu finden.

Der Bereich **Effiziente Anwendungen** ist sehr vielfältig. Ein bedeutendes Thema ist dabei die *Informations- und Kommunikationstechnik*. In diesem Thema bestand die Zielsetzung 2008 darin, vertiefte Erkenntnisse bezüglich des Energieverbrauchs im Bereich *Home Automation* zu schaffen. Eine weitere Zielsetzung lag darin, zum Thema *Betrieb ohne Nutzen* Grundlagen für eine substanzielle Verminderung der entsprechenden «Verluste» zu schaffen. Unverändert bestand ein Hauptfokus bei *elektrischen Antrieben* in der Aufarbeitung von fachtechnischen Grundlagen für den geplanten Wissenstransfer durch EnergieSchweiz. Daneben galt es, technische Grundlagen zur Effizienzsteigerung von Antriebssystemen zu entwickeln, wobei eine spezifische Zielsetzung in der Effizienzverbesserung des Traktionsbereichs der SBB lag. Ergänzend galt es, die Vorbereitungsarbeiten für ein neues IEA Implementing Agreement zur Schaffung einer internationalen Forschungs- und Wissensplattform für *elektrische Geräte* voranzutreiben. Ergänzt durch punktuelle nationale Projekte soll damit international die Effizienzsteigerung erhöht werden.

## Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2008

### Technologien

#### Hochtemperatursupraleitung (HTSL)

Mit der Teilnahme am *IEA Programme for Assessing the Impact of High Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector* [1] wird ein umfassender Überblick über die weltweiten Aktivitäten auf dem HTSL-Gebiet erreicht. 2008 verzeichnete die Materialindustrie grosse Fortschritte. So wurden Y-123-Bänder in Längen von über 1'300 m mit einer Stromdichte von 150 A/cm hergestellt (normiert auf eine Bandbreite von 10 mm). Diese Bänder werden in Prototypen im Bereich der Strombegrenzer, Energiekabel und Motoren eingesetzt.

#### Energiekonversion

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie *Anwendung der magnetischen Kältetechnik und ihre Bewertung* [2a] wurde aufgezeigt, dass vor allem zwei Anwendungen für einen energieeffizienten Einsatz der magnetischen Kältetechnik Erfolg versprechend sind, nämlich der Haushalts-Kühl-

schränk ohne Gefrierfach und die zentralen Kühlgeräte (siehe Fig. 1). Die Forscher der Fachhochschule Heig-VD in Yverdon-les-Bains konnten in Folge bereits ein Industrieprojekt mit einem namhaften Kühlschränkerhersteller starten, um die magnetische Haushalts-Kühlschränk-Technologie weiter zu untersuchen. Im Folgeprojekt *Zentrale magnetische Kühl- und Kältemaschinen und ihre*

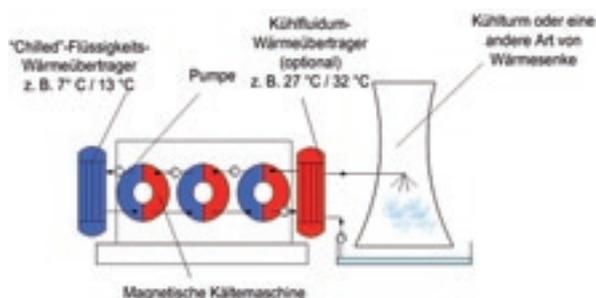
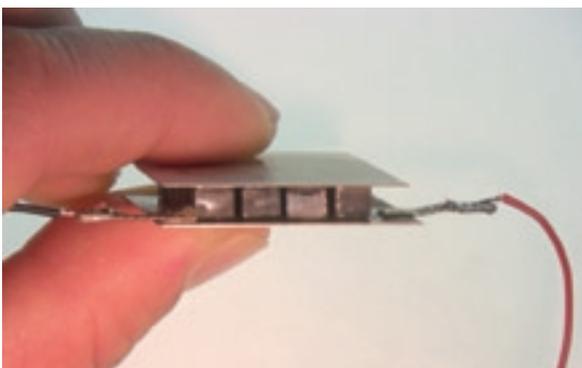


Fig. 1: Schematisches Beispiel einer dreistufigen magnetischen Kältemaschine. Die Temperaturen des Kühlwassers betragen im Vor- und Rücklauf 27 °C / 32 °C. Die Temperaturen des gekühlten Wassers betragen 7 °C / 13 °C. (Quelle: Heig-VD)

*Bewertung* [2b] soll mit numerischen Simulationen durch eine vertiefte Untersuchung beurteilt werden, welche konventionellen Kühlanlagen sich am besten eignen, um durch magnetische Kältemaschinen ersetzt zu werden.

Das wichtigste Ergebnis des Projekts *Anwendungen der magnetischen «Power Production» und ihre Bewertung* [2c] lag darin, dass die magnetische Energiekonversion den konventionellen Technologien in mehreren Aspekten in verschiedenen Bereichen überlegen sein kann. Dies ist speziell der Fall, wenn Wärmequellen mit tiefer Exergie auftreten. In solchen Fällen sind die konventionellen Systeme nicht wirksam genug, um ökonomisch arbeiten zu können, wogegen die magnetische Energiekonversions-Technologie zu einer höheren Exergie-Effizienz führen kann. Dem Nachteil eines eher geringen Carnot-Wirkungsgrades steht der Vorteil gegenüber, dass die magnetische Energiekonversion mit der Temperaturdifferenz unabhängig von den beiden Temperaturniveaus der Quelle und der Senke arbeiten kann. Eine erste geeignete Umsetzung in die Praxis wäre ein System mit Permanentmagneten und einer Wärmequelle der Temperatur von etwa 120 °C.

Mit dem thermoelektrischen Effekt kann Wärme direkt in Elektrizität gewandelt werden. Mit den Projekten *Das thermoelektrische Kraftwerk* [3a] und *Anwendungspotenzial der thermoelektrischen Stromerzeugung im Hochtemperaturbereich* [3b] wurde untersucht, welche Anwendungen für eine thermoelektrische Stromerzeugung zweckmässig sind, und welche Anforderungen dabei an das Konversionsmaterial gestellt werden. Mit den heute verfügbaren Materialien stellt die thermoelektrische Energieerzeugung wegen des zu geringen Wirkungsgrades keine konkurrenzfähige Alternative zu konventionellen Technologien dar. Auch im Bereich der Abwärmenutzung, wo es kaum oder keine technologischen Alternativen gibt, ist die thermoelektrische Energiegewinnung



Figur 2: Thermoelektrisches Baumodul mit neusten Materialien. (Quelle: Empa)

in grossen Leistungsklassen aufgrund enormer spezifischer Investitionskosten noch nicht vorstellbar. Mit den verstärkten Anstrengungen der Materialwissenschaft und den daraus resultierenden effizienteren und evtl. gleichzeitig auch billigeren Materialien mit einem ZT von 2–3 (ZT ist die energierelevante thermoelektrische Gütezahl eines thermoelektrischen Materials) würde sich das Anwendungspotenzial und der Markt für thermoelektrische Generatoren stark vergrössern. Ein ZT > 5 könnte die gesamte Stromerzeugung aus thermischer Energie «revolutionieren».

