

Januar 2004

Konzept des Forschungsprogramms „Elektrizität“ 2004 - 2007

ausgearbeitet durch

Roland Brüniger

**R. Brüniger AG
Engineering & Consulting
Zwillikerstrasse 8
8913 Ottenbach**

Verdankungen

Es sei an dieser Stelle allen Personen bestens gedankt, die einen Beitrag zum vorliegenden Konzept geleistet haben und damit zur Entstehung beigetragen haben. Speziell sei allen Mitgliedern der verschiedenen Begleitgruppen (ca. 60 Personen), dem CORE-Paten „Elektrizität“, Herrn Christian Kunze und Herrn Felix Frey vom BFE (Leiter Technologiebereich Elektrizität / Marktbereich Elektrogeräte) für deren Unterstützung gedankt.

Dokumenten-Status

Das vorliegende Konzept wurde im Herbst 2003 vom Bundesamt für Energie und den verschiedenen Begleitgruppen eingesehen und anlässlich entsprechender Sitzungen ausführlich diskutiert. Die entsprechenden Anregungen sind eingeflossen und in der vorliegenden, bereinigten Version berücksichtigt. Das Konzept wurde durch die CORE an der Sitzung vom 9. Januar 2004 gutgeheissen

Das vorliegende Konzept des BFE-Programms „Elektrizität“ 2004 – 2007 gilt damit vom Bundesamt für Energie und den Begleitgruppen als genehmigt.

Verantwortung

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist primär der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Weitere Informationen

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung

www.electricity-research.ch

Präambel

Das vorliegende Konzept stellt die strategische Stossrichtung des Programms „Elektrizität“ für die Jahre 2004 – 2007 dar. Es ist eine Detaillierung der im „Konzept der Energieforschung des Bundes 2004 – 2007“ aufgestellten Grundzüge.

Das Konzept stellt aber gleichermassen eine thematisch gegliederte Zusammenstellung von Forschungs- und Pilot-/Demonstrations-Aktivitäten dar, die seitens des Bundes als verfolgungswürdig erachtet und die bei entsprechendem Kompetenznachweis durch den Gesuchsteller (vorbehältlich der finanziellen Möglichkeiten des Bundes) unterstützt werden.

In dem Sinne ist das vorliegende Konzept auch eine Einladung zur Offertstellung für Interessierte. Interessierte und qualifizierte Institutionen, Unternehmungen und Personen sind deshalb eingeladen, auf der Basis der vorliegenden Ausführungen Gesuche und Projektideen beim Bundesamt für Energie, resp. bei der Programmleitung „Elektrizität“ einzureichen.

Für Rückfragen steht der Programmleiter Elektrizität, Herr Roland Brüniger, gerne zur Verfügung:

R. Brüniger AG
Engineering & Consulting
Zwillikerstrasse 8
8913 Ottenbach
Tel. +41 44 760 00 66 / Fax: +41 44 760 00 68
E-Mail: roland.brueeniger@r-brueniger-ag.ch

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung (Deutsch/Französisch/Englisch/Italienisch)

1. Einleitung	1
2. Strategische Zielsetzung	1
2.1. Uebergeordnete Zielsetzungen	1
2.2. Bereichsorientierte Zielsetzungen	1
2.3. Quantifizierbare Kenngrössen/Zielsetzungen	3
3. Stand der schweizerischen Elektrizitätsforschung	4
3.1. Involvierte Organisationen	4
3.2. Bisher erreichte Ergebnisse	5
3.3. Stärken und Schwächen	8
4. Generelle Schwerpunkte und Abgrenzungen	9
4.1. Elektrizitätsspeicherung und –transport	9
4.2. Elektrizitätsnutzung	10
4.3. Querschnittstechnologien	10
5. Elektrizitätstransport und -speicherung	10
5.1. Transport und Energiefluss	10
5.2. Speicherung	11
5.3. Technologien (inkl. Hochtemperatursupraleitung)	12
6. Elektrizitätsnutzung	14
6.1. Informatik / Kommunikation	14
6.2. Elektrische Motoren / Antriebe	17
6.3. Geräte (Haushalt und Gewerbe)	20
6.4. Diverses	21
7. Querschnittstechnologien	21
8. Mittelzuteilung / Budget	22
9. Trendwatching-Gruppen	23
10. Anhang	23
Interessante Links	Anhang Seite 1
Quellenverzeichnis	Anhang Seite 2
Verzeichnis der ETH-Institute und FH mit Forschung im Elektrizitätsbereich	Anhang Seite 2
Verzeichnis Trendwatching-Gruppen-Mitglieder (Stand 2003)	Anhang Seite 3

Zusammenfassung

In allen Bereichen des täglichen Lebens spielt die Elektrizität eine unverzichtbare Rolle. Mit einem Anteil von etwa 20 Prozent am gesamten Endenergiebedarf und mit einem finanziellen Wert von etwa CHF 8 Mia. ist sie von zentraler, wirtschaftlicher Bedeutung. Die Schwerpunkte des Programms Elektrizität sind verteilt auf die Bereiche Elektrizitätsnutzung, Elektrizitätstransport und Elektrizitätsspeicherung sowie den übergreifenden Bereich Querschnittstechnologien. Damit soll der schonende Umgang dieses wertvollen Energieträgers gefördert werden

Aufgrund der in den letzten Jahren eher schwachen Wirtschaftslage muss zur Kenntnis genommen werden, dass die Industrie generell zurückhaltend ist, in Forschungsprojekten mit einem mittelfristigen Zeithorizont mitzuwirken. Es wird vermehrt die kurzfristige Umsetzung gesucht. Damit wird das Finden von Industriepartnern für mittelfristige Forschungsvorhaben erschwert.

Zwar sind die grossen Unsicherheiten vor der Abstimmung des Energiemarktgesetzes im Herbst 2002 mit dem negativen Verdikt der Bevölkerung eliminiert. Unter dem Druck der EU ist aber die Schweiz dennoch gefordert, soweit möglich eine liberalere EVU-Struktur zu schaffen. Dazu laufen in den nächsten Jahren intensive Aktivitäten im Rahmen der neuen Elektrizitätswirtschaftsordnung (ELWO). Ferner ist zu hoffen, dass die Elektrizitätswirtschaft im Rahmen der Umstrukturierung des Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft (PSEL) eine tragfähige Plattform für neue Forschungsvorhaben schafft.

Nimmt man das BFE-Budget 2003 zum Massstab, stehen dem Programm „Elektrizität“ seitens des BFE für die Forschung CHF 0.95 Mio./Jahr und für Pilot- und Demonstrationsprojekte (P+D) CHF 0.2 Mio./Jahr (exkl. P+D für bundeseigene Projekte) zur Verfügung. Inwiefern die P+D-Gelder dem Sparprogramm des Bundes zum Opfer fallen, ist noch nicht abschliessend definiert. Diese Beträge sind jedoch mit Geldern anderer öffentlichen Stellen und mit Mitteln der Privatwirtschaft auszuweiten. Die vorgesehene Mittelzuteilung ist nachfolgender Schwerpunktsbeschreibung zu entnehmen.

Der Bereich **rationelle Elektrizitätsnutzung** weist unverändert ein beachtliches Einsparpotential auf, und einhergehend mit dem CORE-Konzept liegt hier sowohl finanziell als auch themenmässig der Hauptschwerpunkt. Aufgrund von Potentialabschätzungen und unter Abstimmung mit anderweitigen Forschungsanstrengungen haben sich die drei Themen, **elektrische Antriebe/Motoren**, **Informations-/ Kommunikationstechnologie** und **elektrische Geräte**, herauskristallisiert.

In mehreren Studien wurde darauf hingewiesen, dass im Teilbereich **elektrische Antriebe/Motoren** energieorientierte Aktivitäten nicht nur die Motorenoptimierung zum Ziel haben dürfen, sondern die Betrachtungsweise das

gesamte Antriebssystem umfassen muss. Studien schätzen, dass damit etwa 20% des Stromverbrauchs von elektrischen Antrieben eingespart werden kann. Die Stossrichtung liegt deshalb bei der *Optimierung von Antriebssystemen (Druckluftsysteme, Pumpen, Lift etc.)* und Unterstützungsaktivitäten in sogenannten *Querschnittstechnologien (Promotion des Frequenzumrichters/Integraldrive, Auslege- und Dimensionierungs-Tools, etc.)*. Ferner werden Anstrengungen mit der einschlägigen Branche unternommen, gemeinsam Motoren mit schlechten Wirkungsgraden vom Markt zu eliminieren. Forschungsmässig ist etwa 40% vom Budget reserviert, im P+D-Bereich sind dafür etwa 50% vorgesehen.

Im Teilbereich **Informations-/Kommunikationstechnologie inkl. Automaten** ist die Verminderung oder Vermeidung von Standby-Verlusten, sowie die Reduktion des Stromverbrauchs im On-Mode durch technologische, regulatorische oder andere Massnahmen voranzutreiben. Dazu werden in enger Koordination und Absprache mit internationalen Gremien verschiedene, sich ergänzende Wege eingeschlagen. Einerseits erfolgt ein institutionalisiertes, andauerndes Sammeln, Aufbereiten und Weiterverbreiten von einschlägigen Informationen zu dieser schnelllebigen Thematik. Andererseits erfolgen notwendige Grundlagenarbeiten für ein zweckmässiges Labelling. Schliesslich sind neuartige Lösungen, sowie Vorgehensweisen zur effizienten Energieeinsparung zu erproben. Neben anderem werden die Bereiche des Server-Abschaltens bei Nichtgebrauch gefördert, und das Thema der nun langsam Verbreitung findenden Settop-Boxen wird (unter Einbezug der internationalen Aktivitäten) angegangen. Budgetmässig sind für die Forschung etwa 20%, für den P+D-Bereich etwa 25% reserviert.

