

Überblicksbericht 2010

Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien und -anwendungen



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN

Titelbild:

Frau Bundesrätin Doris Leuthard lässt sich den A++-Kühlschrank mit knapp 30 % weniger Stromverbrauch erklären.

Die energiesparendsten Kühlschränke sind heute mit einem A++ ausgezeichnet und benötigen nur rund halb so viel Strom wie Kühlschränke der Energieklasse A. In einem ambitionierten und herausfordernden Forschungsprojekt konnte nachgewiesen werden, dass ein A++-Serienmodell mit einer einfachen technischen Modifikation um knapp ein Drittel sparsamer wird. Dazu wurde ein Kompressor mit variabler statt konstanter Drehzahl eingesetzt. Dieser kann mit wesentlich tieferen Drehzahlen betrieben werden, läuft dafür aber während 90 % der Zeit. Tests haben gezeigt, dass die Energieeinsparung umso grösser ist, je länger der Kompressor läuft. Hochgerechnet auf alle Schweizer Kühl- und Gefriergeräte könnten auf diese Weise etwa 400 GWh/Jahr eingespart werden.

BFE Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien und -anwendungen

Überblicksbericht 2010

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern

Programmleiter BFE (Autor):

Roland Brüniger, R. Brüniger AG (roland.brueeniger@r-brueniger-ag.ch)

Bereichsleiter BFE:

Dr. Michael Moser (michael.moser@bfe.admin.ch)

www.bfe.admin/forschungelektrizitaet/

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

Einleitung

In der Vergangenheit ist national und international eine stetige Zunahme des Strombedarfs zu verzeichnen. Zwar sank 2009 in der Schweiz der Bedarf – primär wirtschafts- und witterungsbedingt – um 2,1 %, ein längerfristiger Rückblick in der schweizerischen Elektrizitätsstatistik zeigt jedoch ein klares Wachstum von etwa 52 TWh im Jahr 2000 auf knapp 57,5 TWh im Jahr 2009. Moderne, innovative Technologien sowie effiziente Anwendungen sind die wesentlichen Komponenten, um diesen Trend zu brechen oder zumindest erheblich zu dämpfen.

Im Jahr 2010 wurden in der Schweiz erstmals Verbrauchsvorschriften für Elektrogeräte erlassen. Dieser regulative Schritt geht mit den seit einiger Zeit erlassenen EU-Vorschriften einher und ist der Anfang eines andauernden Prozesses. In der EU basieren diese regulatorischen Aktivitäten auf der Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG, auch ErP-Richtlinie genannt (ErP = Energy related Products), die der Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte dient. Da gemäss bisherigen Erkenntnissen primär der Strombedarf während der Lebensdauer die entscheidende Einflussgrösse darstellt, werden durch die EU sukzessive energetische Mindestanforderungen für die einzelnen Produkte definiert. Einbezogen sind dabei grundsätzlich alle energieverbrauchsrelevanten Produkte mit einem jährlichen EU-Verkaufsvolumen von mindestens 200'000 Stück, die gemäss strategischen Prioritäten der EU (Beschluss Nr. 1600/2002/EG) erhebliche Umweltauswirkungen aufweisen und über ein substantielles Potenzial für eine Verbesserung der Umweltverträglichkeit zu vertretbaren Kosten verfügen.

Obwohl Mindestanforderungen ihre Berechtigung haben und ein wichtiges Element der Effizienzsteigerung darstellen, dürfen und können sie nicht für sich allein bestehen, denn der Regulator kann sich nur am heute tech-

nisch Machbaren orientieren. Zukünftige Entwicklungen neuer, innovativer Effizienzmassnahmen können deshalb kaum einbezogen werden. Innovationen – basierend auf Forschungsanstrengungen – stellen deshalb einen entscheidenden Pfeiler der Energieeffizienz dar. Innovationen können sowohl durch die Entwicklung neuer als auch durch die geschickte Modifikation bestehender Technologien einen Beitrag zur Effizienzsteigerung leisten.

Obwohl viele Erkenntnisse für eine rationelle Elektrizitätsverwendung in unterschiedlichsten Bereichen verfügbar sind, liegen diese oft brach und werden nicht oder nur zögerlich aufgenommen. Deshalb sind intensive Aufklärungsarbeiten erforderlich. Informationen und eine transparente Darlegung von verfügbarem Fachwissen sind somit wichtige Grundlagen, damit Entscheidungsträger, sei dies im privaten Umfeld oder in der Industrie, sich zu Gunsten effizienter Technologien und Anlagen entscheiden können. Im Haushaltsbereich leistet die seit längerem eingeführte Energieetikette einen massgeblichen Beitrag. Das Aktionsprogramm des Bundes «EnergieSchweiz» umfasst weitergehende Aktivitäten (z. B. Topmotors) zur flächendeckenden Verbreitung zusätzlicher Informationen. Diese gehen einher mit einer Vielzahl von internationalen, ähnlich gelagerten Programmen. Topten (www.topten.ch), EnergyStar (www.eu-energystar.org), Top-Runner und andere Programme und Initiativen sollen stellvertretend für derartige Aktivitäten erwähnt sein.

Forschung, Regulierung und Informationsvermittlung sind ineinander greifende Massnahmen, die sich ergänzen und die alle ihre Berechtigung haben, um die effiziente Energieanwendung zu fördern. Mit dem vorliegenden Programm wird einerseits Grundlagenwissen für die Regulierung und die Wissensvermittlung bereitgestellt, andererseits werden unter Einbezug der Industrie neue Technologien entwickelt und erforscht.

IEA-Klassifikation: 1.1 Energy efficiency – Industry;
1.2 Energy efficiency – Residential and commercial;
6.1 Electric power conversion; 6.3 Energy storage;

Schweizer Klassifikation: 1.4 Elektrizitätstechnologien und -anwendungen

Programmschwerpunkte

Mit der *Thermoelektrik* kann Wärme direkt in Elektrizität umgewandelt werden. Da damit insbesondere die bei vielen Prozessen anfallende Abwärme in nutzbare Energie gewandelt werden kann, stellt die Thermoelektrizität einen wesentlichen Schwerpunkt dar. Mit der *magnetokalorischen Konversion* steht einerseits eine neuartige Kühltechnik zur Verfügung, und andererseits kann damit bei einem Temperaturgefälle Strom erzeugt werden. Diverse Untersuchungen sollen das technische Potenzial aufzeigen. Da dank der *Hochtemperatursupraleitung* Motoren, Generatoren, Kabel, etc. effizienter betrieben werden können, werden diese internationalen Aktivitäten beobachtet und in spezifischen Anwendungen geprüft. Die *Druckluftspeicherung* könnte sich zu einer effizienten Speichertechnologie entwickeln, weshalb entsprechende Untersuchungen unterstützt werden.

Motoren stellen die grösste Verbraucherkategorie dar. Gemeinsam mit der einschlägigen Industrie werden deshalb in diversen Anwendungsgebieten Optimierungen erforscht. Aufzüge oder Pumpen für die Wasserversorgung seien hierfür exemplarisch erwähnt. Da *Haushaltsgeräte* einen relevanten Verbrauchsanteil ausmachen, werden in diesem Bereich neuartige Technologien entwickelt und Optimierungsarbeiten

durchgeführt. Die Vakuum-Isolation stellt dabei eine erfolgversprechende Möglichkeit dar.

Durch die unvermindert rasant fortschreitende Technologieentwicklung werden im Bereich der *Informations- und Kommunikationstechnik* Grundlagen und Erkenntnisse bezüglich dem Thema Smart Metering und Smart Home bearbeitet. Schliesslich werden durch Fortführung der internationalen Aktivitäten im Rahmen des IEA Implementing Agreements Energy Efficient End Use Equipment (4E) neues und bestehendes Wissen zur Energieeffizienz aufbereitet und verbreitet.