Die verfügbaren thermoelektrischen Materialien weisen einen schlechten Wirkungsgrad auf, so dass deren Anwendungen deshalb bis anhin eher in Nischenbereichen liegen. Mit dem Projekt *Geo-Thermopower (Geo-TEP) Material* [4a] wurden umweltfreundliche, robuste oxidische Keramiken für Anwendungen im Niedertemperaturbereich untersucht (siehe Fig. 2). Die bereits erwähnte energierelevante thermoelektrische Gütezahl ZT konnte durch das verbesserte Verständnis der Struktur-Eigenschaften-Beziehungen von ursprünglich 0,021 auf 0,3 über einen weiten Temperaturbereich erhöht werden. Im Projekt *Materialentwicklung für solarthermische Stromerzeugung (Solar-TEP)* [4b] wurden polykristalline Kobaltate mit Perowskit-ähnlicher oder geschichteter Struktur analysiert, wobei als Anwendung hohe Temperaturen im Fokus standen. Mit den Projekten *Erstellen und Modellierung eines thermoelektrischen oxidischen Moduls (TOM) als Demonstrator* [4c] und *Layered Thermoelectric Converters (LTEC)* [4d] werden die bisherigen Anstrengungen zur Effizienzsteigerung von thermoelektrischen Materialien mit geschichteten Strukturen fortgesetzt.

### Speicherung

Durch die Förderung erneuerbarer Energien und der damit verbundenen Zunahme stochastischer Einspeisung ins Netz nimmt die Energiespeicherung eine wichtige Stellung bei der elektrischen Versorgungssicherheit ein. Nach diversen abgeschlossenen Projekten im *Druckluftbereich* wurden Industriepartner gesucht, die bei der weiteren Forschung mitarbeiten und Unterstützung geben. Trotz verschiedener Gespräche mit namhaften Industrievertretern konnten 2008 keine konkreten verbindlichen Zusagen der Industrie bewirkt werden. Die Abklärungen mit der Industrie werden deshalb 2009 fortgesetzt.

### Effiziente Anwendungen

#### Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)

Der Anteil der Informationstechnik am Stromverbrauch in der Schweiz liegt bei etwa 10 %, wo-

bei hohe Zuwachsraten erwartet werden. National und international laufen viele Aktivitäten für einen rationelleren Elektrizitätseinsatz bei Büro- und Unterhaltungselektronikgeräten, und Massnahmen werden ergriffen, um diese Einsparpotenziale auszuschöpfen. Das *Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik* [5] leistet dazu als Informationsdrehscheibe der Schweiz einen massgeblichen Beitrag. So werden relevante Informationen im In- und Ausland gesammelt, aufbereitet und verbreitet. Daneben lag 2008 ein Schwergewicht auf der Weiterführung der Arbeiten im Bereich von effizienten Rechenzentren und der Analyse der Energienachfrage der mobilen Telekommunikation.

Im Projekt *Energieverbrauch der mobilen Kommunikation* [6] erfolgte eine detaillierte Analyse des Energiebedarfs der Infrastruktur eines Mobilfunknetzes. Ein Ergebnis dieser Arbeit zeigt auf, dass nur eine sehr geringe Korrelation zwischen dem Leistungsbedarf und der Netzauslastung von GSM- und UMTS-Basisstationen besteht. Ergänzend dazu wurden Daten zum Energieverbrauch der Mobilfunknetzelemente und der Klimaanlage messtechnisch ermittelt. Zu den erwähnten Punkten wurden Optimierungsvorschläge und Handlungsalternativen für Mobilfunkbetreiber formuliert. Abschliessend wurden zukünftige Szenarien bezüglich UMTS900, Einsatz von Femtozellen und Open-Wireless bezüglich der energetischen Auswirkungen theoretisch analysiert.

IT-Server weisen laufend höhere Integrationsdichten auf, was mit einem zunehmenden Energiebedarf verbunden ist. Die Nachfrager der IT-Dienstleistungen (IT-Abteilungen) sind sich den durch die IT-Beschaffung verursachten Stromverbräuchen und Stromkosten oft nicht bewusst. Im Projekt *Stromeffiziente Rechenzentren durch Sensibilisierung über eine transparente Kostenrechnung* [7a] wurde ein Excel-basiertes Kostenmodell entwickelt, das transparent darstellt, welche Rolle der Stromverbrauch und die Energieeffizienz beim Betrieb eines Rechenzentrums spielen. Das Modell zeigt zudem auf, wie

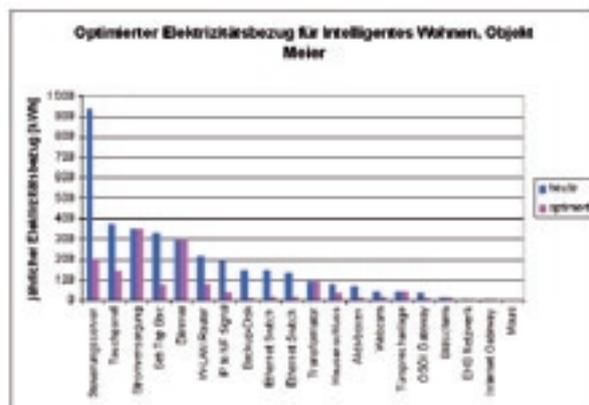
Objekt	jährlicher Strombezug		Stromverbrauch durch Umstellung	Jahres	Bemerkung
	heute	optimal			
Futuro, EffiHaus	8'463	6'838	111%	2002	
SmartHome	8'379	7'261	115%	2005	komplette Hausverdrahtung, IT- und Multimedia-Verdrahtung
Effi-Meier	9'808	7'914	124%	2007	
Effi-Sava	9'808	7'904	124%	2007	
Multimedienetz mit Puffer-Zapfen	4'903	65	7%	2007	
Multimedienetz mit LED-Beleuchtung	4'903	127	3%	2007	keine wirkliche Hausverdrahtung, keine komplexen Steuerungsfunktionen, keine Touchpanels
Multimedienetz mit HDTV	4'903	65	7%	2007	
Multimedienetz mit Theater-Licht	4'903	127	3%	2007	

Tabelle 1: Zusätzlicher Strombezug für intelligentes Wohnen; untersuchte Wohnobjekte und Labormessungen. (Quelle: Encontrol GmbH)

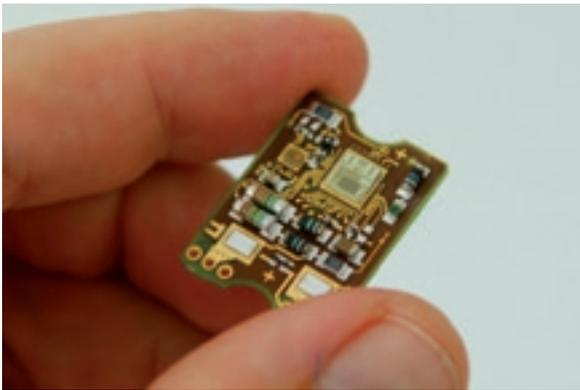
die Entwicklung in Zukunft aussieht, wenn von steigenden Integrationsdichten, höheren spezifischen Strombezügen und höherer Versorgungssicherheit von Rechenzentren ausgegangen wird. Anhand zweier ausgewählter Rechenzentren wurde erfolgreich eine Verifizierung durchgeführt.