Im Teilbereich **Geräte** werden insbesondere bei Haushaltgeräten diverse Arbeiten unterstützt. Verbrauchsarme Geräte, sowohl im On-Mode als auch im Standby-Modus, werden gefördert, wobei das Thema der Vernetzung zunehmende Bedeutung erlangt. Budgetmässig sind sowohl für die Forschung als auch für den P+D-Bereich je etwa 15% vorgesehen.

Dezentrale Energieerzeugungsanlagen (Photovoltaik, Biomasse, Brennstoffzellen etc.) nehmen an Bedeutung zu. Daraus ergeben sich neuartige Herausforderungen, da der Lastfluss nicht mehr einseitig gerichtet ist, d.h. vom überregionalen in das regionale Verteilnetz zum Endkunden. Die Erfassung der Problematik des Zusammenspiels einer grösseren Anzahl dezentraler Erzeuger mit dem Netz, die Inselbildung, die Bereitstellung der Systemdienstleistung, die Netzstabilität, die Schutzeinrichtungen, die Betriebsführung sowie das Untersuchen von und das Zusammenspiel mit geeigneten Speichersystemen sind Forschungsthemen, die es im Bereich **Energiespeicher und -transport** zu untersuchen gilt.

Die **Hochtemperatursupraleitung (HTSL)** stellt dabei eine spezifische Technologie dar, die in Zukunft eine e-

nergierrelevante Rolle spielen könnte. Obwohl in der Vergangenheit durch den Bund gemeinsam mit der Industriemacht betragsreiche Beiträge zur Unterstützung kostenintensiver Komponenten-Forschungsprojekte (Transformator, Energiekabel) gesprochen wurden, und die Schweiz unter Einbezug der Forschung im Materialbereich dadurch weltweit eine Spitzenstellung eingenommen hat, reduzierten sich diese Aktivitäten in den letzten Jahren substantiell. Neben einer gewissen Ernüchterung über die tatsächlich zu erreichenden technischen Möglichkeiten, ist auch die aktuelle Wirtschaftslage nicht förderlich. Aufgrund der zunehmend beschränkten finanziellen Mittel konzentrieren sich die zukünftigen Aktivitäten im Programm deshalb auf eine umfassende *Informationsvermittlung im HTSL-Bereich*. Verfügbare Kommunikations- und Informationskanäle wie das bestehende IEA-Assessing-Programm, das schweizerische HTSL-Statusseminar u.a., werden deshalb weiter unterstützt, resp. durchgeführt. Damit ferner die Einsatzfähigkeit der HTSL-Technologie in der Energietechnik gefördert wird, werden ergänzend *HTSL-relevante Systemstudien und Systembetrachtungen* unter Einbezug der Industrie und Elektrizitätswirtschaft mitunterstützt.

Budgetmässig werden für den Bereich *Energiespeicher und -transport* (inkl. HTSL) im Forschungsbereich etwa 20% reserviert, im P+D-Bereich sind etwa 5% vorgesehen.

Im Bereich der **Querschnittstechnologien** werden technische Konzepte untersucht und geprüft, die eine energieeffiziente Nutzung der Elektrizität in verschiedenen Bereichen ermöglichen sollen. Schwerpunktmässig handelt es sich dabei um die Leistungselektronik. Für den Forschungsbereich und den P+D-Bereich sind je etwa 5% reserviert.

Der **Umsetzung neuer Erkenntnisse** wird in allen Bereichen grosses Gewicht beigemessen. So werden für Transferarbeiten in den Projekten jeweils etwa 10 % der Projektkosten dazu reserviert. Zudem haben sich die in den vergangenen Jahren etablierten Trendwatching-/Begleitgruppen pro Schwerpunkt bestens bewährt. Sie stellen ein ausgezeichnetes Mittel für Erfahrungsaustausch, Wissensvermittlung sowie den Kontakt zwischen Industrie, Hochschule und Forschung dar. Ebenfalls sei vermerkt, dass mit dem VSE eine formale Ausbildungs-Zusammenarbeit etabliert werden konnte. Schliesslich wurde in mehreren Bereichen eine Merkblatt-Reihe ausgearbeitet, um das erarbeitete Wissen umzusetzen. Für die breitenwirksame Umsetzung werden die Erkenntnisse zudem laufend ins Programm EnergieSchweiz übertragen.

Um die Evolution des Programms quantifiziert verfolgen zu können (Monitoring), werden durch die Programmleitung die folgenden Indikatoren als quantifizierbare Kennzahlen periodisch erhoben. Anzumerken bleibt, dass diese Kennzahlen zwar kein umfassendes Bild über die Ziel-

erreichung des Programms ergeben, da sich dies in mehreren Bereichen nicht in einfachen Kennzahlen ausdrücken lässt. Dennoch soll es eine Indikation zumindest in gewissen Teilbereichen darstellen:

- Mutmassliche Energieeinsparungen, die mit den laufenden Projekten aufgrund vorgenommener Einschätzungen möglich sind (kumulierte GWh/Jahr aller laufenden Projekte).
- Verhältnis zwischen den eingesetzten BFE-Mitteln und Drittmitteln. Hier wird ein gesamthaftes Verhältnis von mindestens 1:2 als unterste Grenze angesehen. Dieses Verhältnis soll steigende Tendenz aufweisen.
- Verhältnis zwischen den eingesetzten BFE-Mitteln (exkl. Drittmitteln) zu den zukünftigen Energieeinsparungen. Diese Zahl wird erstmals per Ende 2003 erhoben, und basierend auf diesem Startwert soll ein Wachstum erreicht werden.
- Übereinstimmung der finanziellen Aufteilung zwischen den definierten Teilprogrammen gemäss Programm-Konzept. Hier wird ein Verhältnis von 1 angestrebt.
- Umsetzungs-Performance: Anzahl Besucher/Jahr auf der Programm-Homepage sowie Anzahl durch ENET vertriebene oder von der Web-Page und der Programm-Homepage heruntergeladenen Berichte (Berichte/Jahr).

Résumé

L'électricité s'avère indispensable dans tous les domaines de la vie quotidienne. Entrant pour une part de 20 pour cent dans la couverture des besoins finals en énergie et représentant une valeur d'environ 8 milliards de francs suisses, l'électricité revêt une importance économique majeure. C'est pour promouvoir l'utilisation rationnelle de cette précieuse ressource énergétique que les priorités du programme Electricité visent les secteurs Utilisation, Transport et Stockage de l'électricité ainsi que le vaste secteur des technologies transversales.

En raison du ralentissement économique de ces dernières années, force est de constater que l'industrie affiche d'une manière générale une certaine réserve à s'engager dans des projets de recherche visant le moyen terme. Celle-ci a toujours plus tendance à rechercher des solutions applicables à court terme, d'où la difficulté de trouver des partenaires industriels prêts à s'engager dans des projets de recherche axés sur le moyen terme.

Bien que les grandes incertitudes liées à la votation de la loi sur le marché de l'électricité en automne 2002 se soient dissipées suite au verdict négatif de la population, la Suisse se voit néanmoins contrainte, sous la pression de l'Union européenne, de libéraliser tant que possible la structure des entreprises d'approvisionnement en électricité. D'intenses activités sont déployées à cet effet dans le cadre de la Nouvelle Organisation du Secteur de l'Electricité (OSEL). Il faut en outre espérer que le secteur de l'électricité saura, en dépit du processus de restructuration du Fonds pour projets et études de l'économie électrique encore en cours, créer une plate-forme d'appui efficace aux futures projets de recherche.

Si l'on se base sur le budget de l'OFEN pour l'année 2003, le programme Electricité dispose de 0,95 millions de francs suisses pour la recherche et de 0,2 millions de francs suisses (hormis P+D pour les projets de la Confédération) pour le secteur P+D. Il n'a pas encore été définitivement déterminé dans quelle mesure les fonds P+D seront touchés par les mesures d'économie prises par la Confédération. La description qui est faite ci-après des priorités inscrites au programme rend compte de la répartition des fonds respectivement prévus.

Le secteur **Utilisation rationnelle de l'électricité** affiche de manière inchangée un considérable potentiel d'économie. Aussi la priorité est-elle ici axée, en corrélation avec le concept de la CORE, aussi bien sur les aspects financiers que sur les aspects thématiques. Les évaluations de potentiel et la prise en compte des efforts de recherche déployés par ailleurs font ressortir trois grands pôles d'action, lesquels sont les **entraînements/moteurs électriques, les technologies de l'information/communication** et les **appareils électriques**.

Il a été, dans plusieurs études, attiré une attention particulière sur le fait que les activités relevant du domaine

énergétique engagées dans le domaine des **entraînements/moteurs électriques** ne doivent pas seulement avoir pour but d'optimiser les moteurs mais doivent également permettre la prise en considération du système d'entraînement dans son ensemble. Il ressort des études réalisées qu'une telle approche permettrait d'économiser environ 20% de l'énergie électrique consommée par les entraînements électriques. L'*optimisation des systèmes d'entraînement (systèmes à air comprimé, pompes, éleveurs, etc.)* constitue pour cette raison un objectif prioritaire pendant que les activités d'encouragement visent les *technologies dites transversales (promotion du convertisseur de fréquence/Integraldrive, outils de conception et de dimensionnement, etc.)*. Des efforts seront par ailleurs déployés en collaboration avec les entreprises de ce secteur dans le but d'éliminer du marché les moteurs de faible rendement. Sont destinés à ce secteur 40% du budget dédié à la recherche et environ 50% du budget P+D (installations pilotes et installations de démonstration).