Rückblick und Bewertung 2010

An der ETH werden in einem neu gestarteten Projekt spezifische Grundlagen für ein neues, kosteneffektives Produktionsverfahren thermoelektrischer Materialien geschaffen. Leider verzögerten sich die Arbeiten des isothermen Druckluftspeichers an der EPFL und erste Ergebnisse sind frühestens im 2011 zu erwarten.

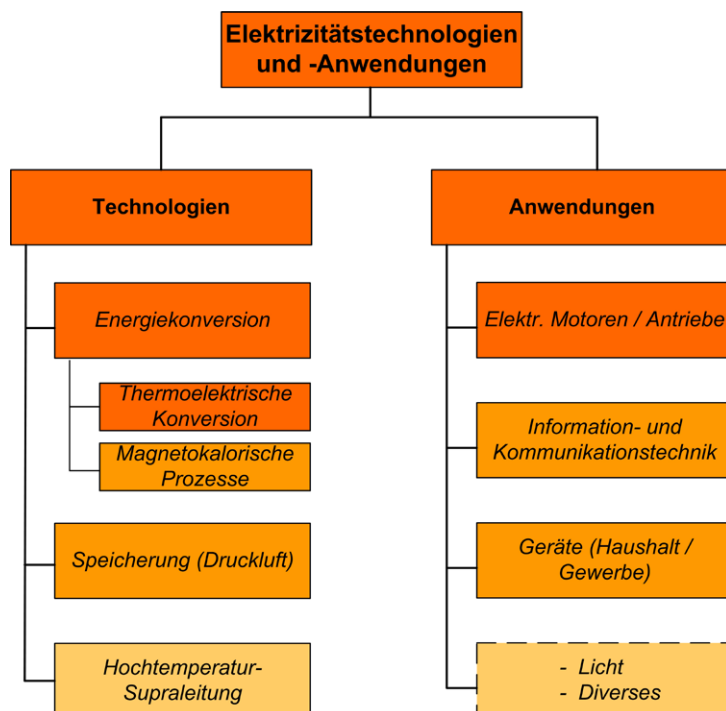
Bei den Anwendungen hat ein Forschungsprojekt aufgezeigt, dass mit der Modifikation des Kühlkreislaufs bei einem A+++-Kühlschrank der Verbrauch um knapp 30 % reduziert werden kann. Zudem ist erfreulich, dass meh-

rere Projekte im Bereich der Vakuum-Isolationstechnik gestartet werden konnten, ist dies doch eine Erfolg versprechende Zukunftstechnologie. Im Bereich der Motoren konnten Grundlagen für eine Effizienzsteigerung bei Aufzügen erarbeitet werden, und die Arbeiten zum Thema Oberwellen aufgrund vermehrt eingesetzter Umrichter wurden gestartet. Der im Rahmen des 4E Motoren-Annex in der Schweiz durchgeführte internationale Motor Summit war gut besucht und erfolgreich. Zudem führten weitere Aktivitäten im Rahmen von 4E im Jahr 2010 zu ersten Ergebnissen im Bereich Standby von Geräten.

Ausblick 2011

Der Abwärmenutzung wird auch zukünftig grosse Bedeutung beigemessen. In Ergänzung zum ETH-Projekt zur thermoelektrischen Nutzung von Abwärme in Kühlkreisläufen wird in einem neu gestarteten Projekt die warme Abluft eines Schwerindustriewerks mittels Thermoelektrik genutzt. Zudem wird erwartet, dass der Prototyp des isothermen Druckluftspeichers fertiggestellt wird und damit die Technologie auf deren Umsetzungspotenzial eingeschätzt werden kann.

Im Anwendungsbereich darf erwartet werden, dass bei der Vakuum-Isolation erste Ergebnisse für die Marktumsetzung zur Verfügung stehen werden. Durch zusätzliche Publikationen wird 2011 die Industrie motiviert, die Erkenntnisse des um 30 % sparsameren A+++-Kühlschranks zu kommerzialisieren. Auch dürften erste Aussagen über die Auswirkungen von Oberwellen bei verstärkter Nutzung von Umrichtern bei elektrischen Antrieben gemacht werden können. Das Ende 2009 unterzeichnete, länderübergreifende Memorandum of Understanding zur Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Erforschung und Entwicklung von IKT-basierten Energiesystemen wird 2011 Pate für spezifische Forschungsaktivitäten sein. Home Automation, Smart Metering und im weitesten Sinn Smart Grids werden anzugehende Themenbereiche sein.



Highlights 2010

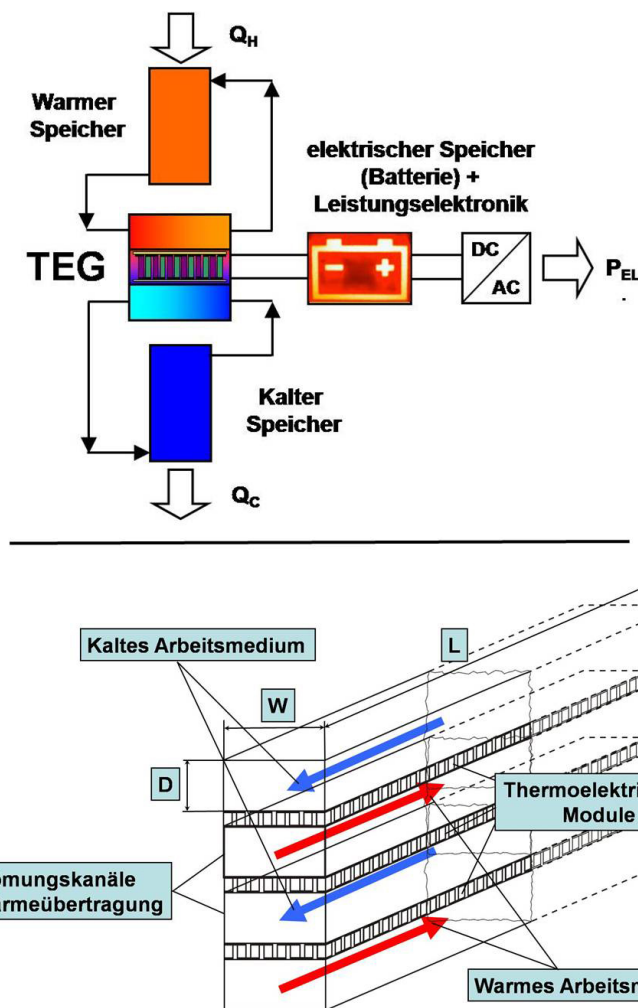
Nachdem in den letzten Jahren im Bereich der Thermoelektrik primär die Materialforschung im Vordergrund stand, konnten nun mehrere Umsetzungsprojekte zur konkreten Nutzung von Abwärme lanciert werden. Diese ersten Erfolge werden nachfolgend als technologieorientierte Highlights ausführlich erläutert.

Die Vakuum-Isolation sowie gezielte technische Optimierungen zeigen bei verschiedenen Haushaltsgeräten grosse Effizienzpotenziale auf.