Das im EU-Programm *Intelligent Energy Europe* eingebettete Projekt *Development of the Market for Energy Efficient Servers* [7b] will die beträchtlichen Potenziale für Energieeinsparungen und Kostensenkungen bei Servern in der Praxis demonstrieren und den Markt für energieeffiziente Server vorbereiten. Im aktuellen Berichtsjahr wurden mehrere Demonstrationsprojekte in der EU durchgeführt. In diesen Projekten konnten durch Virtualisierung und Konsolidierung der Server Energieeinsparungen zwischen 60 % und 90 % nachgewiesen werden. KMU sind in den Projekten leider kaum vertreten. Die Schweiz hat daher die Aspekte der KMU in das Projekt eingebracht: In einem typischen Betrieb wurde dazu mittels Virtualisierung die Anzahl Server von 4 auf 2 reduziert. Dabei wurde eine Stromverbrauchsreduktion von 24 % erzielt.

Der Vernetzung im Haushalt (Home Automation) wird eine grosse Zukunft vorausgesagt und es ist wichtig, frühzeitig den dadurch generierten Strommehrerverbrauch zu kennen und einzudämmen. Mit dem Projekt *Neuste Entwicklung im Bereich Home Automation und des damit verbundenen Stromverbrauchs* [7c] wurde aufgezeigt, dass eine einfache Haussteuerung mit heute verfügbaren Komponenten nur etwa 1–3 % mehr Strom verbraucht. Messungen in zwei neuen Einfamilienhäusern haben gezeigt, haben, dass der Stromverbrauch wegen der Vernetzung um 37–54 % zunimmt (siehe Tabelle 1), da oftmals komfortable Steuerungen mit Touch Screen und Audio-/Video-Systemen installiert werden. Zwar ist dies wesentlich geringer als beim ersten vollständig



Figur 3: Elektrizitätsbezug für intelligentes Wohnen, Messobjekt «Meier», Vergleich heute und optimiert. (Quelle: Encontrol GmbH)



Figur 4: Chip von Digitalstrom. (Quelle: Digitalstrom)

ausgemessenen FutureLife-Haus. Dennoch bestehen noch erhebliche Einsparpotenziale, die es zu nutzen gilt. Primär verfügen die Komponenten über keine Stand-by-Funktionen, was dazu führt, dass diverse Anlagen ständig laufen, obwohl diese nicht genutzt werden (siehe Figur 3).

Im Projekt *Effizienzsteigerung im Haushalt durch Digitalstrom* [7d] wird untersucht, welches Potenzial digitalSTROM-Komponenten in Bezug auf die Reduktion des Stromverbrauchs bieten, insbesondere unter Berücksichtigung des Eigenverbrauchs. Nachdem erste Messkonzepte und die auszurüstenden Gebäude 2008 weitgehend definiert worden sind, ist 2009 vorgesehen, die Chips (siehe Fig. 4) in mehreren Gebäuden zu installieren und eine einjährige Messkampagne zu starten.

Mit dem kürzlich gestarteten Projekt *MEGA: Mehr Energieeffizienz durch gezielte Anwenderinformation* [8] soll die Energieeffizienz in privaten Haushalten gesteigert werden, indem die Bewohner durch ein besseres Bewusstsein für ihren Energiebedarf zum Sparen motiviert werden. Erste Recherchen zeigten, dass in internationalen Projekten durch ein Feedback an die Bewohner im Durchschnitt 5–12 %, im besten Fall gar bis zu 25 % elektrische Energie eingespart werden konnte. Ziel des Projekts ist es, ein Konzept inkl. Prototypen mit gängigen, modernsten Kommunikationsmitteln zur Informationsvermittlung zu nutzen (siehe Fig. 5). Im Jahr 2009 werden dazu Konzepte entworfen. Dieses Projekt soll mit einer Arbeit zum Thema *Smart Metering* ergänzt werden, wozu bereits entsprechende Vorbereitungsarbeiten laufen.

Im Rahmen der *Unterstützung bei der Entwicklung eines effizienten DSL-Modems* [9] war zu untersuchen, wo Einsparpotenziale bestehen, um den Stromverbrauch soweit abzusenken, dass die ehrgeizigen Zielwerte des «Code of Conduct on Energy Consumption of Broadband Equipment» erreicht werden können. Die Arbeit konzentrierte sich auf die aktuelle Marktentwicklung bei externen Netzteilen, die anstehende EU-Direktive EuP



Figur 5: Technische Konzepte/Varianten der Visualisierung des Energieverbrauchs. (Quelle: iHomeLab)

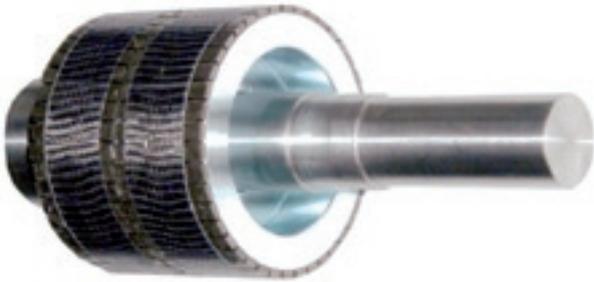
(Energy using Products), den aktuellen Stand der Effizienz bei der Spannungswandlung auf der Platine (DC/DC-Wandler) und auf mögliche Ansätze des durch die TCP/IP-Ports bedingten Stromverbrauchs. Insbesondere aufgrund der TCP/IP-Technologie konnte die Zielsetzung nicht ganz erreicht werden, doch wurden umfangreiche Erkenntnisse gewonnen, die aufgrund der Mitarbeit der Industrie in zukünftige Produktentwicklungen von DSL-Modems einfließen werden.