Dans le secteur des **Technologies de l'information/communication, y compris les automates**, il s'agit de promouvoir la réduction voire l'élimination totale des pertes en mode « stand-by » ainsi que la réduction de la consommation d'énergie en mode « marche » par la mise en œuvre de mesures technologiques régulatrices ou de toute autre mesure appropriée. Des axes d'action complémentaires seront pour ce faire définis en coordination étroite et en accord avec les organes internationaux. Il faut d'une part procéder de manière continue et sur une base institutionnalisée à la collecte, au traitement et à la diffusion des informations afférentes à cette thématique assujettie à un rythme d'évolution extrêmement rapide, et, d'autre part, effectuer les travaux de base nécessaires à l'obtention d'un étiquetage approprié. De nouvelles solutions et démarches doivent finalement être expérimentées en vue d'une économie efficace d'énergie. La mise hors service du serveur en cas de non-utilisation constitue l'un des secteurs qu'il convient d'encourager. Les set-top boxes qui connaissent une entrée toujours plus large sur le marché feront également l'objet d'efforts concrets (avec prise en considération des activités développées à l'échelle internationale). Sont destinés à ce secteur environ 20% du budget dédié à la recherche et environ 25% du budget P+D.

Dans le secteur des **appareils**, divers travaux seront encouragés, notamment dans le domaine des appareils électroménagers. Seront encouragés les appareils affichant un haut rendement aussi bien en mode « marche » qu'en mode « stand-by », une importance croissante étant accordée au thème de la mise en réseau. Sont destinés à ce secteur environ 15% du budget dédié à la recherche et 15% du budget P+D.

Les installations destinées à la production décentralisée d'énergie (photovoltaïque, biomasse, piles à combustible, etc.) gagnent en importance compte tenu de leur nombre

croissant. Il en résulte de nouveaux défis vu que le flux de charge n'est plus unidirectionnel (du réseau supra-régional de distribution au consommateur final en transitant par le réseau régional de distribution). L'approche de la problématique résultant de la mise en jeu dans le réseau d'un nombre croissant de producteurs décentralisés, la formation d'îlots, la mise à disposition des services fournis par les systèmes, la stabilité du réseau, les dispositifs de protection et la gestion de l'exploitation ainsi que l'examen et le concours des systèmes de stockage appropriés constituent des thèmes de recherche qu'il convient d'analyser dans le secteur du **stockage et du transport de l'énergie**.

La **supraconductivité à haute température** représente ce faisant une technologie spécifique, laquelle est appelée à l'avenir à jouer un rôle décisif dans le domaine énergétique. Bien que d'importantes contributions aient été au passé apportées par la Confédération et l'industrie au soutien des coûteux projets de recherche dédiés aux composants (transformateur, câble d'alimentation), et que les travaux de recherche effectués dans le domaine des matériaux aient valu à la Suisse d'occuper une position de leader à l'international, ces activités ont sensiblement régressé au cours des années passées. Au phénomène de désillusion face aux possibilités techniques réellement accessibles s'ajoute aujourd'hui une situation économique guère favorable. En raison des moyens financiers toujours plus limités, les activités futures du programme viseront par conséquent un vaste et large transfert de l'information dans le domaine de la supraconductivité à haute température. Les canaux de communication et d'information disponibles, tels que le programme Assessing de l'AIE, le Séminaire suisse sur la supraconductivité à haute température, etc., seront pour cette raison encore encouragés et réalisés à l'avenir. Afin de promouvoir l'aptitude à l'emploi de la supraconductivité à haute température dans le secteur des technologies énergétiques, le programme prévoit également l'encouragement des *études et analyses des systèmes appelés à jouer un rôle décisif dans le domaine de la supraconductivité à haute température*, à la réalisation desquelles contribueront conjointement l'industrie et le secteur de l'électricité.

Sont destinés au secteur du *stockage et du transport de l'énergie* environ 20% du budget dédié à la recherche et environ 5% du budget P+D.

Dans le secteur des **technologies transversales**, des concepts techniques qui devraient permettre une exploitation plus efficace de l'énergie électrique dans divers domaines sont actuellement en cours d'étude et d'examen. L'accent porte ici sur l'électronique de puissance. Environ 5% du budget dédié à la recherche et 5% du budget P+D leur sont réservés.

Une place importante est accordée au transfert dans la pratique des enseignements nouvellement acquis. Environ 10% des coûts de projet sont respectivement réservés aux travaux à développer dans ce sens au sein des

projets. Il faut également préciser que les groupes d'accompagnement/trendwatching qui se sont constitués par priorité au cours des années passées se sont avérés on ne peut plus efficaces et constituent un outil performant pour l'échange d'expériences, le transfert des connaissances et le suivi des contacts entre l'industrie, les universités et la recherche. Autre fait positif : il a été possible d'établir une coopération formelle avec l'AES dans le domaine de la formation. Une série de notices a finalement été élaborée dans plusieurs secteurs pour permettre le transfert dans la pratique des connaissances acquises. Les enseignements seront de plus communiqués au programme EnergieSuisse en faveur d'un plus large transfert dans la pratique.

Pour pouvoir suivre (monitoring) d'une manière quantifiable l'évolution du programme, la direction du programme procède périodiquement au prélèvement des chiffres caractéristiques développés ci-après. Il reste à noter que ces chiffres ne renseignent pas complètement sur l'atteinte des objectifs visés par le programme vu que celle-ci ne peut, dans de nombreux secteurs, être rendue par de simples chiffres. Néanmoins, ceux-ci font, au moins dans certains secteurs, office d'indicateurs :

- Economies d'énergie présumées possibles grâce aux projets en cours sur la base des estimations effectuées (GWh cumulées/an de tous projets en cours).
- Chiffre caractéristique traduisant le rapport entre les fonds du budget de l'OFEN et les fonds provenant de tiers utilisés. Est ici considéré comme seuil limite un rapport global égal pour le moins à 1/2. Ce rapport est censé afficher une tendance ascendante.
- Chiffre caractéristique traduisant le rapport entre les fonds du budget de l'OFEN utilisés (hormis les fonds fournis par des tiers) et les futures économies d'énergie. Ce chiffre sera prélevé pour la première fois fin 2003 et il devrait être possible d'obtenir une croissance sur la base d'une valeur de départ.
- Equilibre dans la répartition des moyens financiers entre les programmes partiels définis conformément au concept du programme. On s'efforcera le plus possible d'obtenir ici un rapport égal à 1.
- Performance de transfert : nombre des visiteurs/an sur le site Internet du programme ainsi que le nombre des rapports diffusés par ENET ou téléchargés depuis la page WEB et le site Internet du programme.

Abstract

Electricity plays a vital role in all areas of daily life. With a proportion of around 20 percent to overall end energy demand and a financial value of somewhere in the region of 8 billion Swiss francs, it is of central economic importance. In order to promote efficient use of this valuable source of energy, the Electricity programme focuses on electricity use, distribution and storage, as well as on the broader area of interactive technologies.

In view of the generally unfavourable economic situation that has prevailed during the past few years, the electricity industry has tended to exercise restraint when it comes to involvement in research projects with a medium-term horizon. The trend is moving increasingly in the direction of short-term implementation, and this means it is growing ever more difficult to find partners from the electricity industry for medium-term projects.

Although the major uncertainties that prevailed prior to the referendum on the Electricity Market Act in autumn 2002 were eliminated following its rejection by the electorate, Switzerland is still under considerable pressure from the EU to create a more liberalised market structure. In this connection, a variety of intensive activities relating to the new structure of the electricity industry are to be carried out during the next few years. It is also to be hoped that the electricity industry will create a viable platform for new research projects, despite the ongoing restructuring of the PSEL (Project and Study Fund of the Electricity Industry).

If we use the 2003 budget of the Swiss Federal Office of Energy (SFOE) as a measure, the Electricity programme will have from the SFOE 0.95 million Swiss francs at its disposal for research activities, while 0.2 million will be available for pilot and demonstration projects (excluding federal government projects). The extent to which funding for pilot and development activities may suffer as the result of the federal government's savings programme has not yet been definitively defined. If this is the case other fundings must be founded. The planned allocation of funds is outlined in the description of priority areas presented below.

As before, there are significant savings potentials in the area of **efficient electricity use**, and in line with the CORE concept this is where the priority lies, both financially and in terms of topic. Three priorities have resulted on the basis of estimates of efficiency potentials and co-ordination with research efforts elsewhere: **electric drives and motors / information and communications technology / electrical appliances**.

It has been pointed out in a variety of studies that in the area of **electric drives and motors**, energy-related activities should be aimed not only at optimising motors, but

also at improving the energy efficiency of entire drive systems. According to estimates presented in recent studies, this could result in a reduction in the power consumption of electric drives and motors by approximately 20%. The focus of activity here therefore has to be on the *optimisation of drive systems (compressed air systems, pumps, lifts, etc.)*, and on the promotion of *interactive technologies (frequency converters/integral drives, design and dimensioning tools, etc.)*. Efforts are also being undertaken in co-operation with the relevant industry to eliminate motors with low levels of efficiency from the market. Approximately 40% of the budget has been reserved for research activities, while 50% has been allocated to pilot and demonstration projects.

In the area of **information and communications technology (including automated appliances)**, faster progress needs to be made with regard to efforts aimed at reducing or eliminating standby losses, and at lowering electricity consumption in normal operating mode through technological, regulatory or other measures. Here, a variety of complementary efforts are being made in close co-ordination and consultation with international committees. One of these takes the form of institutionalised, permanent collection, processing and distribution of information of relevance to this fast-moving area, while another concerns the necessary background work to pave the way for an effective labelling procedure. And finally, new efficient and effective solutions and procedures for enhancing energy efficiency need to be identified and tested. The practice of switching off servers when they are not in use is to be promoted, and attention is now being paid to the topic of set-top boxes (which are beginning to enjoy increasing distribution), incorporating findings obtained from international studies. Here, around 20% of the budget has been put aside for research activities, and approximately 25% for pilot and demonstration projects.