Abwärmenutzung durch thermoelektrische Anlagen

Bei vielen Prozessen in der Wirtschaft, in der Industrie, bei der Energieumwandlung und bei der Mobilität fallen grosse Mengen an ungenutzter Abwärme an. Diese Energie kann aufgrund der niedrigen Temperatur und der geringen Energiedichte meist nur schwer genutzt bzw. in elektrische Energie umgewandelt werden [1]. Die Erzeugung von elektrischer Energie auf Basis Thermoelektrik hat deshalb breites Interesse bei der akademischen Forschung und bei diversen Entwicklungsabteilungen der Industrie geweckt. In spezifischen Nischen wie z. B. der Automobilindustrie existieren mit der Nutzung der Abwärme der Motorenabgase sogar bereits erste Produkte.

Ziel des Projektes «Realisierung eines thermoelektrischen Generators für die Stromerzeugung aus Niedertemperaturenergie» [2] ist die Entwicklung und der Aufbau eines thermoelektrischen Generators für die Nutzung der Abwärme in Kühlkreisläufen (Niedertemperaturbereich). Das System umfasst alle notwendigen Komponenten zwischen den thermischen Quellen bis zur Einspeisung ins elektrische Netz. Mit diesem Demonstrator soll die grundsätzliche Machbarkeit der thermoelektrischen Energiegewinnung gezeigt und durch experimentelle Untersuchungen Leistungscharakteristika und Effizienzbetrachtungen bei verschiedenen Betriebsweisen beurteilt werden. Zudem soll in konkreten Anwendungsfällen aufgezeigt werden, dass die Abwärmenutzung von Rechenzentren sowie die Nutzung der Wärme aus geothermischen Quellen möglich sind.



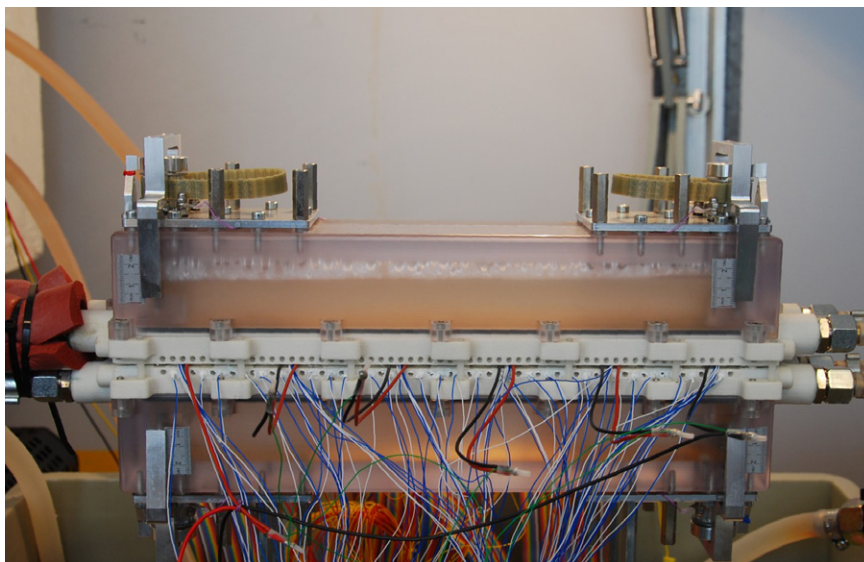
Figur 1: Gesamtsystemkonfiguration (oben) sowie Prinzip der «Stack»-Struktur (unten) des thermoelektrischen Generators (Quelle: ETH Zürich).

Zuerst wurde für die Gesamtsystemkonfiguration das detaillierte Design des thermoelektrischen Generators (TEG) entwickelt (Figur 1). Der TEG im Leistungsbereich von etwa 1 kW bei Temperaturdifferenzen von 100 K wird als sogenannter Stack aufgebaut, was bedeutet, dass mehrere Lagen von thermoelektrischen Modulen zwischen Strömungskanälen eingebettet werden. Die Strömungskanäle werden abwechselnd von einem warmen und einem kalten Fluid im Gegenstrom durchströmt. Die Wärmezufuhr bzw. Wärmeabfuhr erfolgt in geschlossenen Kreisläufen. Dazu stehen je separate Flüssigkeitsspeicher zur Verfügung (warm und kalt), die auf ein jeweiliges Temperaturniveau geregelt werden und damit eine definierte Temperaturdifferenz ermöglichen. Die erzeugte elektrische Energie wird mit Leistungselektronik für die Speicherung in einer

Batterie konditioniert. Für die Versorgung von Wechselstromlasten bzw. die Einspeisung ins elektrische Netz ist zusätzlich ein DC-/AC-Wandler vorgesehen. Für die Überwachung und Steuerung der Betriebsparameter werden verschiedene Sensoren in den Aufbau integriert und über ein Interface an einen Mess- und Steuercomputer angeschlossen (Figur 2).

Die bis anhin durchgeführten Tests und Messungen bestätigten die erwarteten Ergebnisse aus den theoretischen Untersuchungen. Sowohl der thermoelektrische Teil bezüglich Leistungscharakteristik als auch die hydraulische Komponente können als Entwicklungs- und Designgrundlage für thermoelektrische Energiekonversionssysteme verwendet werden.

Mit dem oben beschriebenen Demonstrator erfolgt der Wärmetransport



Figur 2: Prototyp des, thermoelektrischen Generators (Quelle: ETH Zürich).

mittels einer Flüssigkeit (z. B. Wasser). Grosse Teile von Abwärme fallen in der Industrie jedoch in Form von warmer oder heisser Luft an. Um auch in diesem Bereich Untersuchungen anzustellen und erste Erfahrungen zu sammeln, wurden gemeinsam mit der EMPA und dem Schwerindustriekonzern von Roll Vorbereitungen getroffen, um in einem gemeinsamen Projekt einen thermoelektrischen Generator von einigen 100 W zu bauen.

Diese beiden umsetzungsorientierten Projekte ergänzen die Materialforschung der EMPA, welche im Projekt «Effiziente, direkte Umwandlung von Wärme in Strom durch innovative Schichtstrukturen (LTEC)» [3] weitergeführt wird. Die Neuentwicklung verbesserter thermoelektrischer Materialien in Kombination mit einem neuen Designkonzept soll dabei die optimale Nutzung unterschiedlicher Temperaturgradienten ermöglichen und somit Verluste minimieren. Dazu werden neue Synthese- und Strukturierungsmethoden verifiziert, weiterentwickelt und eingesetzt.

Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang schliesslich das Projekt «Mikrostrukturierung von Hochleistungspolymeren für thermoelektrische Generatoren (TEG) mittels Laser» [4] der ETHZ und der Fachhochschule Nordwestschweiz. Die grossflächige Mikrostrukturierung von Polymerfolien ist ein essentieller Schritt auf dem Weg zur wirtschaftlichen Produktion neuartiger thermoelektrischer Generatoren. In diesem Projekt soll die Eignung modernster Picosekunden-Lasertechnolo-

gie für eine derartige Herausforderung überprüft werden. In einem ersten Schritt wurden die Prozessparameter zur Laserstrukturierung verschiedener Polymere ermittelt und die Qualität mittels elektronenmikroskopischer Aufnahmen beurteilt. In weiteren Tests wurden verschiedene Strategien zur Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit eruiert. Durch den Übergang von Flächenabtragung zum Konturschneiden kann die Produktionszeit pro TEG um 40 % reduziert werden. Dieses Ergebnis ermöglicht den Schritt auf eine Fabrikationsgrösse von 10 x 10 cm², was einer Verhundertfachung der Fläche entspricht. Die zuverlässige Herstellung von Polymermatrizen mit ca. 7'000 Löchern konnte erfolgreich nachge-

wiesen werden. Zusätzlich wurde die Technologie auf Nickel-Metallfolien angewendet, die für den nächsten TEG-Produktionsschritt benötigt werden.