### Motoren/elektrische Antriebe

Der Anteil der motorischen Antriebe und Antriebsysteme am gesamtschweizerischen Stromverbrauch wird auf etwa 45 % geschätzt, was etwa 26 000 GWh/Jahr entspricht. Aufgrund des geschätzten Einsparpotenzials von über 20 %, was etwa 5 000 GWh/Jahr entspricht, unternimmt das Programm grosse Anstrengungen, dieses Potenzial zu erschliessen.

Im Projekt *Effizienter Lineargenerator/Linearmotor für Kolbenmaschinen* [10a] wurde einerseits ein effizienter Lineargenerator für eine Stirling-Freikolbenanlage gebaut und andererseits theoretische Untersuchungen zur Effizienz von Linearmotoren für den Antrieb von Kompressoren durchgeführt. Ein Prototyp des Lineargenerators konnte gebaut werden und die durchgeführten Messungen sind derart Erfolg versprechend, dass die Arbeiten durch die Industrie weitergeführt werden. Die Berechnungen zeigten zudem, dass ein Linearmotor zwar eine hohe Energieeffizienz erreichen kann, nicht jedoch mit einem hoch effizienten rotierenden Permanentmagnetmotor konkurrenzieren kann.

Ein *Effizienter Permanentmagnetmotor im Bereich 3 kW* [10b] wurde in einem IEC-Normgehäuse als Prototyp gebaut und ausgemessen und es wurde eine effiziente Ansteuerung entwickelt. Messungen haben einen hohen Wirkungsgrad von knapp 90 % ergeben, was höher ist als die heute gängigen effizienten Asynchronmotoren



Figur 6: Rotor des IEC 3-kW-Permanentmagnetmotors. (Quelle: Circle Motor AG)

der eff1-Klasse in diesem Leistungsbereich. Mit einer *Effizienzsteigerung eines hoch effizienten IEC 3-kW-Permanentmagnetmotors inklusiv energetischer Messung als Pumpenanwendung* [10c], soll die Effizienz von über 90 % mit einem Prototypen nachgewiesen und als Anwendung an einem Pumpenstand ausgemessen werden. Nachdem die Komponenten 2008 ausgelegt worden sind (siehe Fig. 6 und 7), erfolgt 2009 der Bau und die Ausmessung.

Mit einer Effizienzsteigerung eines hoch effizienten IEC 3-kW-Permanentmagnetmotors inklusiv energetischer Messung als Pumpenanwendung [10c], soll die Effizienz von über 90 % mit einem Prototypen nachgewiesen und als Anwendung an einem Pumpenstand ausgemessen werden. Nachdem die Komponenten 2008 ausgelegt worden sind (siehe Fig. 6 und 7), erfolgt 2009 der Bau und die Ausmessung.

Mit dem Projekt *Verbesserung der Energieeffizienz von Aufzügen und Förderanlagen durch Entwicklung eines neuartigen Frequenzumrichters* [11] wurde anstelle eines klassischen U-Umrichters ein neuartiger I-Umrichter entwickelt. Dank diesem konnte nicht nur eine Rückspeisung der Energie beim Bremsen realisiert werden, sondern der I-Umrichter kann beim Stillstand des Aufzugs



Figur 7: 3-kW-IEC-Permanentmagnetmotor. (Quelle: Circle Motor AG)

vom Netz getrennt werden und hat damit keinen Stand-by-Verlust.

Dies ist sehr bedeutend, haben doch frühere Arbeiten aufgezeigt, dass Personenlifte – insbesondere im Wohnbereich – einen Stand-by-Anteil von teilweise über 70 % am Gesamtstromverbrauch aufweisen.

Ein wesentlicher Aspekt für den effizienten Einsatz von elektrischen Antrieben stellt deren korrekte Dimensionierung und das rasche Erkennen von Einsparpotenzialen dar. Mehrere Projekte sollen EnergieSchweiz entsprechende Tools dazu zur Verfügung stellen. Mit dem Projekt *OPAL-Erweiterung für Permanentmagnetmotoren* [12] wurde das bestehende Tool für die energieoptimale Auslegung von Pumpen und Lüftern um ein Modul für Permanentmagnetmotoren ergänzt. Zudem wurde eine Web-fähige Oberfläche in den Sprachen Deutsch, Französisch und Englisch programmiert sowie eine umfassende Motorendatenbank mit etwa 10'000 Motoren eingepflegt.

Mit *Sotea – ein Software Tool zur Ermittlung des Effizienzpotenzials bei elektrischen Antrieben* [13a], soll eine rasche Analyse eine Potenzialabschätzung eines Maschinenparks ermöglichen. Schliesslich wird mit dem Projekt *Analyse und Vorgehen zur energetischen Optimierung von Pumpen bei Wasserversorgungsanlagen* [14] gemeinsam mit der Industrie Fachwissen erarbeitet, um bei bestehenden Wasserversorgungen rasch das Effizienzpotenzial zu eruieren. Die auszuarbeitende Methodik wird anschliessend anhand mehrerer Fälle geprüft und optimiert.

### Geräte

Um der Energieeffizienz bereits im Beschaffungsprozess die entsprechende Bedeutung zukommen zu lassen, wurden im Projekt *Produktedeklaration Kleinkühlschränke* [15a] gemeinsam mit einem internationalen Industrievertreter Grundlagen für ein Deklarationsformular entwickelt, damit sich der Käufer über die Effizienz und den damit verbundenen Kosten (Life-Cycle-Cost-Betrachtung) bewusst werden kann. Da bei diesen Arbeiten festgestellt wurde, dass bei der Selbstdeklaration nicht alle Anbieter vergleichbare Angaben machen, werden im Projekt *Messreihe Kleinkühlschränke* [15b] verschiedene Produkte nach den gleichen Messgrundlagen ausgemessen und miteinander verglichen. Die Ergebnisse werden 2009 erwartet und sollen anschliessend durch EnergieSchweiz umgesetzt werden.

Obwohl bereits Kühlschränke der Effizienzklasse A++ auf dem Markt verfügbar sind, besteht nach wie vor ein erhebliches Einsparpotenzial. Mit der Unterstützung eines namhaften schweizerischen

Herstellern sollen im Projekt *Energieverbrauchsminimierung von Kühlschränken durch thermische Optimierung* [16] die thermischen Verluste unter Verwendung neuartiger Wärmedämmungen substantiell vermindert werden. Nach ersten Analysen werden die untersuchten Optimierungsmöglichkeiten 2009 gebaut und geprüft.

Viele Anlagen und Geräte laufen oft während 24 Stunden, obwohl dies nicht erforderlich wäre. Im Projekt *Betrieb ohne Nutzen – BoN* [13b] wurde diesen Verbrauchern im Dienstleistungssektor nachgespürt. Die Analysen verschiedener Tagesgänge konnten dazu nützliche Informationen liefern. Obwohl es sich erst um eine Grobschätzung handelt, kann dennoch ausgesagt werden, dass sich der Verbrauch dieser Anlagen im Dienstleistungsbereich in der Grössenordnung von mehr als 2'000 GWh/Jahr bewegt. Folgearbeiten werden aber notwendig sein, um diese Abschätzung zu vertiefen und um entsprechende Effizienzmassnahmen aufzuzeigen.