In the area of **appliances**, a variety of activities are being supported, especially those concerning household equipment. Here, appliances are to be promoted that are efficient both in normal operating mode and standby, though the topic of networking is steadily gaining in significance. Roughly 15% of the budget has been reserved for each of the two areas of activity.

Decentralised energy production systems (photovoltaics, biomass, fuel cells, etc.) are gaining in importance in view of their increasing number. This presents new challenges, since the load flow is no longer one-sided, i.e. from national to regional transmission networks and on to end-users. The problems associated with the interaction of a large number of decentralised generation systems with the network, isolated production, the provision of systems services, network stability, safety equipment, system management, and the study of and interaction with suitable storage systems, are all aspects that need to be

closely examined in the area of **energy storage and transport**.

Here, **high-temperature superconductivity** represents a specific technology that may well play an important part in the future in the energy sector. Although the federal government and the industry have jointly provided significant financial support in the past for research projects concerning cost-intensive components such as transformers and power cables, and Switzerland has consequently become a world leader in this area in combination with research into related materials, these activities have nonetheless been cut back substantially over the past few years. This is partly because of growing doubts concerning the successful exploitation of the potentials of this technology, but also because of the hardly favourable economic situation. In view of the increasingly limited funding, future activities within this programme will focus on *providing comprehensive information in the area of high-temperature superconductivity*. Available communication and information channels such as the existing IEA assessment programme and the Swiss high-temperature superconductivity status seminar, will continue to receive practical and financial support, and in addition *system studies and observations relating to high-temperature superconductivity* are to be supported with the co-operation of the industry and the electricity sector in order to secure the ongoing promotion of practical use of this technology in the area of energy.

Approximately 20% of the budget has been reserved for research into *energy storage and transport*, and around 5% for pilot and demonstration projects.

In the area of **cross-section technologies**, various technological concepts aimed at efficient use of electricity in a variety of sectors are being studied. Here the main focus is on high-performance electronics. Around 5% each of the budgets has been reserved for research activities and pilot and demonstration projects.

A great deal of importance is attached to the implementation of new findings in all areas. For example, approximately 10% of the funding for each project is earmarked for this purpose. Over the past few years, the deployment of trend-watching and support groups in each area of priority has proved to be highly successful. They also provide an excellent platform for exchanging findings, passing on know-how and establishing contacts between industry, universities and research centres. The establishment of an official joint education programme with the VSE may be seen as another positive step. And last but not least, a series of information sheets has been produced in a number of areas with the aim of promoting the implementation of acquired know-how. The relevant findings are also passed on to SwissEnergy for implementation on a broader scale.

In order to be able to monitor the evolution of the programme from a quantifiable point of view, the programme management periodically collects the following key data as quantifiable statistics. It should be noted here that these key data do not produce a comprehensive picture regarding the degree to which the programme is achieving its objectives, mainly because it is not possible to express this in the form of simple figures in a variety of areas. Nonetheless, they do provide a fairly good indication, at least in some areas:

- Energy savings that it may be possible to achieve with ongoing projects based on existing estimates (accumulated GWh per annum for all current projects).
- Key data concerning the ratio between funds provided by the Swiss Federal Office of Energy and third parties. Here an overall ratio of 1:2 is regarded as the lowest acceptable limit, and the aim is to bring about an upward trend.
- Key data concerning the ratio between funds provided by the Swiss Federal Office of Energy (excluding third-party funding) and future energy savings. This figure was first calculated as of the end of 2003, and the initial result indicates that growth needs to be achieved here.
- Balance of distribution of finances among the defined sub-programmes in accordance with the programme concept. Here the targeted ratio is 1:1.
- Implementation performance: no. of visitors a year on the programme homepage, and no. of reports distributed by ENET or downloaded from the WEB page and programme home page (reports per annum).

Riassunto

L'elettricità svolge una funzione insostituibile in tutti gli ambiti della vita quotidiana. Coprendo il 20 per cento del fabbisogno complessivo di energia, essa ha un valore finanziario di circa 8 miliardi di franchi e rappresenta un fattore fondamentale dal punto di vista economico. Per promuovere un uso parsimonioso di questo pregiato vettore energetico, il programma „Elettricità“ si concentra sui settori dello sfruttamento, del trasporto e dell'immagazzinamento dell'energia elettrica, nonché sul settore delle “tecnologie trasversali”.

Occorre prendere atto del fatto che, a causa della debolezza congiunturale degli ultimi anni, le industrie sono generalmente restie a partecipare a progetti con scadenze più lunghe, ma sono invece sempre più interessate alle applicazioni a breve termine. È quindi difficile trovare partner industriali per progetti di ricerca a medio termine.

Sebbene le forti insicurezze esistenti prima della votazione relativa alla legge sul mercato dell'energia elettrica, svoltasi nell'autunno 2002, siano state eliminate dal verdetto negativo espresso dal Popolo, sotto la spinta proveniente dall'Ue la Svizzera è comunque obbligata a strutturare in modo più liberale il mercato dell'energia elettrica. A questo riguardo, nei prossimi anni si svolgeranno numerose attività volte a definire la nuova regolamentazione del settore dell'energia elettrica. Inoltre si spera che questo settore economico, nonostante la ristrutturazione in atto ormai da tempo del fondo di progettazione e studio dell'economia elettrica (PSEL), sia in grado di creare una solida piattaforma per nuovi progetti di ricerca.

Sulla base del budget dell'UFE per il 2003, il programma „Elettricità“ può disporre di 0,95 milioni di franchi per la ricerca e di 0,2 milioni di franchi per il settore P+D (esclusi P+D per progetti propri della Confederazione). Non è ancora stato deciso in modo definitivo in quale misura i fondi destinati alle attività P+D saranno sacrificati sull'altare del programma di risparmio della Confederazione. L'attribuzione prevista delle risorse finanziarie è indicata nei paragrafi successivi.

Il settore dello **sfruttamento razionale dell'energia elettrica** continua a presentare un elevato potenziale di risparmio; in armonia con quanto previsto dal piano CORE, esso costituisce quindi il settore più importante sia dal punto di vista tematico che da quello dell'impegno finanziario. In seguito a stime del potenziale di risparmio e per motivi di armonizzazione con le attività di ricerca già in atto sono stati individuati tre filoni chiave: **motori e sistemi di propulsione elettrici**, **tecnologia dell'informazione e della comunicazione** e **apparecchi elettrici**.

In diversi studi si sottolinea il fatto che nel settore dei **motori e dei sistemi di propulsione elettrici** le attività volte al miglioramento dell'efficienza energetica non devono avere unicamente come obiettivo l'ottimizzazione dei motori, ma devono prendere in esame i sistemi di propulsione nel loro complesso. Negli studi si stima che per quanto riguarda il consumo energetico dei sistemi di propulsione elettrici si possano ottenere risparmi dell'ordine del 20%. La via da seguire è quindi quella dell'*ottimizzazione dei sistemi di propulsione (sistemi ad aria compressa, pompe, ascensori ecc.)* e del sostegno alle cosiddette *tecnologie trasversali (promozione del convertitore di frequenza/integraldrive, tool di progettazione e dimensionamento ecc.)*. Inoltre sono stati intrapresi sforzi con il comparto economico in questione per eliminare dal mercato i motori con un basso grado di efficienza. Il 40% circa del budget è destinato alla ricerca; il 50% circa è invece riservato al settore P+D.

Nel settore della **tecnologia dell'informazione e della comunicazione e in quello dei distributori automatici** è necessario sostenere la riduzione o l'eliminazione delle perdite in modalità “standby” e la riduzione del consumo in modalità “on” attraverso misure di carattere tecnologico o normativo o altri provvedimenti. A questo scopo, in stretta collaborazione con organi internazionali, si stanno percorrendo vie diverse e complementari. Da un lato, vi è un sistema istituzionalizzato di raccolta, elaborazione e diffusione costante di informazioni in merito a questa tematica in rapidissima evoluzione. Dall'altro, si effettua il necessario lavoro di base per un opportuno sistema di “labeling”. Infine, devono essere sperimentate nuove procedure e soluzioni per un risparmio energetico efficiente. Fra l'altro, viene promosso lo spegnimento dei server in caso di non utilizzo e viene affrontato il tema della diffusione, ora lentamente in corso, dei set top-box (tenendo conto delle attività internazionali). Per quanto concerne il budget, circa il 20% è destinato alla ricerca e circa il 25% al settore P+D.

Nel **settore degli apparecchi** vengono sostenute varie attività soprattutto nel settore degli elettrodomestici. Vengono incentivati gli apparecchi più efficienti, sia in modalità „on“ che in modalità „standby“. Il tema della connessione in rete assume un'importanza sempre maggiore. Sia alla ricerca che al settore P+D è destinato il 15% del budget.

A causa del loro numero crescente, gli impianti di produzione di elettricità decentrati (energia fotovoltaica, biomassa, celle a combustibile ecc.) acquistano un'importanza sempre maggiore. Da ciò derivano sfide di nuovo genere, poiché il flusso di potenza non è più un flusso unidirezionale che dalla rete interregionale va a quella di distribuzione regionale fino a raggiungere il cliente finale. L'analisi dei problemi derivanti dall'interazione con la rete di numerosi produttori decentrati, la costituzione di isole, la messa a

disposizione di servizi di sistema, la stabilità di rete, i dispositivi di protezione, la gestione dell'esercizio nonché l'esame e l'interazione di adeguati sistemi di immagazzinamento sono temi che devono essere oggetto di ricerca nel settore dell'**immagazzinamento e trasporto dell'energia**.