Effizienzsteigerung von Haushaltgeräten durch Vakuum-Isolation

Die Schweizer Haushalte beanspruchen mit etwa 30 % (18'000 GWh/Jahr) der gesamten Elektrizitätsnachfrage einen hohen Anteil. Davon entfallen etwa 8'000 GWh/Jahr auf Haushaltsgeräte. Aufgrund dieser Grösse und der gemäss verschiedenen Studien abgeschätzten Einsparpotenziale ist es entscheidend, im Bereich der Haushaltsgeräte brach liegende Effizienzpotenziale zu erschliessen.

Sowohl für Kaffeemaschinen als auch für Kühlschränke wurden deshalb Lösungsansätze für eine hocheffiziente thermische Isolation im Projekt «Hoch effiziente Isolation für Haushaltsgeräte» [5] untersucht. Die Arbeiten konzentrierten sich dabei auf Strukturen mit Vakuum-Spalt ohne Kernmaterialien.

Kaffeemaschinen

Eine Isolation kann auf kostengünstige Art mittels eines Stahlbauteils mit Vakuum-Spalt ausgeführt werden. Das Funktionsmuster eines derart isolierten Geräts zeigt ein wesentlich langsames Abkühlen. Während ein nicht



Figur 3: Funktionsmuster einer Platte mit Vakuum-Isolation mit 0.5 mm dicken Blechen und 50 µm dickem Randband aus Edelstahl (Quelle: Helbling Technik AG).



Figur 4: Funktionsmuster eines mit Vakuum-Spalt isolierten zylindrischen Kühlschranks (Quelle: Helbling Technik AG).



Figur 5: Referenzkühlschrank (links) und modifizierter Kühlschrank (rechts), eingebaut in das gleiche Möbel, um identische äussere Bedingungen zu ermöglichen. Im Gehäuse oben befindet sich die Messelektronik (Quelle: awtec AG für Technologie und Innovation).

isoliertes Vergleichsgerät nach ca. 1,5 Stunden wieder Raumtemperatur erreicht, verbleibt das Funktionsmuster bei 70 °C und nach weiteren 2 Stunden noch bei 65 °C. Eine mathematische Modellierung zeigt, dass das Abkühlverhalten noch deutlich verbessert werden kann (nach 2 Stunden ca. 75 °C). Zusammen mit einer «Null Stand-by»-Strategie resultieren daraus erheblich reduzierte Wartezeiten bis zur Betriebsbereitschaft und im Mittel eine Einsparung von 25 bis 30 % Energie zur Herstellung einer Tasse mit 120 g Kaffee.

Kühlschränke

Es wurden die beiden Ansätze eines traditionell kubischen und eines neuartigen zylindrischen Kühlschranks untersucht.

Ein neuer Ansatz für die bei einem kubischen Kühlschrank benötigten Distanzhalter im Vakuum-Spalt wurde erarbeitet, bei welchem die hohen Druckkräfte in Zugkräfte umgewandelt werden. Dies war notwendig, weil bei einem

Funktionsmuster die auf Druck belasteten Distanzhalter schon bei geringen zusätzlichen Querkräften brachen (Figur 3). Berechnungen mittels analytischen und FEM-Modellen zeigten, dass sich mit geeigneten Zugelementen Kühlschränke aufbauen lassen, bei denen die spezifische Verlustleistung auf 40 bis 50 % derjenigen eines mittleren A++-Kühlschranks gesenkt werden kann und die darüber hinaus bei identischen Aussenabmessungen ein um ca. 40 % grösseres Nutzvolumen aufweisen.

Daneben wurde ein Funktionsmuster eines zylindrischen Kühlschranks im Massstab 1:2 mit Vakuum-Isolation aufgebaut und ausgemessen (Figur 4). Die auf der Basis dieser Messungen erstellten mathematischen Modelle zeigen, dass zylindrische Kühlschränke mit Ø 600 mm machbar sind, bei denen die spezifische Verlustleistung durch die Isolation auf 35 bis 40 % derjenigen eines mittleren A++-Kühlschranks gesenkt werden kann. Zu beachten ist dabei, dass das Nutzvolumen eines vergleichbaren A++-Kühlschranks mit

einer Grundfläche von 60 x 60 cm² mit einem derartigen zylindrischen Kühlschrank mindestens beibehalten werden kann.

Aufgrund der bis anhin erfolgversprechenden Ergebnisse, des grossen Einsparpotenzials sowie der Tatsache, dass bei einem Erfolg derartige hoch effiziente Isolationen in anderen Geräten wie z. B. Warmwasserboiler eingesetzt werden können, werden die Arbeiten der Vakuum-Isolation in mehreren Folgeprojekten fortgesetzt.

Effizienzsteigerung von A++-Kühlschränken durch Optimierung des Kühlkreislaufs

Spätestens seit der Einführung der Energieetikette weiss der Konsument, dass es – auch innerhalb einer Effizienzklasse – effizientere und weniger effiziente Geräte gibt. Im Projekt «Modifizierter A++-Kühlschrank mit 30 % Verbrauchsreduktion» [6] wur-



Figur 6: Drehzahl geregelter Kompressor Embraco VCC3 VEM X5C mit Befüllsystem, eingebaut in einem modifizierten Kühlschrank (Quelle: awtec AG für Technologie und Innovation).

de der Frage nachgegangen, ob die heute auf dem Markt angebotenen A++-Kühlschränke auch wirklich energieeffizient gemäss heutigem Stand der Technik sind oder ob noch weitere Einsparungen mit heute verfügbaren Technologien möglich sind. Diese Frage hat eine zentrale energetische Bedeutung, benötigen doch Kühl- und Gefriergeräte in der Grössenordnung von 2'500 GWh/Jahr, was ca. 14 % der elektrischen Energie in Haushalten oder 4 % des gesamten Elektrizitätsbedarfs entspricht. Schon eine geringe Effizienzsteigerung kann deshalb global gesehen einen signifikanten Einfluss auf die Umwelt haben.

Im Projekt wurde in einer ausgedehnten Analyse und mit einem Funktionsmuster bewiesen, dass durch einfache Modifikationen am Kühlkreislauf eines handelsüblichen Kühlschranks der zurzeit höchsten Energieklasse A++ bis zu 27 % der elektrischen Energie zusätzlich eingespart werden kann. Der modifizierte Kühlschrank wurde dabei im Direktvergleich gegen ein baugleiches Seriengerät getestet (Figur 5). Mit zusätzlichen Massnahmen könnte die Effizienz sogar noch weiter erhöht werden.

Handelsübliche Kühlschränke arbeiten üblicherweise mit einem Kompressor, der bei einer konstanten Drehzahl läuft und über einen Thermostat ein- oder ausgeschaltet wird. Bei Raumtempe-

ratur und stets geschlossenem Kühlschrank läuft der Kompressor während etwa eines Viertels der Zeit. Diese Betriebsart ist aufgrund der vielen Anlaufzyklen und den hohen Temperaturgradienten, die zwischen dem Kühlraum und dem Kältekreislauf entstehen, ineffizient. Der modifizierte Kühlschrank wurde mit einem drehzahlgeregelten Kompressor ausgestattet, der bei wesentlich tieferen Drehzahlen betrieben werden kann und während bis zu 90 % der Zeit durchläuft (Figur 6). Durch Messung verschiedener Temperaturdaten konnte der Kompressor über einen externen Rechner gesteuert werden. Die verwendeten Komponenten (Kompressor, Inverter) sind im Markt erhältlich und seit mehreren Jahren bekannt, werden aber leider durch die Kühlgeräte-Industrie nur selten eingesetzt. Dies kommt daher, dass die Energieklasse A++ bis anhin durch günstigere Methoden (verbesserte Isolation, etc.) erreicht werden kann; die Motivation, ein noch effizienteres Gerät herzustellen, war leider bisher bei den Kühlschrankherstellern nicht vorhanden oder zumindest nicht erkennbar.