Als Alternative zu statischen USV-Anlagen können ab Leistungen von etwa 500 kVA rotierende USV-Anlagen eingesetzt werden. Die Einsatzbereiche und die Technologien weichen von denjenigen für statische USV-Anlagen ab. Dies hat insbesondere auch Auswirkungen auf deren Effizienz und Stromverbrauch. Im neu gestarteten Projekt *Rotierende USV-Anlagen und dynamische Energiespeicherung* [17] erfolgt ein Vergleich der rotierenden mit den statischen USV-Anlagen inklusiv Vergleich der dynamischen Energiespeicherung mit Batterieanlagen.

Im Bereich der Elektroheizungen ist das geschätzte Energiesparpotenzial erheblich. Dazugehörige Massnahmen reichen von der Optimierung der Steuerungen über Ergänzungsheizungen, sehr guter Wärmedämmung (z.B. Minergie-P) bis zum Ersatz der Wärmezeugung (z.B. Wärmepumpe) durch den Einbau einer Zentralheizung. Für die Betreiber von Objekten mit Elektroheizungen besteht das Hauptproblem beim meist sehr grossen Finanzierungsbedarf. Mit dem Projekt *Elektroheizungen – Massnahmen und Vorgehensoptionen zur Reduktion des Stromverbrauchs* [18] werden alle technischen Möglichkeiten analysiert und einerseits Grundlagen für umfassende Massnahmenpakete bereitgestellt und andererseits technische Erkenntnislücken identifiziert.

### Licht/Leuchten

Durch die anstehenden regulatorischen Vorgaben werden vermehrt Energiesparlampen mit elektronischen Vorschaltgeräten zum Einsatz kommen. Aufgrund verschiedentlich geäusselter Bedenken wird im Projekt *Netzurückwirkungen von Energiesparlampen* [19] untersucht, in welchem

Ausmass sich aufgrund einer vermehrten Verwendung von Sparlampen Rückwirkungen aufs Netz ergeben. Dazu sind verschiedene Lampen bezüglich Oberwellen gemessen worden und im Jahr 2009 werden auf dieser Basis mittels Hochrechnungen und theoretischer Überlegungen die gesamthaften Auswirkungen abgeschätzt.

Mit der Entwicklung der weissen LED (Licht emittierende Diode) steht eine neue Technologie zur effizienten Raumbelichtung zur Verfügung. Doch Markt und Entwicklung sind sehr unübersichtlich und verbindliche Qualitätsstandards, welche eine LED abschliessend und vergleichend beschreiben, sind kaum vorhanden. Konsumenten sind beim Kauf oft überfordert und das Risiko eines Fehlkaufes ist – auch angesichts der rasanten Entwicklung – sehr gross. Mit dem eben gestarteten Projekt *Qualitätsmerkmale der LED-Beleuchtung* [20] erfolgt eine systematische Aufarbeitung der offenen Fragen im Zusammenhang mit LED-Anwendungen für Raumbelichtung. Dabei soll eine ganzheitliche Beschreibung der Qualitätsmerkmale der LED-Beleuchtung erstellt werden.

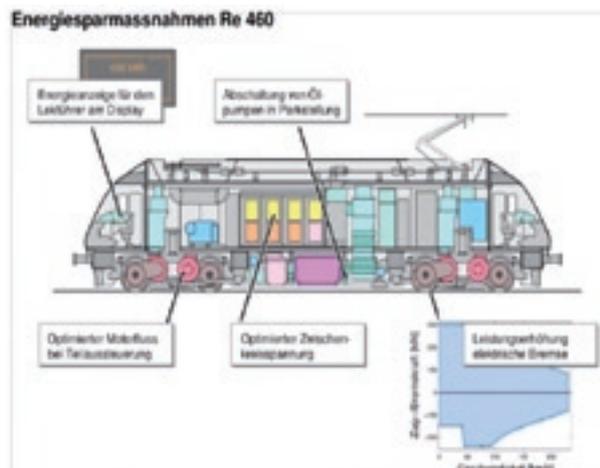
### Diverses

Nachdem ein erstes Projekt bei den SBB substantielle Einsparungen in der Grösse von mehreren 100 GWh/Jahr aufgezeigt hat, ist es erfreulich, dass die SBB durch gezielte Massnahmen die Umsetzung zügig angeht. So werden Lokomotivführer zum energieeffizienten Fahren ausgebildet und technische Optimierungen am Rollmaterial werden sukzessive umgesetzt (siehe Fig. 8 und 9). Mit dem neuen Projekt *Verifizierung der Stromeinsparung durch energieeffizientes Zugmanagement* [21] wird der Energiespareffekt des bei den SBB in Entwicklung stehenden intelligenten Zugmanagements konkretisiert. Der Spareffekt entsteht durch Vermeidung von Signalhalten und vorausschauende Fahrweise durch Vorgabe eines optimierten Fahrprofils.



Figur 8: Effizientes Fahren spart bis 100 GWh/Jahr. (Quelle: SBB)

Zur Quantifizierung der heutigen Situation wurden im Jahr 2008 Konzepte und Methoden entwickelt, welche die Zahl der Konflikte (Signalhalte) und den Fahrstil aus Betriebsdaten (Zeitstempel von Zugsdurchfahrten an Hauptsignalen) extrahieren. Weiter wurden erste Auswertungen und Hochrechnungen auf das Gesamtnetz durchgeführt. Die Analyse soll auf die Bözberg-Linie und die Strecke Zürich – Chur ausgedehnt werden, um auch Einflüsse von Güterverkehr und Fernverkehr zu berücksichtigen. Für das langfristige Monitoring des Energieverbrauchs im Traktionsbereich der SBB wurde schliesslich ein Konzept zur betrieblichen Erfassung wichtiger Einflussgrössen direkt auf den Triebfahrzeugen entwickelt, welches 2009 implementiert und auf einigen Fahrzeugen zum Einsatz kommen wird.



Figur 9: Technische Optimierung der Lok RE 460. (Quelle: SBB)

## Nationale Zusammenarbeit

Die Vertreter der etablierten BFE-Trendwatching-Gruppen in den Bereichen Informations- und Kommunikationstechnik, elektrische Antriebe, unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) und Hochtemperatursupraleitung aus Industrie, Hochschule und Forschungsstätten treffen sich periodisch. Damit steht eine bewährte, nationale Informations- und Diskussionsplattform für interessierte Fachleute zur Verfügung.