La **superconduttività ad alta temperatura** rappresenta in questo campo una tecnologia specifica che potrebbe giocare un ruolo rilevante in futuro. Sebbene in passato la Confederazione e l'industria avessero promesso contributi considerevoli per sostenere i costosi progetti di ricerca riguardanti i componenti (trasformatori, cavi per il trasporto dell'energia), e sebbene la Svizzera abbia assunto una posizione di punta a livello mondiale in questo ambito, comprendente anche la ricerca sui materiali, negli ultimi anni le attività in questo campo si sono ridotte notevolmente. Vi è un certo disincanto per quanto riguarda le effettive possibilità tecniche; inoltre non si può dire che l'attuale situazione economica sia particolarmente propizia. A causa della continua riduzione dei mezzi finanziari, le future attività del programma si concentreranno perciò sullo *scambio e sulla distribuzione di informazioni nel settore della superconduttività ad alta temperatura*. I canali di comunicazione e informazione disponibili, come il programma di assessing IEA o il seminario svizzero sullo stato della superconduttività ad alta temperatura, continueranno quindi ad essere sostenuti. Per promuovere l'applicabilità al settore energetico delle tecnologie della superconduttività ad alta temperatura saranno inoltre sostenuti gli studi in questo ambito con il coinvolgimento dell'industria e del settore elettrico.

A livello di budget, nel settore dell'*immagazzinamento e trasporto dell'energia* circa il 20% è stato riservato alla ricerca e circa il 5% all'ambito P+D.

Nel settore delle **tecnologie trasversali**, vengono esaminate e analizzate diverse soluzioni tecniche che dovrebbero consentire uno sfruttamento efficiente dell'elettricità in vari settori. Si tratta soprattutto di soluzioni nel campo dell'elettronica di potenza. Il settore della ricerca e quello P+D dispongono entrambi del 5%.

In tutti i settori viene data molta importanza all'applicazione di nuove conoscenze. Per ogni progetto, circa il 10% del budget è riservato alle attività di applicazione. Negli ultimi anni, inoltre, ci si è resi conto che i gruppi di „trendwatching“ costituiti per ciascun filone di attività rappresentano un eccellente mezzo per lo scambio di esperienze, il trasferimento di conoscenze e il contatto fra industria, università e ricerca. Vale la pena ricordare che è stata stabilita una collaborazione formale con l'UCS per la formazione. Infine, per numerosi settori è stata elaborata una serie di schede tecniche per applicare le conoscenze accumulate. Queste ultime vengono trasferite anche al programma SvizzeraEnergia,

in modo da garantire un'applicazione il più possibile ampia.

Per poter seguire in modo quantificabile l'evoluzione del programma (monitoraggio), la direzione del programma rileva periodicamente i seguenti indicatori quantificabili. Occorre sottolineare che questi indicatori non forniscono un'immagine completa del grado di raggiungimento degli obiettivi del programma in quanto, in molti settori, tale grado di raggiungimento non può essere espresso con indicatori semplici. Nonostante ciò, almeno in determinati settori, essi forniscono indicazioni utili:

- Presunto risparmio energetico ottenibile con i progetti in corso, sulla base delle stime effettuate (GWh/anno totali di tutti i progetti in corso).
- Rapporto fra i mezzi messi a disposizione dall'UFE e i mezzi di terzi. Si mira a raggiungere un rapporto complessivo di almeno 1:2, che dovrà tendenzialmente aumentare.
- Rapporto fra i mezzi messi a disposizione dall'UFE (esclusi i mezzi di terzi) e i futuri risparmi energetici. Questo indicatore sarà rilevato per la prima volta nel 2003; si auspica un suo aumento nel tempo rispetto al valore iniziale.
- Grado di concordanza della distribuzione delle risorse finanziarie fra i sottoprogrammi definiti secondo il piano dei programmi. Qui il rapporto deve avvicinarsi il più possibile a 1.
- Performance di attuazione: numero di visitatori/anno della homepage del programma e numero dei rapporti distribuiti da ENET o scaricati dalla sua pagina web o da quella del programma (rapporti/anno).

1. Einleitung

Mit einem Anteil von etwa 20 Prozent am gesamten Endenergiebedarf spielt die Elektrizität in allen Bereichen des täglichen Lebens eine unverzichtbare Rolle und ist von zentraler, wirtschaftlicher Bedeutung. Dieser Situation wurde im Forschungsbereich früh entsprechend Rechnung getragen, indem bereits im Jahr 1990 das Programm „Elektrizität“ vom Bundesamt für Energie lanciert und in drei Konzepten (1990 – 1995, 1996 – 1999 und 2000 - 2003) sukzessive vorangetrieben wurde. Mit dem nun vorliegenden vierten Konzept 2004 - 2007 erfährt das sich auf Forschungs- und Pilot-/Demonstrationsprojekte ausgerichtete Programm eine Einteilung auf die Bereiche *Elektrizitätstransport*, *Elektrizitätsspeicherung* und *Elektrizitätsnutzung*, sowie den übergreifenden Bereich der *Querschnittstechnologien*.

Als Grundlage für die Schwerpunktbildung, die grundsätzliche inhaltliche Ausgestaltung der verschiedenen Bereiche und damit letztendlich für das vorliegende Konzept, dient das von der CORE (Commission fédérale pour la Recherche Energétique, Eidg. Energieforschungskommission) erarbeitete Konzept der Energieforschung des Bundes 2004 – 2007.

Um die definierten Schwerpunkte auf einer breiten Trägerschaft abzustützen, wurden diese inhaltlich in enger Zusammenarbeit mit den etablierten Trendwatching-/Begleitgruppen ausgearbeitet. Diese Trendwatching-/Begleitgruppen wurden vor längerer Zeit durch die Programmleitung ins Leben gerufen und bestehen aus Vertretern der Industrie, aus einschlägigen Verbänden, sowie Mitarbeitern von Fachhochschulen und Hochschulen (siehe Anhang Seite). Damit kann der Wissenstransfer institutionalisiert und ebenfalls eine optimale Kommunikation zwischen Hochschule und Industrie gefördert werden. Gleichzeitig wird ein Miteinbezug der wichtigen nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten sichergestellt.

2. Strategische Zielsetzung

2.1. Uebergeordnete Zielsetzungen

Die strategische Ausrichtung des vorliegenden Programms Elektrizität orientiert sich am Konzept der Energieforschung des Bundes 2004 – 2007 [1]. Die dort formulierten politischen, rechtlichen und anderweitigen Rahmenbedingungen und Zielsetzungen gelten deshalb auch für das vorliegende Konzept und sind entsprechend berücksichtigt.

Die übergeordnete, strategische Zielsetzung gemäss CORE-Konzept besteht in der Verminderung des Treibhausgases Kohlendioxid. Dazu ist ergänzend eine generelle Senkung des Energieverbrauchs in Richtung 2-kW-Gesellschaft notwendig, was für die Schweiz eine Reduktion des Energieverbrauchs pro Person auf einen Drittel des heutigen Werts bedeutet. Dabei wird gefordert, dass ein maximaler Anteil der noch benötigten Energie ohne Produktion von Treibhausgasen bereitgestellt werden soll. In Übereinstimmung mit den im Programm EnergieSchweiz [2] formulierten, quantitativen Zielsetzungen hat die Steigerung der Energieeffizienz im Strombereich deshalb die grösste Bedeutung im Programm Elektrizität. Gleichermassen sind die technischen Voraussetzungen zu schaffen, damit der zukünftig wachsende Anteil der erneuerbaren Energien störungsfrei und energetisch optimal ins Verteilnetz eingebunden werden kann. EnergieSchweiz gibt als messbare Zielsetzung vor, das Wachstum des Stromverbrauchs bis zum Jahr 2010 (im Vergleich zum Jahr 2000) nicht mehr als um 5% anwachsen zu lassen. Zudem soll der Anteil des mit erneuerbaren Energien erzeugten Stroms um 500 GWh bis zum Jahr 2010 (im Vergleich zum Jahr 2000) anwachsen und der Wasserkrafterzeugungsanteil stabil bleiben. Mit dem vorliegenden Programm soll ein Beitrag dazu geleistet werden, wobei sich dies vor allem auf die Erarbeitung von Grundlagenkenntnissen zur breitenwirksamen Umsetzung via EnergieSchweiz konzentriert.

2.2. Bereichsorientierte Zielsetzungen

Inhaltlich macht das CORE-Konzept im Elektrizitätsbereich folgende Vorgaben. Diese sind damit für das vorliegende Programm gleichermassen gültig.