Eine Auswechslung aller Schweizer Kühl- und Gefriergeräte der Energieklasse A zu A++ würde eine Einsparung von 1'250 GWh/Jahr bewirken. Zahlreiche A++-Geräte sind heute erhältlich. Wird der Energieverbrauch der Kühl- und Gefriergeräte durch effi-

enzsteigernde Massnahmen nochmals um etwa einen Drittel reduziert, könnten weitere knapp 400 GWh/Jahr eingespart werden, was dem jährlichen Verbrauch von ca. 90'000 Haushalten entspricht.

Für die anstehende Umsetzung im Markt wird eine Kooperation mit einem Kühlschrankhersteller angestrebt. 2011 werden deshalb verschiedene Kontakte geknüpft und in Ergänzung zu den Aktivitäten im Jahr 2010 spezifische Publikationsaktionen lanciert, um die einschlägige Branche zur Umsetzung zu motivieren. Die grösste Herausforderung bei der breiten Umsetzung dürften die Herstellungskosten darstellen, da im Markt ein enormer Preisdruck besteht.

Nationale Zusammenarbeit

Mit periodischen Treffen der etablierten BFE-Trendwatching-Gruppen zu den Themen Informatik/Kommunikation (IKT), elektrische Antriebe sowie Hochtemperatursupraleitung (HTSL) werden nationale Diskussionsplattformen für Fachleute aus Industrie, Hochschule und Forschungsstätten durch die Programmleitung zur Verfügung gestellt.

Beide Eidg. Technischen Hochschulen in Zürich und Lausanne sowie mehrere Fachhochschulen werden immer wieder in Forschungsvorhaben einbezogen. So haben die Fachhochschulen Westschweiz (Sion), Nordwestschweiz (Brugg-Windisch), Chur und Luzern (Horw) in den Bereichen Motoren, Leistungselektronik, Smart Metering und Thermoelektrik diverse Projektarbeiten geleistet.

Das etablierte Kompetenzzentrum Energie- und Informationstechnik der ETHZ fördert die nationale und internationale Zusammenarbeit in diesem Gebiet. Das iHomeLab mit dem Swiss Research Center for Smart Living (CEESAR) der Hochschule Luzern leistet diverse Arbeiten im Bereich Home Automation.

Die Erforschung neuer Materialien im Bereich der Hoch-

temperatursupraleitung ist im dritten 4-Jahreszyklus des Projekts Materials with Novel Electronic Properties (MANEP) des schweizerischen Nationalfonds mit eingeschlossen. Die Aktivitäten haben im Juli 2009 begonnen und enden 2013.

Die Zusammenarbeit mit der Industrie wird intensiv gepflegt und es wird darauf geachtet, Industriepartner in umsetzungsnahe Projekte einzubeziehen. Durch die gemeinsame Finanzierung werden Kontakte zu Förderinstitutionen wie dem Energiesparfonds der Stadt Zürich, dem Stromsparfonds Baselstadt und der KTI gepflegt. Zudem bestehen gute Kontakte zu Elektrizitätswerken und zu Swisselectric Research.

In diversen Projekten wird ein enger Kontakt zu den schweizerischen Energieagenturen EnAW, eae und S.A.F.E [7] gepflegt und es werden, soweit zweckmässig, Branchenverbände wie z. B. swissT.net, Swissemem, Swico oder FEA eingebunden.

Zur Sicherstellung einer Umsetzung des gewonnenen Wissens wird ein enger Kontakt mit dem Programm EnergieSchweiz [8] gepflegt.

Internationale Zusammenarbeit

Durch die Teilnahme am IEA Implementing Agreement Assessing the Impact of High Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector erfolgt ein periodischer, internationaler Informationsaustausch zwischen den 12 teilnehmenden Ländern. Auch die European Society for Applied Superconductivity (ESAS) trägt zum internationalen Wissenstransfer bei. Eine wichtige internationale Zusammenarbeit besteht im Rahmen des Fusionsprogramms ITER am PSI in Villigen, in der man sich mit der Charakterisierung von Leitern für die 12-Tesla-SULTAN-Spulen beschäftigt. Im Rahmen des 7. Europäischen Forschungsrahmenprogramms (FP7) ist ferner ein Projekt im Gange, das unter der Führung des CERN und der Universität Genf als Partner den Bau von Hochfeldmagneten für Teilchenbeschleuniger zum Ziel hat.

Durch die führende Position der EMPA in der Entwicklung thermoelektrischer Materialien ergeben sich diverse Zusammenarbeiten mit internationalen Forschungsorganisationen. So bestehen spezielle Beziehungen zu den deutschen Universitäten Augsburg und Halle-Wittenberg sowie zum Fraunhofer-Institut. Daneben erfolgt ein reger Austausch mit der University of South Florida und dem japanischen National Institute for Materials Science (NIMS).

Die Schweiz ist durch das IEA Implementing Agreement Efficient Electrical End Use Equipment (4E) international stark vernetzt und hat mit der Leitung des Motoren-Annex zudem fachliche Verantwortung übernommen. Wichtigster Anlass in diesem Zusammenhang war der Motor Summit vom 27./28. Oktober 2010 in Zürich mit

160 Teilnehmern aus 20 Ländern. Zudem sind eine Reihe von Fragen in Bezug auf Motorentest- und Effizienzklassenstandards sowie Normen in den massgeblichen internationalen Standardisierungsgruppen der International Electrotechnical Commission (IEC) diskutiert worden.

Im Rahmen der Umsetzung der europäischen ErP-Richtlinien führt die EU seit längerem umfangreiche Untersuchungen und Studien durch. Die Schweiz verfolgt diese Aktivitäten aktiv und es werden verschiedentlich Erkenntnisse und Erfahrungen bei Diskussionen (z. B. Stakeholder-Meetings) eingebracht.

Auch zum EU-Programm Intelligent Energy Europe (IEE) hat die Schweiz Berührungspunkte. So begleitet sie als assoziiertes Teammitglied das Projekt Stand-by Energy Losses in new Appliances measured in Shops (SELINA).

Ende 2009 haben die drei Länder Deutschland, Österreich und Schweiz ein Memorandum of Understanding (MoU) zur Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Erforschung und Entwicklung von IKT-basierten Energiesystemen der Zukunft unterzeichnet (Kooperation D-A-CH Smart Grids). In diesem Rahmen wurde in einem Gemeinschaftsprojekt des BFE (Schweiz) und des BMVIT (Österreich) die Ermittlung des Eigenenergiebedarfs von Smart Meters lanciert.

Persönliche Kontakte zu verschiedenen Energieagenturen (insbesondere Dänemark, Niederlande, Österreich und Frankreich) sowie zu Schlüsselpersonen internationaler Programme wie z. B. dem UK Market Transformation Programme, ermöglichen immer wieder inspirierende

Anregungen. Ferner werden die Kontakte mit der IEA, der Environmental Protection Agency (EPA) und der Europäischen Kommission zum Informationsaustausch genutzt.