Die zunehmende Vernetzung im Haushalt dürfte einen substantiellen Stromanstieg mit sich bringen. Mit dem Kompetenzzentrum iHomeLab an der Hochschule Luzern steht neu eine Infrastruktur mit entsprechender Fachkompetenz zur Verfügung.

Das Projekt *Materials with Novel Electronic Properties (Manep)* des Schweizerischen Nationalfonds umfasst 19 nationale Institute sowie 6 Industriepartner. 8 Institute beschäftigen sich theoretisch oder experimentell mit Hochtemperatursupraleitern.

Die Zusammenarbeit mit der Industrie konnte in verschiedenen Bereichen (z.B. Eisenbahn, Motorenindustrie, Telecom-Unternehmungen, Beleuchtungs- und Haushaltsgeräteindustrie) weitergeführt resp. ausgeweitet werden. Bei neuen Projekten wird soweit möglich darauf geachtet, dass ein Industriepartner im Projekt eingeschlossen ist. Damit wird angestrebt, dass bei einem Projekterfolg die anschliessende Umsetzung angegangen wird.

Generell wird ein enger Kontakt mit dem Programm EnergieSchweiz [27] gepflegt, was wesentlich zur Umsetzung der Forschungsergebnisse beiträgt. Für das nationale Motoren-Programm

*Topmotors* wurden z.B. punktuell fehlende, technische Grundlagen aufgearbeitet.

Beide Eidgenössischen Technischen Hochschulen (Zürich, Lausanne) werden – soweit zweckmässig – in die Forschungsaktivitäten miteinbezogen und auch der Einbindung von Fachhochschulen wird grosse Bedeutung beigemessen.

So haben die Fachhochschulen Westschweiz (Sion), Nordwestschweiz (Brugg-Windisch), 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 Kompetenzzentrum *Energie- und Informationstechnik* an der ETH Zürich leistet weiterhin einen wichtigen Beitrag zur nationalen und internationalen Zusammenarbeit.

Durch die gemeinsame Finanzierung von Forschungsprojekten konnten bestehende Kontakte zu weiteren Förderinstitutionen wie dem *Energiesparfonds des EWZ*, dem *Stromsparfonds Basel* und der *KTI* gepflegt werden.

Ein enger Kontakt zu den schweizerischen Energieagenturen *EnAW*, *eae* und *S.A.F.E* [28] wird mittels diverser Projekte und über die etablierten Trendwatching-Gruppen gepflegt. In diversen Projekten sind auch Branchenverbände wie z.B. *swissT.net*, *Swissmem*, *Swico* eingebunden. So wurden die Arbeiten *am Code of Conduct im Set-top-Boxen-Bereich* in 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 internationale Zusammenarbeit im Rahmen des 6. EU-Rahmenprogramms (Projekt STRP-505724-1 Hipermag) ist im Laufe des Jahres 2008 abgeschlossen worden. Es wurden supraleitende  $MgB_2$ -Bänder und -Drähte für Anwendungen bei Temperaturen von 20 K entwickelt. Diesem Programm gehörten 13 Gruppen an.

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 zur Charakterisierung elektrischer Leiter aus den USA, Japan und Deutschland durchführen kann.

Durch die engagierte 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, Beleuchtung 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 hat die Federführung beim Motoren-

Annex dieses Programms übernommen und die Vorarbeiten erfolgreich abgeschlossen.

Die Programmleitung hat sich auch im Rahmen des EU-Programms *Intelligent Energy Europe IEE* stark engagiert. So arbeitet die Schweiz seit Projektbeginn am Projekt *Development of the Market for Energy Efficient Servers* [29] mit, bringt Fachwissen ein, und kann am erarbeiteten Wissen partizipieren.

Die EU hat in der schnelllebigen Welt der Kommunikations- und Informationstechnologie im Rahmen der europäischen Stand-by-Initiative freiwillige Vereinbarungen, sogenannte *Code of Conducts (CoC)* [30] in den Bereichen *Settop-Boxen*, *Broadband Devices* und *External Power Supply* abgeschlossen. Sowohl bei der Entstehung als auch in der kontinuierlichen Verbesserung dieser CoC wird die Schweiz einbezogen und kann ihre entsprechenden Erfahrungen einbringen. Ferner werden die Arbeiten im Rahmen der *EuP-Direktive* verfolgt.

Persönliche Kontakte zu verschiedenen Energieagenturen (insb. Dänemark, Deutschland, Österreich, Frankreich) sowie zu Schlüsselpersonen von internationalen Programmen wie z.B. dem UK Market Transformation Programme, verhelfen immer wieder zu interessanten Anregungen. Ferner werden die Kontakte mit der Europäischen Kommission, der IEA (International Energy Agency), der EPA (Environmental Protection Agency, USA) und dem LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory, USA) weiter gepflegt.

## Pilot- und Demonstrationsprojekte

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 (IKT)

Die EU hat mit dem *Code of Conduct (CoC)* ein Instrument geschaffen, mit dem sich engagierte Industrien freiwillig verpflichten können, Geräte mit minimalen Verbrauchswerten zu produzieren oder zu beschaffen. Die Schweiz und insbesondere die Vertreter der Swisscom haben wesentlich dazu beigetragen, dass der CoC für *Broadband Devices* mit ambitionierten Zielwerten in Kraft gesetzt werden konnte. Beim CoC für *Settop-Boxen* hat sich die Schweiz zwar ebenfalls mit ehrgeizigen Werten eingebracht, doch hat sich leider die In-

dustrie dagegen erfolgreich gewehrt, so dass nun davon ausgegangen werden muss, dass einerseits der CoC mit einer wesentlich kleineren Industriegruppe weiter verfolgt wird und andererseits die Industrie eine eigene Branchenvereinbarung ausarbeitet, welche etwa 90 % des Marktes abdeckt. Damit sollen allfällige regulatorische Massnahmen der EU im Rahmen der EuP-Direktive verhindert werden.

### Motoren / elektrische Antriebe

Die Umsetzung erarbeiteter Forschungsergebnisse ist ein grosses Anliegen und diesbezügliche, vorbereitende Arbeiten werden – wo notwendig – durch das Programm unterstützt. Mit dem Projekt *Certificate of Advanced Studies: Effizienz und Energie in Technik und Industrie* [22] werden Grundlagen geschaffen, damit sich Berufstätige im Rahmen einer Weiterbildungsveranstaltung

über effiziente Motoren/Antriebe informieren können. Nachdem ein Pilotkurs aufgrund mangelnder Anmeldungen nicht durchgeführt werden konnte, wird 2009 ein erneuter Anlauf genommen. Dazu wurde die Ausrichtung den erhobenen Bedürfnissen der Teilnehmenden angepasst.