Elektrizitätsspeicherung und –transport

(exkl. Batterien und Supercaps, die von einem anderen Programm bearbeitet werden)

Oberste Zielsetzung:

- **Schaffen der technischen Voraussetzung für eine effiziente und bedarfsoptimale Einbindung dezentraler Erzeugungsanlagen ins Verteilnetz**
- **Effizienzsteigerung im Verteilnetz zur Verminderung der Verteil-Verluste**

Umsetzungsziele:

- Prüfung und Untersuchung technischer Möglichkeiten und alternativer Systeme in Verteilnetzen
- technisch und ökonomisch optimierte Netzeinbindung dezentraler Produktions- und Speichersysteme
- Massnahmen für die Förderung eines effizienten Betriebs der Verteilnetze unter Berücksichtigung einer stetigen Zunahme dezentraler Erzeuger
- nationale Vermittlung des entsprechenden Know-how
- systemorientierte Forschungsarbeiten der Hochtemperatursupraleitung (inkl. allfälliger ökonomischer Implikationen)

Elektrizitätsnutzung

Oberste Zielsetzung:

- **Steigerung der Energieeffizienz in den verschiedenen Bereichen zur Reduzierung des Stromverbrauchs**

Umsetzungsziele:

Antriebe/Motoren:

- Steigerung der Energieeffizienz von elektrischen Antriebssystemen und deren Einzelkomponenten
- Demonstration von Massnahmen zur Effizienzsteigerung elektrischer Antriebssysteme in Industrie und Gewerbe, Entwicklung und Demonstration Auslegetools für energieeffiziente Antriebe

Informations- und Kommunikationstechnik:

- Verbrauchsoptimierung bei Systemen und Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik bei gewerblichen Automaten (z.B. im Restaurations-, Hotellerie- und Unterhaltungsbereich) sowie bei Haushaltgeräten im On- und Standby-Modus
- Aufzeigen von Möglichkeiten zur Reduktion von Energie- und Materialflüssen (z.B. durch Einsatz von Informationstechnologien)
- Effizienzsteigerung und Verbrauchsoptimierung von Hilfssystemen der Informationstechnologie (z.B. unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen, Kälteanlagen) sowie der Klimatisierung von Gebäuden
- Grundlagen für effiziente Powermanagementsysteme in Komponenten von Netzwerken

Geräte (Haushalt und Gewerbe):

- Effizienzsteigerung von Geräten und Anlagen für gewerbliche Kälteerzeugung und Wassererwärmung
- Methoden und Grundlagen zur Verminderung des elektrischen Energieverbrauchs in Haustechniksystemen (inkl. Standards für Systeme mit tiefem Stromverbrauch)
- Demonstration effizienter Dienstleistungsgebäude (z.B. Lüftung, Klimatisierung, Beleuchtungen, EDV-Netzwerke)
- Demonstration effizienter Beleuchtungen in Haushalten und Gewerbebetrieben
- Optimierung elektrischer Geräte mit grossem Stromverbrauch im Standby- respektive im On-Betrieb (inkl. Mess- und Prüfverfahren)

Diverses:

- Wissenstransfer und Sensibilisierung von Anwendern auf allen Stufen
- Massnahmen zur Effizienzsteigerung energieintensiver Industrieprozesse, wobei auch grundsätzliche Technologiewechsel für die Prozesse miteinbezogen werden
- Verfolgen der internationalen Entwicklung auf dem Gebiet der Thermoelektrizität

Querschnittstechnologie

Oberste Zielsetzung:

- **Energieeffizienzsteigerung und Unterstützung von energieeffizienten Lösungen für erneuerbare Energien**
- **Effizienzsteigerung bei der Elektrizitätswandlung im Bereich der Leistungselektronik**

Umsetzungsziele:

- effiziente Leistungselektronik-Komponenten zur effizienten Stromumwandlung
- Zusammenspiel von verschiedenen elektrischen Komponenten im Bereich erneuerbarer Energiequellen

2.3. Quantifizierbare Kenngrössen/Zielsetzungen

Um die Entwicklung und die Fortschritte im Programm zu quantifizieren, wurden die folgenden Messgrössen und Zielsetzungen definiert. Im Sinne einer Anmerkung sei festgehalten, dass die nicht direkt in quantifizierbaren Messgrössen bewertbaren Erkenntnisse aus den Grundlagenprojekten gleichermassen ihre Wichtigkeit im Programm haben. Es ist deshalb vorgesehen, diesbezüglich relevante Erkenntnisse und/oder laufende Projekte verbal zu benennen.

Energierrelevante Kennzahl:

- Mutmassliche Energieeinsparungen, die mit den laufenden Projekten aufgrund vorgenommener Einschätzungen möglich sind (kumulierte GWh/Jahr aller laufenden Projekte).
 - *Ziel: Diese Zahl wird erstmals Ende 2003 erhoben und soll eine wachsende Tendenz aufweisen.*

Finanzielle Kennzahl:

- Kennzahl des Verhältnisses zwischen den eingesetzten BFE- Mitteln und privaten Mitteln .
 - *Ziel: Hier wird ein gesamthaftes Verhältnis von mindestens 1:1 als unterste Grenze angesehen. Dieses Verhältnis soll fallende Tendenz aufweisen.*

Energie-Finanz-Kennzahl:

- Kennzahl des Verhältnisses zwischen den eingesetzten BFE-Mitteln (exkl. Drittmittel) zu den erwarteten Energieeinsparungen.
 - *Ziel: Diese Zahl wird erstmals Ende 2003 erhoben und sollte unter Berücksichtigung des Startwertes als Zielsetzung eine wachsende Tendenz aufweisen.*

Entwicklungsstand / Ausrichtung der Forschungsaktivitäten:

- Stimmt das finanzielle Verhältnis zwischen den definierten Teilprogrammen gemäss Gesamt-Konzept überein?
 - *Zielgrösse: Hier wird ein Verhältnis pro Teilbereich von möglichst 1 angestrebt.*

Informationsorientierte Kennzahl:

- Anzahl Hits/Jahr der Programm-Homepage des Programms sowie Anzahl der jährlich durch ENET vertriebenen und von der Web-Page heruntergeladenen Berichte.
 - *Ziel: Hier wird als Startwert der Status von Ende 2003 genommen. Diese Grösse soll steigende Tendenz aufweisen.*

3. Stand der schweizerischen Elektrizitätsforschung

3.1. Involvierte Organisationen

Allgemein:

Grundsätzlich sind die im Programm Elektrizität teilhabenden Akteure und Organisationen auf die einzelnen Bereiche ausgerichtet. Deshalb ist es auch zwingend, die verschiedenen Organisationen den einzelnen Bereichen zuzuordnen. Lediglich die *KTI (Kommission für Technologie und Innovation)* als potentieller Geldgeber kann in dieser Betrachtungsweise als Organisation genannt werden, die in allen Bereichen unter der Voraussetzung, dass deren Bedingungen erfüllt werden, finanzielle Unterstützung gewährt.

Speziell im Bereich der effizienten Elektrizitätsnutzung werden Projekte teilweise auch von den Energiefachstellen unterstützt. Schwerpunktässig konzentrieren sich diese aber auf die Energieeffizienz im Gebäudebereich. Mit dem *Stromsparmögens des EWZ (Elektrizitätswerk der Stadt Zürich)* und dem *Kanton Baselstadt* konnte jedoch eine gute Zusammenarbeit etabliert und konnten Projekte gemeinsam finanziert werden.

International werden einerseits mit Mitarbeitern der *Europäischen Kommission* sowie der *Internationalen Energie Agentur (IEA)* in Paris entsprechende Kontakte gepflegt.

In jedem Fachbereich wurde eine spezifische *Trendwatching-/Begleitgruppe* etabliert, welche sich regelmässig trifft und den Informationsaustausch pflegt, neue Projekte begutachtet und bewertet. Auch die entsprechenden spezifischen Bereiche des vorliegenden Konzepts wurden dort diskutiert und verabschiedet.

Bezüglich Wissenstransfers werden unter anderem die Aktivitäten der ETG und ITG (Energietechnische und Informationstechnische Gesellschaft) miteinbezogen, resp. die durch diese Organisationen durchgeführten Tagungen zum Bekanntmachen der Forschungsergebnisse genutzt. (Z.B. fand im Mai 2003 eine gemeinsam von ETG, ITG und dem BFE durchgeführte Tagung „Ohne Energie keine Informatik“ statt, bei der drei Projekte vom Programm präsentiert wurden.)

Elektrizitätsspeicherung und –transport:

Der massgebende Partner in diesem Bereich ist die Elektrizitätswirtschaft als potentieller Nutzniesser, der *VSE (Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke)* sowie der *Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft PSEL*. Mit dem VSE wurde für das Programm Elektrizität eine Ausbildungsvereinbarung getroffen, in der festgehalten ist, wie neu gewonnene Erkenntnisse über den Verband der Branche breitenwirksam vermittelt werden sollen. Durch die Umorganisation des PSEL wird auch dessen Finanzierung auf eine neue Grundlage gestellt, wobei die volle Handlungsfähigkeit des neu strukturierten PSEL noch nicht erreicht ist. In der Westschweiz unterstützen die *Commission Recherche, développement, prospective de la Chambre romande d'énergie électrique (RDP/CREE)* ebenfalls entsprechende Projekte finanziell.

Im industriellen Bereich beschäftigen sich nur noch wenige grosse Unternehmen mit der Produkteentwicklung von Systemen und Komponenten. *Alstom (Schweiz) AG* und *ABB (Schweiz) AG* stellen dabei Konzerne dar, welche die entsprechenden Entwicklungen zumindest noch teilweise in der Schweiz betreiben. Zudem haben sich einzelne Ingenieurbüros und spezialisierte Kleinunternehmen auf diesbezügliches Fachwissen spezialisiert.

Im Bereich der *Fachhochschulen* hat sich vor allem die *HTI Biel* mit diversen Arbeiten zum Elektrizitätstransport hervorgetan. Die beiden Eidgenössischen Technischen Hochschulen *Zürich* und *Lausanne* weisen beide Lehrstühle auf, an denen mit unterschiedlichen Schwerpunkten entsprechende Forschungsarbeiten durchgeführt werden.