Im Rahmen von punktuellen, unterstützenden Arbeiten und Treffen bezüglich den europäischen freiwilligen Vereinbarungen (Codes of Conduct) für USV-Anlagen, Settop-Boxen und Broadband Devices konnten interessante Kontakte zum europäischen Entwicklungszentrum in Ispra und zur einschlägigen, europäischen Industrie aufgebaut und gepflegt werden. Speziell im USV-Bereich bringt sich die Schweiz aufgrund des bestehenden Fach-

wissens aktiv und kompetent ein, was interessante Kontakte zum europäischen Verband European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics (CEMEP) ermöglicht. Ferner werden mit der aktiven Beobachtung der Weiterentwicklung der freiwilligen Vereinbarungen für Settop-Boxen konkrete Anregungen für die diesbezüglichen, regulatorischen Arbeiten in der Schweiz möglich.

Schweizer Beteiligung im IEA Implementing Agreement High Temperature Superconductivity (HTSC)

www.superconductivityiea.org

Annex / Task

Schweizer Delegierter (Institution)

Assessing the Impact of High Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector (HTSL) University of Geneva

Schweizer Beteiligung im IEA Implementing Agreement Efficient Electrical End Use Equipment (4E)

www.iea-4e.org

Annex / Task

Schweizer Delegierter (Institution)

4E / Mapping & Benchmark (M&B)
4E / Electric Motor Systems (EMSA)
4E / Stand-by Power
4E / Solid State Lighting (SSL)

R. Brüniger AG
A+B International
R. Brüniger AG
-

Referenzen

[1] A. Bitschi, K. Fröhlich: Thermoelektrische Systeme in der Stromerzeugung, *Electrosuisse VSE, Bulletin 7* (2010).

[2] A. Bitschi: Realisierung eines thermoelektrischen Generators für die Stromerzeugung aus Niedertemperaturenergie, *Jahresbericht* (2010).

[3] A. Weidenkaff: Effiziente, direkte Umwandlung von Wärme in Strom durch innovative Schichtstrukturen (LTEC), *Jahresbericht* (2010).

[4] W. Glatz, A. Stumpp, B. Lüscher: Mikrostrukturierung von Hochleistungspolymeren für thermoelektrische Generatoren (TEG) mittels Laser, *Jahresbericht* (2010).

[5] H. Tischhauser, G. Staufert: Hocheffiziente Isolation für Haushaltsgeräte, *Schlussbericht* (2010).

[6] M. Sigrist, S. Stahl: Modifizierter A++-Kühlschrank mit 30 % Verbrauchsreduktion, *Schlussbericht* (2010).

[7] Energieagenturen (www.energieagentur.ch, www.energie-agentur.ch, www.eae-geraete.ch).

[8] EnergieSchweiz (www.energie-schweiz.ch).

Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(* IEA-Klassifikation)

● ADVANCED 3-PHASE MULTIPULSE RECTIFIERS AND INVERTERS F+E 1.1*

Lead:	Schaffner EMV AG	Funding:	BFE
Contact:	Häberle Norbert norbert.haerberle@schaffner.com	Period:	2010–2012
Abstract:	Das Projektziel umfasst die Konzipierung, den Bau und den Test optimierter magnetischer Komponenten für Multipuls-Strom-Splitter-/Merger-Frontends. Die neuen Konzepte streben die Substitution von passiven harmonischen Filtern und Multipuls-Transformatoren an.		

● ANALYSE UND VORGEHEN ZUR ENERGETISCHEN OPTIMIERUNG VON PUMPEN BEI WASSER-VERSORGUNGEN F+E 1.1

Lead:	Ryser Ingenieure	Funding:	BFE
Contact:	Roth Yann yann.roth@rysering.ch	Period:	2008–2011
Abstract:	Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines zweistufigen Pumpenchecks. In einem ersten Schritt kann ein Betreiber eine erste Grob-analyse vornehmen und das Optimierungspotential seiner Pumpen abklären. In einem zweiten Schritt wird eine detaillierte Analyse der Wasserversorgung durchgeführt, in der die Wirtschaftlichkeit eines Pumpenersatzes aufgezeigt wird.		

● COST-EFFECTIVE AND RELIABLE THERMOELECTRIC CONVERTERS FOR INDUSTRIAL WASTE HEAT RECOVERY P+D 6.1

Lead:	EMPA	Funding:	BFE
Contact:	Weidenkaff Anke Anke.Weidenkaff@empa.ch	Period:	2010–2013
Abstract:	Thermoelectric converters (TEC) for power generation will be developed which aim at reducing electricity consumption via the conversion of a part of the low-grade waste heat generated by engines, industrial furnaces, gas pipes, etc. to electricity. The goal of the project is to demonstrate the feasibility of the efficient recovery of waste heat from industrial production processes.		

● EFFIZIENTE, DIREKTE UMWANDLUNG VON WÄRME IN STROM DURCH INNOVATIVE SCHICHT-STRUKTUREN (LTEC) F+E 6.1

Lead:	EMPA	Funding:	BFE
Contact:	Weidenkaff Anke Anke.Weidenkaff@empa.ch	Period:	2008–2012
Abstract:	Ziel des Projekts ist eine effiziente Abwärmenutzung mittels geschichteter thermoelektrischer (TE) Konversionssysteme. Die Neuentwicklung verbesserter TE-Materialien soll die optimale Nutzung unterschiedlicher Temperaturgradienten ermöglichen. Dazu werden neue Synthese- und Strukturierungsmethoden weiterentwickelt und eingesetzt.		

● EFFIZIENTER BETRIEB VON ASYNCHRONMASCHINEN F+E 1.1

Lead:	FHNW	Funding:	BFE
Contact:	Jenni Felix felix.jenni@fhnw.ch	Period:	2009–2010
Abstract:	Der grösste Anteil der Verluste kann Käfigläufer-Asynchronmotoren (ASM) im mittleren Leistungsbereich zugeordnet werden. Das Verhalten der Maschinen mit einem Frequenzumrichter in verschiedenen Betriebsfällen wird mittels Simulationen untersucht und beschrieben.		

● EFFIZIENZSTEIGERUNG IM HAUSHALT DURCH DIGITALSTROM F+E 1.2

Lead:	Encontrol GmbH	Funding:	BFE
Contact:	Huser Alois alois.huser@encontrol.ch	Period:	2008–2012
Abstract:	Mit dem vorliegenden Projekt sollte untersucht werden, ob die DigitalSTROM-Initiative einen wesentlichen Einfluss auf den Strom-bezug der schweizerischen Haushalte haben könnte. Weil die Komponenten nicht geliefert werden konnten, hat das Bundesamt für Energie entschieden, das Projekt abzubereiten.		

● ERSTELLEN EINES THERMOELEKTRISCHEN DEMONSTRATORS F+E 6.1

Lead:	EMPA	Funding:	BFE
Contact:	Weidenkaff Anke Anke.Weidenkaff@empa.ch	Period:	2007–2010
Abstract:	Thermoelektrische Generatoren (TEG) dienen zur direkten Umwandlung von Sonnenwärme in Elektrizität. Mit Hilfe eines Sonnenlichtsimulators wurde untersucht, welche Parameter die Leistungsabgabe und den Wirkungsgrad der TEG beeinflussen.		

● FERNSTEUERUNGEN FÜR RAUMHEIZUNGEN

F+E 1.2

Lead:	Bush Energie GmbH	Funding:	BFE
Contact:	Bush Eric eric.bush@bush-energie.ch	Period:	2009–2010
Abstract:	Eine ferngesteuerte Heizung ermöglicht es, in zeitweise bewohnten Wohnungen die Raumtemperatur bei Abwesenheit maximal abzusenken (Frostschutzbetrieb). In dieser Arbeit werden Fernsteuergeräte vorgestellt, die aktuell auf dem Markt erhältlich sind. Ihre Vor- und Nachteile, ihre technischen Eigenschaften sowie ihre Einsatzmöglichkeiten werden diskutiert.		