Das Projekt *Promotion und Koordination EU Motor Challenge Programme der EU* [23] hatte zum Ziel, den Betreibern von elektrischen Antrieben Informationen zum europäischen Motor Challenge Programm (MCP) zu vermitteln und sie zu eigenen Aktivitäten im Bereich Motoren-Effizienz zu bewegen. Das Projekt fungierte als National Contact Point des europäischen Motor Challenge Programms und koordinierte den Informationsfluss zwischen den nationalen Aktionen im Bereich Antriebseffizienz. Das Motor-Challenge-Projektteam beteiligte sich an der Vorbereitung eines eigentlichen Umsetzungsprogramms zur Antriebseffizienz. Ende 2007 startete dieses Programm unter dem Namen Topmotors und die bisherigen «Motor Challenge»-Promotions-Aktivitäten wurden 2008 sukzessive in Topmotors übergeführt [31].

Die Schweiz engagierte sich stark am Aufbau des neuen IEA-Projekts 4E (Efficient Electrical End-Use Equipment). Mit der *IEA-Exco-Vertretung des*

*Implementing Agreements 4E* [24] nimmt sie nun auch an den anlaufenden Arbeiten aktiv teil. Im Moment stehen die Themen *Stand-by, Settop-Boxen, Lighting, Mapping & Benchmarking* und *Antriebssysteme* im Vordergrund. Aufgrund diverser Vorarbeiten im vorliegenden Forschungsprogramm und des internationalen Harmonisierungsprogramms Seeems (Standards for Energy Efficient Electric Motors Systems) hat die Schweiz nach den Vorbereitungsarbeiten für den *Motor Systems Annex for 4E* [25] die Rolle des Operating Agent eingenommen. Diese Arbeiten wurden im Herbst 2008, nach der Genehmigung durch das Executive Committee, gestartet. Mit der Vorbereitung und der Durchführung der internationalen Motoren-Konferenz *Motor Summit* erfolgte der formelle Auftakt. Als nächstes werden die verschiedenen Arbeitspakete inhaltlich konkretisiert.

### Geräte

Nachdem die freiwillige Vereinbarung *Code of Conduct für USV-Anlagen* [26] Anfang 2008 verabschiedet wurde, und mehrere internationale Unternehmungen diese im Laufe des Jahres unterzeichnet haben, erfolgten abgesehen von den Aktualisierungen einzelner Merkblätter und Dokumente keine nennenswerten Aktivitäten.

## Bewertung 2008 und Ausblick 2009

Im Rahmen der Neuorganisation des Bundesamts für Energie ergaben sich 2008 für das vorliegende Forschungsprogramm personelle Veränderungen bei der Bereichsleitung. Nachdem diese Position Anfang 2008 neu besetzt wurde, erfolgte nach einer Einarbeitungszeit eine erneute personelle Veränderung. Erst im Oktober 2008 konnte die Stelle der Bereichsleitung wieder neu besetzt werden. Neben diesen personellen Veränderungen erfolgte auch eine technische Migration der Website [32] in die IT-Umgebung des BFE. Diese konnte ebenfalls im Herbst abgeschlossen werden und die aktuelle Homepage verfügt nun über ein BFE-konformes Erscheinungsbild.

Im Bereich der **Technologie** wurden bei der *thermoelektrischen Energiekonversion* Fortschritte in der Materialforschung gemacht. So konnte die massgebende *Figure of Merit* substantiell erhöht werden. Aufgrund des bevorstehenden Abgangs des noch arbeitenden Doktoranden an der ETHZ ist es wichtig, dass das applikatorische Fachwissen zur thermoelektrischen Energiekonversion nicht verloren geht. Aufgrund diverser Bemühungen konnte eine Lösung gefunden werden, die das erarbeitete Fachwissen sichert. Es ist ferner erfreulich, dass in einem Folgeprojekt eine der identifizierten, erfolversprechenden Nutzungsmöglich-

keiten des *magnetokalorischen Effekts* weiter vertieft wird. Im Bereich der *Hochtemperatursupraleitung* wurden zwar die internationalen Arbeiten im Rahmen des entsprechenden IEA Implementing Agreements fortgesetzt. Trotz diverser konkreter Gespräche mit der Industrie konnte hingegen kein Industrieprojekt gestartet werden. Auch führten mehrere Industriegespräche beim Thema *Druckluftspeichertechnologie* nicht zum gewünschten Folgeprojekt. Die entsprechenden Anstrengungen werden 2009 fortgesetzt.

Bei den **effizienten Anwendungen** konnten bei den Settop-Boxen im Rahmen der europäischen EuP-Direktive und im Rahmen der Erarbeitung einer verschärften freiwilligen Vereinbarung diverse Anregungen und Erkenntnisse eingebracht werden. Diese Bestrebungen sollen fortgesetzt werden. Ebenfalls im Bereich der *Informations- und Kommunikationstechnik* konnte zum Thema *Home Automation* der damit verbundene hohe Strommehrerverbrauch nachgewiesen und anlässlich mehrerer öffentlicher Auftritte thematisiert werden. Dank grossen Engagements der Schweiz konnte das IEA Implementing Agreement 4E erfolgreich gestartet und – nach intensiven Vorarbeiten unter Schweizer Führung – ein erster Annex zum Thema Motoren genehmigt werden.

Ebenfalls ist sehr erfreulich, dass die SBB die erarbeiteten Ergebnisse zur Energieeffizienz umsetzt und eine grosse Erkenntnislücke im Bereich des effizienten Zugmanagements mit einem Fol-

geprojekt angeht. Ferner ist erwähnenswert, dass das Thema der *neuen Lichttechnologie* LED in einem Forschungsprojekt aufgearbeitet wird.