Elektrizitätsnutzung:

Antriebe/elektrische Motoren:

Im industriellen Bereich muss festgehalten werden, dass die grossen Konzerne wie *ABB, Siemens, Flender, Fuji, etc.* in der Schweiz (mit wenigen Ausnahmen) keine eigentlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten mehr betreiben. Dessen ungeachtet sind diese Firmen an einer Zusammenarbeit mit dem BFE interessiert, und die entsprechenden Kontakte werden in den Trendwatching-/Begleitgruppensitzungen rege gepflegt. Daneben gibt es verschiedene schwei-

zerische Unternehmen, die in Nischenbereichen entsprechende Forschungsarbeiten betreiben und auch schon mit dem BFE zusammengearbeitet haben.

Um eine grösstmögliche Breitenwirkung für die Umsetzung der erarbeiteten Ergebnisse sicherzustellen, wird eine Zusammenarbeit mit der *Energieagentur der Wirtschaft* (EnAW) angestrebt. Zudem wird mit den einschlägigen Branchenvertretern des *SAP (Schweizerischer Automatik Pool)* ein reger Informationsaustausch im Rahmen von Abklärungen zur Förderung von effizienten Motoren gepflegt.

Bei den Fachhochschulen sind vor allem die Fachhochschulen Yverdon, Zürich-Winterthur und Luzern in unterschiedlichem Ausmass aktiv. Der Lehrstuhl elektrische Maschinen an der ETH Zürich ist seit längerem nicht mehr besetzt. Bei den Hochschulen ist deshalb zur Zeit nur noch die *EPF Lausanne* mit dem Institut des sciences de l'énergie / Lab. de Machines Electriques (ISE/LME) von Prof. J.-J. Simond aktiv.

Schliesslich haben sich *mehrere Ingenieurbüros* auf das Engineering und das Fachwissen im Bereich von elektrischen Antrieben spezialisiert.

Informations- und Kommunikationstechnik:

Durch die Etablierung des Kompetenzzentrums an der ETH Zürich ist am CEPE ein wichtiges diesbezügliches Fachwissen vorhanden. Spezifische Problemstellungen werden auch von entsprechend erfahrenen Ingenieurbüros bearbeitet. Obwohl Ende der 90-iger Jahre der Versuch unternommen wurde, an einer Fachhochschule ein entsprechendes Fachwissen aufzubauen, ist dies vorerst gescheitert.

Die relevanten Kontakte zur *internationalen IT-Industrie* werden über die Vertretungen in der Schweiz (meist über die Trendwatching-/Begleitgruppensitzungen oder via Direktkontakt) wahrgenommen. Zudem bestehen etablierte Kontakte zur US-EPA (Environmental Protection Agency der USA, welche für den Energy Star verantwortlich zeichnet) und zu den zuständigen Stellen der IEA und der EU. Auch zu internationalen Forschungsstätten (wie zum Lawrence Berkeley National Laboratory, der Deutschen Energieagentur (DENA), dem Fraunhofer Institut u.a.) bestehen direkte Kontakte.

Um eine grösstmögliche Breitenwirkung für die Umsetzung der erarbeiteten Ergebnisse sicherzustellen, wird eine Zusammenarbeit mit der *Energieagentur Elektrogeräte* (eae) angestrebt.

Geräte (Haushalte und Gewerbe):

Die Gerätebranche hat sich im FEA (Fachverband Elektroapparate für Haushalt und Gewerbe Schweiz) zusammengeschlossen und dieser ist seinerseits wieder Mitglied der *energieagentur elektrogeräte* (eae). Entsprechende Aktivitäten werden deshalb bei Bedarf mit dem entsprechenden Verband resp. der Energieagentur abgestimmt. Bei spezifischen Projekten wird auch direkt mit der betroffenen Industrie zusammengearbeitet. Obwohl Kontakte zu Herstellern wie *Forster, Electrolux, VZug, Miele* etc. bestehen, hat sich erst in vereinzelt Projekten eine Zusammenarbeit ergeben.

Um eine grösstmögliche Breitenwirkung für die Umsetzung der erarbeiteten Ergebnisse sicherzustellen, wird auch ein intensiver Kontakt mit der *Schweizerischen Agentur für Energieeffizienz* (S.A.F.E.) gepflegt.

Querschnittstechnologien:

Im Bereich der Querschnittstechnologien stellt die Leistungselektronik einen wesentlichen Schwerpunkt dar. An beiden Eidgenössischen Technischen Hochschulen sind entsprechende Lehrstühle für eine hoch stehende Forschung zuständig. Zudem existieren spezifische Kleinunternehmungen (z.B. Technocon AG, IDS AG), die sich auf Arbeiten im Leistungselektronik-Bereich spezialisiert haben.

3.2. Bisher erreichte Ergebnisse

Elektrizitätsspeicherung und -transport:

In den vergangenen Jahren wurde die Elektrizitätsindustrie substantiell durch die Aktivitäten der damals bevorstehenden Marktliberalisierung beherrscht, welche mit der Ablehnung des Elektrizitätsmarktgesetzes (EMG) durch den Souverän im Herbst 2002 sein vorläufiges Ende fand. Durch die starke Fokussierung auf diese Thematik wurden verschiedene Aktivitäten im Bereich der Forschung mit Zurückhaltung betrachtet und die entsprechende Unterstützung durch die In-

dustrie war deshalb limitiert. Erschwerend kam dazu, dass sich der PSEL (Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft) neu organisierte und auch die diesbezügliche Finanzierungsgrundlage auf eine neue Grundlage gestellt wurde. Dadurch wurden auch die finanziellen Mittel zur Co-Finanzierung von Forschungsarbeiten entsprechend geringer.

Dessen ungeachtet konnte nach einer längeren Vorbereitungszeit ein grösseres Projekt im Bereich der dezentralen Erzeugungsanlagen und deren Einbindung ins elektrische Netz lanciert werden. Mehrere Elektrizitätswerke unterstützten dieses Projekt und auch die KTI konnte zu einer Co-Finanzierung gewonnen werden. Auch konnte etwas weniger als ein Jahr nach der EMG-Abstimmung eine Vereinbarung zwischen dem BFE und dem VSE als Branchenverband der Elektrizitätswirtschaft unterzeichnet werden, in der eine enge Zusammenarbeit in der Wissensvermittlung vereinbart wurde.

Im Bereich der Hochtemperatursupraleitung (HTSL) konnte Ende der 90-iger Jahre internationale Beachtung erzielt werden, indem im Rahmen eines grossen Projekts unter Beteiligung der Industrie, der Elektrizitätswirtschaft und des BFE ein HTSL-Transformator entwickelt und weltweit erstmals ein Jahr lang am Netz betrieben wurde.

In der Zwischenzeit hat sich auf dem Gebiet der Supraleitung eine gewisse Ernüchterung eingestellt. Zwar wird weiterhin auf der eher Grundlagen-orientierten Ebene geforscht. Im applikatorischen Bereich übt die Industrie wegen der allgemein schlechten Wirtschaftslage Zurückhaltung aus. Die Industrie dürfte erst wieder in solche Projekte investieren, wenn substantielle Materialfortschritte zu verzeichnen sind und eine Kommerzialisierung mittelfristig ersichtlich ist. Umso erfreulicher ist es, dass die Industrie ein Projekt mitfinanziert, welches die technischen Möglichkeiten für den wirtschaftlichen und technisch zweckmässigen Einsatz von HTSL-Strombegrenzern untersucht. Um zu vermeiden, dass die Schweiz den technologischen Anschluss verpassen könnte, wird die bereits seit über 10 Jahren gepflegte Teilnahme am „IEA HTSL-Implementing Agreement“ fortgesetzt. Im jährlich stattfindenden und durch das Programm Elektrizität organisierten „HTSL-Statusseminar“ werden die entsprechenden Informationen proaktiv den interessierten Forschern zugänglich gemacht.

Elektrizitätsnutzung:

Antriebe/elektrische Motoren:

Verschiedene Studien belegen, dass das Einsparpotential im Bereich der Antriebe/elektrische Motoren beachtlich ist. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache, und weil die elektrischen Antriebe mit etwa 45% der gesamtschweizerischen Elektrizitätsnutzung den grössten „Verbraucher“ darstellen, sind auch im vorliegenden Programm seit längerem die grössten finanziellen Mittel auf diesen Bereich ausgerichtet.

Bereits in den 90-er Jahren konnte durch die Entwicklung des Integraldrives eine energieeffiziente Technologie vorwärts getrieben werden. Zudem ermöglichte dieses BFE-Projekt einer Startup-Firma, sich erfolgreich am Markt zu behaupten. Mit dem Nachweis einer Wirkungsgradverdreifung von Kleinumwälzpumpen konnte ebenfalls die einschlägige Industrie dazu bewogen werden, entsprechend energieeffiziente Produkte weiterzuentwickeln. Des Weiteren konnte in einem kürzlich abgeschlossenen Projekt ein hocheffizienter Schrittmotorenantrieb als Prototyp entwickelt werden. Gleichermassen wurde ein effizienter Servoantrieb mit neuen technischen Komponenten eingehend untersucht.

Neben diesen Komponenten-orientierten Aktivitäten wurde - aufgrund der Erkenntnisse, dass das grösste Einsparpotential in der Optimierung des Antriebssystems liegt - verstärkt dem Systemgedanken Rechnung getragen. Mit der Teilnahme am internationalen „Pilot Motor Challenge Programme“, welches auf Managerebene das Energiebewusstsein unter Miteinbezug von Wirtschaftsaspekten fördert, konnten zwei namhafte schweizerische Unternehmen zur Mitarbeit gewonnen werden. Durch verschiedene, systemorientierte Projekte in diversen Industriebereichen (ARA, Sägereien, Weberei, Schreinerei, Werkzeugmaschinenindustrie, Chemische Industrie) und entsprechender Publizierung der Ergebnisse in der einschlägigen Fachpresse, wurde dem Systemdenken stetig Nachachtung verschaffen. Diese Aktivität wird unvermindert weitergeführt. Im Rahmen der Systembetrachtungen erfolgten zudem verschiedene Untersuchungen im Bereich Druckluft. Diese Technologie, die in den verschiedensten Bereichen von Industrie und Gewerbe Verwendung findet, wurde bezüglich unterschiedlicher Aspekte untersucht. Eine Vorstudie prüfte im 2003, inwiefern die deutsche Druckluft-Kampagne „druckluft-effizient“ auf die Schweiz übertragen werden kann. Zudem wurde abgeklärt, inwiefern ein neutrales Druckluft-Kompetenz-Center an einer Fachhochschule etabliert werden könnte.