● FUNKTIONSMUSTER EINES DRUCKLUFTSPEICHERS

F+E 6.3

Lead:	Enairys Powertech Ltd	Funding:	BFE
Contact:	Lemofouet Sylvain sylvain.lemofouet@enairys.com	Period:	2009–2010
Abstract:	Le but du présent projet est de réaliser une installation expérimentale permettant de prouver la faisabilité du piston liquide à eau pour une pression de l'ordre de 250bar et de démontrer l'efficacité d'un système de compression/détente qui minimise le contact direct entre l'air et l'eau.		

● HOCHEFFIZIENTE ISOLATION FÜR HAUSHALTSGERÄTE

F+E 1.2

Lead:	Helbling Technik AG	Funding:	BFE
Contact:	Tischhauser Hans hans.tischhauser@helbling.ch	Period:	2009–2010
Abstract:	An den beiden Beispielen „Kaffeemaschine“ und „Kühlschrank“ wurden Ansätze für eine hocheffiziente thermische Isolation von Haushaltsgeräten untersucht. Die Machbarkeitsstudie hat sich auf Strukturen mit Vakuum-Spalt ohne Kernmaterialien konzentriert.		

● HOCHEFFIZIENTE ISOLATION FÜR HAUSHALTSGERÄTE–ZYLINDRISCHER KÜHLSCHRANK

F+E 1.2

Lead:	Helbling Technik AG	Funding:	BFE
Contact:	Tischhauser Hans hans.tischhauser@helbling.ch	Period:	2010–2012
Abstract:	Im vorliegenden Projekt geht es darum, den Prototypen eines Vakuum-isolierten, zylindrischen Kühlschranks in Originalgrösse, d. h. beispielsweise mit Ø 600 mm und Höhe 1400 mm aufzubauen und zu testen.		

● HOCHEFFIZIENTE ISOLATION IN HAUSHALTSGERÄTEN–KAFFEE MASCHINEN

F+E 1.2

Lead:	Helbling Technik AG	Funding:	BFE
Contact:	Tischhauser Hans hans.tischhauser@helbling.ch	Period:	2010–2011
Abstract:	Das Projekt "Hocheffiziente Isolation für Haushaltsgeräte–Kaffeemaschine" hat zur Zielsetzung die Erstellung und Untersuchung von Prototypen einer Heisswasser-Aufbereitung mit hocheffizienter Isolation für Kaffeemaschinen, wobei Alternativen zur Heisswasser-Aufbereitung und zur Isolation mit Vakuum-Spalt geprüft werden.		

● HOCHEFFIZIENTE ISOLATION FÜR HAUSHALTSGERÄTE–TECHNOLOGIEABKLÄRUNGEN FÜR VAKUUMPANEL

F+E 1.2

Lead:	Helbling Technik AG	Funding:	BFE
Contact:	Tischhauser Hans hans.tischhauser@helbling.ch	Period:	2010–2011
Abstract:	Im vorliegenden Projekt wird untersucht, inwiefern bei kubischen Kühlschränken die Vakuum-Isolation mit Vakuum-Panels realisiert werden kann und zwar derart, dass die Resultate ganz allgemein auf Vakuum-Panels anwendbar sind und auch durch Drittenwendungen genutzt werden können.		

● IEA 4E IMPLEMENTING AGREEMENT STANDBY ANNEX

Int. 1.2

Lead:	Australian Government	Funding:	BFE
Contact:	Holt Shane shane.holt@iea.org	Period:	2009–2011
Abstract:	Im Rahmen des IEA Implementing Agreements 4E (Efficient Electrical End Use Equipment) laufen mehrere Annexes, die den sparsamen und effizienten Umgang der Elektrizität anstreben. Standby ist dabei ein wichtiges Thema und die Schweiz nimmt in diesem Agreement eine aktive Rolle ein.		

● **IEA 4E IMPLEMENTING AGREEMENT: MOTOR ANNEX**

Int. 1.1

Lead:	A+B International	Funding:	BFE
Contact:	Brunner Conrad U. cub@cub.ch	Period:	2008–2011
Abstract:	Der Electric Motor Systems Annex (EMSA) versucht, das international bekannte Wissen über energieeffiziente elektrische Antriebssysteme zu sammeln, zu koordinieren und in geeigneter globaler Form zu verbreiten. Ebenfalls werden verschiedene Untersuchungen im Motorenbereich durchgeführt.		

● **IEA 4E EXCO-VERTRETER IMPLEMENTING AGREEMENT 4E**

Int. 1.2

Lead:	R. Brüniger AG	Funding:	BFE
Contact:	Brüniger Roland roland.brueiniger@r-brueniger-ag.ch	Period:	2008–2013
Abstract:	Im Rahmen des IEA Implementing Agreements 4E (Efficient Electrical End Use Equipment) laufen mehrere Annexes, die den sparsamen und effizienten Umgang der Elektrizität anstreben. Die Themen Motoren, Standby, Mapping & Benchmarking und LED stehen dabei im Vordergrund.		

● **IEA-HTSL-IMPLEMENTING AGREEMENT EXCO**

Int. 7.2

Lead:	R. Flükiger	Funding:	BFE
Contact:	Flükiger René Rene.Flukiger@unige.ch	Period:	2006–2013
Abstract:	Das Implementing Agreement "Assessing the impact of High Temperature Superconductivity Electric power sector" verfolgt das Ziel, eine möglichst umfassende Information über die wichtigsten nationalen und internationalen Aktivitäten auf dem Gebiet der Hoch-Tc-Supraleitung zu geben, mit Hauptinteresse auf den Entwicklungen im Energiesektor.		

● **KOMPETENZZENTRUM ENERGIE UND INFORMATIONSTECHNIK**

F+E 1.2

Lead:	CEPE	Funding:	BFE
Contact:	Aebischer Bernard baebischer@ethz.ch	Period:	2008–2011
Abstract:	Das Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik leistet einen Beitrag zu einem rationelleren Energieeinsatz bei Informationstechnik/Unterhaltungselektronik. Dazu werden in erster Linie die relevanten Informationen im In- und Ausland gesammelt, aufbereitet und verbreitet. Daneben werden umsetzungsorientierte Forschungsthemen analysiert.		

● **LOREMA LOAD RECOGNISED METER AND ACTOR**

F+E 1.2

Lead:	lhomeLab	Funding:	BFE
Contact:	Klapproth Alexander alexander.klapproth@hslu.ch	Period:	2010–2012
Abstract:	Mit dem Projekt soll die Hard- und Firmware für eine funkferngesteuerte, intelligente Steckdose mit einzigartigen Merkmalen entwickelt werden. Eine präzise Energiemessung mit schneller Abtastung und mit intelligenten Lastaufschlüsselungsalgorithmen soll ergänzend die Erkennung der Last mittels Signatur ermöglichen.		

● **MACHBARKEIT / PROTOTYP EINZELRAUM-WÄRMEPUMPE**

F+E 1.2

Lead:	awtech AG	Funding:	BFE
Contact:	Kaiser Andreas andreas.kaiser@awtec.ch	Period:	2010–2011
Abstract:	In der Schweiz verbrauchen die installierten Elektrospeicheröfen ca. 1'000 GWh Strom pro Jahr. Bei einer angestrebten Jahresarbeitszahl (JAZ) einer Einzelraumwärmepumpe von 3.0 ergibt sich somit ein Energiesparpotential von 2/3 des aktuellen Verbrauchs. Mit einem Industriepartner wird deshalb ein Prototyp einer Einzelraumwärmepumpe entwickelt.		