## Liste der F+E-Projekte

- [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 (SB Projekt 101776) • b) Zentrale magnetische Kühl- und Kältemaschinen und ihre Bewertung (JB Projekt 102873) • c) Anwendungen der magnetischen «Power Production» und ihre Bewertung (SB Projekt 101776).
- [3] K. Fröhlich, A. Bitsch, C. Eisenhut (froehlich@eeh.ee.ethz.ch), ETH Zürich: a) Das thermoelektrische Kraftwerk (SB Projekt 101356) • b) Anwendungspotenzial der thermoelektrischen Stromerzeugung im Hochtemperaturbereich (SB Projekt 101706).
- [4] A. Weidenkaff (anke.weidenkaff@empa.ch), EMPA, Dübendorf: a) Geo-Thermopower (Geo-TEP)- Material (SB Projekt 101356) • b) Materialentwicklung für solarthermische Stromerzeugung (Solar-TEP) (SB Projekt 101706) • c) Erstellen und Modellierung eines thermoelektrischen oxidischen Moduls (TOM) als Demonstrator (JB Projekt 101356) • d) Layered Thermoelectric Converters (LTEC) (JB Projekt 101356).
- [5] B. Aebischer (baebischer@ethz.ch), CEPE, ETH, Zürich: Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik (JB Projekt 30963) www.biblioite.ethz.ch.
- [6] M. Hufschmid, A. Corliano (markus.hufschmid@fhnw.ch), Fachhochschule Nordwestschweiz, Muttenz: Energieverbrauch der mobilen Kommunikation (SB Projekt 102013).
- [7] A. Huser, T. Grieder (alouis.huser@encontrol.ch), Encontrol GmbH, Niederrohrdorf: • a) Stromeffiziente Rechenzentren durch Sensibilisierung über eine transparente Kostenrechnung (SB Projekt 102259) • b) Development of the Market for energy efficient Servers (JB Projekt 101967) www.efficient-server.eu • c) Neuste Entwicklung im Bereich Home Automation und des damit verbundenen Stromverbrauchs (SB Projekt 102344) • d) Effizienzsteigerung im Haushalt durch Digitalstrom (JB Projekt 102468) www.digitalstrom.org.
- [8] R. Kistler, M. Fercu, A. Egli (alexander.klapproth@hslu.ch), Hochschule Luzern, Technik + Architektur, Horw: MEGA, Mehr Energieeffizienz durch gezielte Anwenderinformation (JB Projekt 102668).
- [9] C. Jehle (cj@digitalstrom.org), Digitalstrom Association, Zürich: Unterstützung bei der Entwicklung eines effizienten DSL-Modems (SB Projekt 102543).
- [10] J. Lindegger (info@circlemotor.ch), Circle Motor AG, Gümligen: a) Effizienter Lineargenerator/Linearmotor für Kolbenmaschinen (SB Projekt 100915) • b) Effizienter Permanentmagnetmotor im Bereich 3kW (SB Projekt 100915) • c) Effizienzsteigerung eines hocheffizienten IEC 3kW Permanentmagnetmotor inklusiv energetischer Messung als Pumpenanwendung (JB Projekt 100915).
- [11] P. Kanyio, M. Bolla (mario.bolla@telma.ch), Econodrives GmbH, Seftigen: Verbesserung der Energieeffizienz von Aufzügen und Förderanlagen durch Entwicklung eines neuartigen Frequenzumrichters (SB Projekt 101691).
- [12] R. Tanner (tanner@semafor.ch), Semafor Informatik & Energie AG, Basel: OPAL-Erweiterung für Permanentmagnetmotoren (SB Projekt 102128).
- [13] C. U. Brunner (cub@cub.ch), S.A.F.E., Zürich: a) Software-Tool zur Ermittlung des Effizienzpotenzials bei elektrischen Antrieben (JB Projekt 102545) • b) Betrieb ohne Nutzen BoN (SB Projekt 102345).
- [14] B. Kobel, Y. Roth (yann.roth@rysering.ch), Ryser Ingenieure AG, Bern: Analyse und Vorgehen zur energetischen Optimierung von Pumpen bei Wasserversorgungsanlagen (JB Projekt 102686).
- [15] A. Burri (adrian.burri@awtec.ch), Awtec AG für Technologie und Innovation, Zürich: a) Produktedeklaration Kleinkühlschränke (SB Projekt 101953) • b) Messreihe Kleinkühlschränke (JB Projekt 102672).
- [16] M. Koebel (matthias.koebel@empa.ch), EMPA, Dübendorf: Energieverbrauchsminimierung von Kühlschränken durch thermische Optimierung (JB Projekt 102855).
- [17] P. Mauchle (peter.mauchle@sing.ch), Schnyder Ingenieure AG, Hünenberg: Rotierende USV-Anlagen und dynamische Energiespeicherung (JB Projekt 102828).
- [18] J. Nipkow (juerg.nipkow@arena-energie.ch), ARENA, Arbeitsgemeinschaft energie-alternativen, Zürich: Elektroheizungen – Massnahmen und Vorgehensoptionen zur Reduktion des Stromverbrauchs (JB Projekt 102648).
- [19] G. Dürrenberger (gregor@mobile-research.ethz.ch), ETH, Zürich und G. Klaus (klaus@maxwave.ch), Maxwave, Zürich: Netzzrückwirkungen von Energiesparlampen (JB Projekt 102644).
- [20] S. Gasser (stefan.gasser@eteam.ch) eTeam, Zürich: Qualitätsmerkmale der LED-Beleuchtung (Projekt 102901).
- [21] M. Meyer, S. Menth (markus.meyer@emkamatik.com), Emkamatik GmbH, Wettingen: Verifizierung der Stromeinsparung durch energieeffizientes Zugmanagement (JB Projekt 102645).

## Liste der P+D-Projekte

- [22] V. Härrli (vinzenz.haerri@hslu.ch), Hochschule Luzern, Horw: Certificate of Advanced Studies: Effizienz und Energie in Technik und Industrie (JB Projekt 101796).
- [23] J. Nipkow (juerg.nipkow@arena-energie.ch), ARENA, Arbeitsgemeinschaft energie-alternativen, Zürich: Promotion und Koordination EU Motor Challenge Programme (SB Programme 100403) www.motorchallenge.ch und www.topmotors.ch.
- [24] R. Brüniger (roland.brueiniger@r-brueiniger-ag.ch) R. Brüniger AG, Ottenbach: IEA-EXCO-Vertretung des Implementing Agreements 4E (JB Projekt 102435).
- [25] C. U. Brunner (cub@cub.ch), A+B International, Zürich: Motor Systems Annex for 4E (JB Projekt 102221).
- [26] G. Schnyder (gilbert.schnyder@sing.ch), Schnyder Ingenieure AG, Hünenberg; Code of Conduct für USV-Anlagen (JB Projekt 101109).

## Referenzen

- [27] Internetseite von EnergieSchweiz und dem BFE [www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch).
- [28] Internetseite der 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).
- [29] Internetseite für IEE-Projekt [www.efficient-server.eu](http://www.efficient-server.eu).
- [30] Internetzugriff der EU bezüglich den CoC-Aktivitäten <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/>.
- [31] Internetseite des Motor Challenge Programms [www.topmotors.ch](http://www.topmotors.ch).
- [32] Internetseite des Forschungsprogramms [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch). Download von Zusammenfassungen, Jahres- und Schlussberichten durchgeführter Forschungsarbeiten.

### Impressum

Juni 2009  
Bundesamt für Energie BFE  
CH-3003 Bern  
Druck: Ackermann Druck AG, Bern-Liebefeld  
Bezug der Publikation: [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

### Programmleiter

Roland Brüniger  
R. Brüniger AG  
Zwillikerstrasse 8  
CH-8913 Ottenbach  
[roland.brueiniger@r-brueniger-ag.ch](mailto:roland.brueiniger@r-brueniger-ag.ch)

### Bereichsleiter

Dr. Michael Moser  
Bundesamt für Energie BFE  
CH-3003 Bern  
[michael.moser@bfe.admin.ch](mailto:michael.moser@bfe.admin.ch)