● **MEGA-MEHR ENERGIEEFFIZIENZ DURCH GEZIELTE ANWENDERINFORMATIONEN**

F+E 1.2

Lead:	Hochschule Luzern, CEESAR	Funding:	BFE
Contact:	Rold Kistler rolf.kistler@hslu.ch	Period:	2008–2010
Abstract:	Personen sind eher motiviert Energie zu sparen, wenn ihnen Informationen über ihren persönlichen Energieverbrauch zur Verfügung gestellt werden. Mit diesem Projekt wurde der Aufbau von technisch und wirtschaftlich realisierbaren Möglichkeiten aufgezeigt, die das Bewusstsein für Energie und diesbezügliche Sparmöglichkeiten fördern.		

- **MIKROSTRUKTURIERUNG VON HOCHLEISTUNGSPOLYMEREN FÜR THERMOELEKTRISCHE GENERATOREN MITTELS LASER**

F+E 6.1

Lead: Fachhochschule Nordwestschweiz /GreenTEG GmbH	Funding: BFE
Contact: Armin Stumpp armin.stumpp@fhnw.ch	Period: 2010–2011

Abstract: Die grossflächige Mikrostrukturierung von Polymerfolien ist ein essentieller Schritt zur wirtschaftlichen Produktion neuartiger, thermoelektrischer Generatoren (TEGs). In diesem Projekt wird die Eignung der Picosekunden-Lasertechnologie zur Strukturierung der Folien untersucht.

- **MODIFIZIERTER A++-KÜHLSCHRANK MIT HALBEM ENERGIEVERBRAUCH**

F+E 1.2

Lead: awtech AG	Funding: BFE
Contact: Stahl Stefan stefan.stahl@awtec.ch	Period: 2009–2010

Abstract: Kühlschränke verbrauchen in Europa je nach Quelle 14–20 % der elektrischen Energie in Haushalten. Die ca. 6 Millionen Kühlgeräte in der Schweiz verbrauchen etwa 2500 GWh/a. In diesem Projekt wird gezeigt, dass durch einfache Modifikationen an einem handelsüblichen Kühlschrank der zurzeit besten Energieklasse A++ bis zu 27 % der elektrischen Energie eingespart werden kann.

- **NOVEL HARMONICS 3-PHASE RECTIFIER FOR EFFICIENT MOTOR SYSTEMS**

F+E 1.1

Lead: Schaffner EMV AG	Funding: BFE
Contact: Häberle Norbert norbert.haeberle@schaffner.com	Period: 2009–2010

Abstract: Zur effizienten Nutzung elektrischer Energie müssen Netzbereichsschwingungen minimiert werden. Im Projekt wurde eine Machbarkeitsstudie durchgeführt, welche nachweist, dass neue passive Multipuls-Strom-Splitter kostengünstige, kompakte und hoch zuverlässige Oberwellen-Kompensatoren für dreiphasige Lasten sind.

- **PROTOTYP EINES VAKUUM-WÄSCHETROCKNERS**

F+E 1.2

Lead: innostarter AG	Funding: BFE
Contact: Ganz Jochen jochen.ganz@awtec.ch	Period: 2010–2013

Abstract: Wäschetrockner alleine verursachen in der Schweiz etwa 550 GWh pro Jahr. Das Projekt "Vakuum-Wäschetrockner" hat zum Ziel, einen Wäschetrockner zu entwickeln, der nur die Hälfte der Energie eines Trockners der Energieeffizienzklasse A braucht und somit mindestens so gut wie ein heutiger Wärmepumpen-Wäschetrockner ist.

- **SMART METERING CONSUMPTION**

F+E, Int 1.4

Lead: Ecodesign Company, Wien	Funding: BFE
Contact: Wimmer Wolfgang wimmer@ecodesign-company.com	Period: 2010–2012

Abstract: Das Projekt Smart Metering consumption beschäftigt sich mit dem Eigenenergieverbrauch von Smart Metering Hardware. In Zusammenarbeit mit den Akteuren der Branche werden die nach Stand der Technik verfügbaren Lösungen auf eine Vergleichsbasis gebracht und messtechnisch untersucht.

- **SMART METERING POUR ÉCO-CITÉ**

F+E 1.4

Lead: HES-SO Valais	Funding: BFE
Contact: Gabioud Dominique dominique.gabioud@hevs.ch	Period: 2009–2011

Abstract: Le projet Smart metering pour éco-cités a pour but de fournir aux gestionnaires de réseau de distribution un accompagnement scientifique pour le déploiement du smart metering. Le projet traite les éléments contribution au développement durable, modèles de financement, tarification dynamique, modélisation du système d'information, gestion de la charge, technologie et normalisation.

- **STANDBY-OPTIMIERUNG BESTEHENDER AUFZUGSANLAGEN**

F+E 1.2

Lead: Inventio AG / Schindler AG	Funding: BFE
Contact: Lindegger Urs urs.lindegger@ch.schindler.com	Period: 2009–2010

Abstract: Dieses Projekt hat als Ziel die Standby-Optimierung bestehender Aufzugsanlagen. Mittels einem speziell in diesem Projekt entwickelten Standby-Reduktions-Gerät werden Aufzüge automatisch vom Netz getrennt und bei Bedarf wieder eingeschaltet.

● **THERMOELEKTRISCHER GENERATOR FÜR STROMERZEUGUNG AUS NIEDERTEMPERATURWÄRME**

P+D 6.1

Lead:	ETH Zürich	Funding:	BFE
Contact:	Bitschi Andreas abitschi@eeh.ee.ethz.ch	Period:	2009–2011
Abstract:	Im vorliegenden Projekt wird ein thermoelektrisches Energieerzeugungssystem entwickelt und realisiert, mit welchem die grundsätzliche Realisierung der Stromerzeugung aus Niedertemperaturenergie aufgezeigt wird und somit auch als Demonstrationsobjekt eingesetzt werden kann.		

● **ÜBERBLICK DEUTSCHSPRACHIGER FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN IM BEREICH HOME AUTOMATION**

F+E 1.2

Lead:	Bus House	Funding:	BFE
Contact:	Staub Richard richard.staub@bus-house.ch	Period:	2009–2010
Abstract:	In diesem Projekt wurde untersucht, welche Forschungsstellen in Deutschland und Österreich im Zeitraum von 2004–2009 Projekte zum Thema Home Automation / Smart Home durchgeführt haben. Daraus wurden die besonders relevanten identifiziert sowie eine Kategorisierung von Untersuchungsgebieten festgelegt.		

● **VERLUSTE VON FREQUENZUMFORMERN IM MOTORENBEREICH**

F+E 1.1

Lead:	Schnyder Ingenieure AG	Funding:	BFE
Contact:	Schnyder Gilbert gilbert.schnyder@sing.ch	Period:	2009–2010
Abstract:	Zur Erhöhung der Effizienz von Antriebssystemen mit elektrischen Motoren werden Frequenzumrichter eingesetzt. Die heute eingesetzten Frequenzumrichter (FU) sind Quellen von Oberschwingungen. Diese bewirken im speisenden elektrischen Verteilnetz Verluste. Diese gilt es zu quantifizieren.		

● **ZENTRALE MAGNETISCHE KÜHL- UND KÄLTEMASCHINE (CHILLER) UND IHRE BEWERTUNG**

F+E 6.1

Lead:	HEIG-VD	Funding:	BFE
Contact:	Egolf Peter peter.egolf@heig-vd.ch	Period:	2008–2010
Abstract:	Diese Arbeit stellt eine thermodynamische und ökonomische Analyse von Anwendungen von rotativen magnetischen Kältemaschinen (Chillern) dar.		