In der EU hat die Kommission mit dem Europäischen Verband der Industrie CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) eine Vereinbarung getroffen, den Verkauf von effizienten Motoren mit einem bestimmten Niveau zu fördern. Im Rahmen eines eigenständigen Projekts wird die Übertragbarkeit dieser Vereinbarung auf die Schweiz untersucht. Es ist das Ziel, unter Einbezug der Industrie eine entsprechende Vereinbarung ebenfalls in der Schweiz zwischen der Industrie und dem Bund abzuschliessen.

Informations- und Kommunikationstechnik:

Im IT-Bereich ist aus der Sicht der Betreiber der Stromverbrauch grundsätzlich immer noch kein relevantes Thema. Zwar bemühen sich insbesondere grosse Unternehmen, hauptsächlich aus wirtschaftlichen Gründen, den Energieverbrauch zu reduzieren. Dabei werden nicht nur die durch die IT-Geräte selber verursachten Kosten berücksichtigt, sondern ebenso die Investitionen und die wiederkehrenden Kosten im Bereich Infrastruktur (z.B. Kühlung). Bei den KMUs ist dieser Aspekt aber trotz verschiedener Aktivitäten (noch) kaum aktuell.

Durch verschiedene zukunftsorientierte Studien hat sich die Schweiz in der internationalen Forschungsgemeinschaft einen guten Ruf auf diesem Gebiet schaffen können. Speziell die Grundlagenarbeiten betreffend das *Schalten von Servern* sowie die *Energieeffizienz von USV-Anlagen* (USV = unterbrechungsfreie Stromversorgung) haben international ein positives Echo ausgelöst. Die entsprechenden Ergebnisse dienen internationalen Gremien und IT-Unternehmungen als Basis für weitergehende Aktionen, sei dies im Marketing, im Bereich der Gerätedeklaration oder im Bereich der Grundlagen für regulatorische Aktivitäten.

Für die Umsetzung des erarbeiteten Fachwissens ist die Lancierung einer ganzen Reihe von IT-orientierten Merkblättern vorgesehen.

Geräte (Haushalt und Gewerbe):

Haushaltsgeräte brauchen etwa 15% des Stromendverbrauchs und stellen damit eine wichtige Verbraucherkategorie dar. Mit der Einführung der Energieetikette im Januar 2002 werden der Käuferschaft auf einfache Art die Angaben über die Energieeffizienz des zu kaufenden Gerätes vermittelt.

Mitte der 90-er Jahre wurde durch das Programm ein neuartiges und effizientes Kochplattensystem erfolgreich unterstützt. In einem Folgeprojekt, welches neben dem BFE substantiell durch den betroffenen Standortkanton sowie durch massive private Mittel mitfinanziert wurde, sollte dieses System dem Markt zugeführt werden. Leider hat die hierfür gegründete Startup-Unternehmung nicht überlebt und musste liquidiert werden. Obwohl patentrechtlich eine Weiterführung nicht möglich ist, ist man aufgrund der Tatsache, dass es sich um ein innovatives und effizientes System handelt, offen für eine Fortführung der Aktivitäten.

In einer Studie über die Effizienz von Haushaltsgeräten wurde ein grosses Optimierungspotential im Bereich von Kaffeeautomaten ermittelt. Ebenfalls wurde in einer Grundstudie mit Erstaunen festgehalten, dass die zunehmend Verbreitung findenden Wasserdispenser in der Schweiz nicht den in den USA gültigen „Energy Star“-Werten zu genügen vermögen. Dies, obwohl diese Geräte aus den USA importiert werden. Ebenfalls wurde die Entwicklung eines energieeffizienten Wärmepumpen-Tumblers für Mehrfamilienhäuser unter Miteinbezug der Industrie gefördert.

Weniger der Bereich der Haushaltgeräte selber, sondern vielmehr die zunehmende private IT-Vernetzung und interaktive Kommunikation übers Internet werden in Zukunft das Wachstum des Stromverbrauchs der Haushalte prägen. Die international stark beachtete Studie *Vernetzung von Haushalten* hat eindrücklich aufgezeigt, dass wegen dieser Vernetzung der Stromanstieg beim Ausbleiben von Gegenmassnahmen in Zukunft massiv sein wird. Die treibende Kraft stellt das Internet dar, wobei vor allem interaktive Dienste mit einem grossen Breitbandbedarf in Zukunft gefordert werden.

Diverse:

Durch die vielfältigen Nutzungs- und Einsatzmöglichkeiten von Elektrizität ergibt sich auch eine grosse Breite der eingesetzten Systeme. Verschiedene Optimierungsmöglichkeiten lassen teilweise substantielle Effizienzverbesserungen erzielen. So wurde z.B. festgestellt, dass elektrische Heizbänder oft sehr ineffizient genutzt werden. Ein mit den einschlägigen Fachverbänden gemeinsam herausgegebenes Merkblatt soll diese Missstände in Zukunft zu vermeiden helfen.

Querschnittstechnologien:

Mehrere andere BFE-Programme nutzen Technologien, die letztendlich auf Aktivitäten des Bereichs Elektrizität zurückgreifen. Derartige Querschnittstechnologien (z.B. Leistungselektronik) werden jeweils in Absprache mit anderen Programmen punktuell unterstützt. Dies betrifft vor allem den Bereich der erneuerbaren Energien, welcher grundsätzlich durch eigenständige BFE-Programme abgedeckt wird. So wird in einem mehrjährigen Projekt das Zusammenspiel zwischen Generator und Leistungselektronik integral untersucht und anhand eines hocheffizienten Antriebs/Generators mit unterstützt.

Weiter wird im Bereich der elektrischen Stromerzeugung das Gebiet der Thermionik und Thermoelektrik miteinbezogen. Vor einiger Zeit bereits durchgeführte Studien haben aber gezeigt, dass hier keine energierelevanten Möglichkeiten vorhanden sind. Dessen ungeachtet werden die laufenden, weltweiten Aktivitäten aber genau beobachtet.

3.3. Stärken und Schwächen

Elektrizitätsspeicherung und –transport:

Die Trendwatching-/Begleitgruppe hat sich sowohl im Bereich des Verteilnetzes als auch im Hochtemperatursupraleitungsbereich nun seit über 5 Jahre bewährt, und sowohl die Industrie- als auch die Elektrizitätsvertreter arbeiten nach wie vor aktiv mit. Dies zeigt, dass die Arbeiten im Programm geschätzt werden. Speziell die Schwerpunktslegung auf die dezentralen Erzeugungsanlagen wird begrüsst, da damit flankierende Aktivitäten bei den durch den Bund geförderten erneuerbaren Energien erfolgen.

Mit der Ablehnung des EMG ist zwar die unmittelbare Marktliberalisierung vorerst vom Tisch. Die europäischen Anstrengungen gehen aber unverändert weiter und die Schweiz ist nun bemüht, die verschiedenen Möglichkeiten und Alternativen zu analysieren und dem europäischen Tempo anzupassen. Dies dürfte nach wie vor eine gewisse Zurückhaltung der Elektrizitätswirtschaft gegenüber Forschungsanstrengungen im Bereich der Verteilnetze bedeuten. Diese Zurückhaltung geht einher mit der Neuausrichtung des PSEL, bei dem zur Zeit die Mittelbeschaffung noch nicht endgültig geklärt ist.

Bei beiden Eidgenössischen Technischen Hochschulen (Zürich und Lausanne) sowie bei der Fachhochschule Biel bestehen aktive Lehrstühle zum Thema Übertragungs- und Verteilnetze, und die entsprechenden Forschungsaktivitäten bewegen sich auf hohem Niveau. Im Bereich der Hochtemperatursupraleitung konzentrieren sich sowohl die Universität Genf wie auch die ETH Zürich und Lausanne eher auf die Grundlagenforschungen (Materialien, Filamente, etc.). Im applikatorischen Bereich ist zur Zeit nur noch die ABB Schweiz mit dem Strombegrenzer aktiv. Die anderen Unternehmen haben sich auf eine Beobachter-Position zurückgezogen. Sobald jedoch die technischen Voraussetzungen für eine marktaugliche Applikation identifiziert werden können, dürfte die schweizerische Industrie rasch wieder motivierbar sein.

Elektrizitätsnutzung:

Antriebe/elektrische Motoren:

Auch im Bereich der elektrischen Antriebe hat sich die etablierte Trendwatching-/Begleitgruppe zu einer anerkannten und beliebten Informationsplattform für Forschung, herstellende Industrie und Anwender entwickelt. Die Kooperation auf internationaler Ebene, insbesondere mit der Europäischen Kommission, hat sich stets weiterentwickelt, und mit der Teilnahme im Pilotprojekt „Motor Challenge Programme“ hat sich die Schweiz positiv einbringen können.

Der im Rahmen von konkreten Projekten unterstützte Aufbau von Fachwissen an Fachhochschulen erweist sich als ziemlich schwierig. Eine gute Kooperation konnte jedoch mit der Fachhochschule Zürich-Winterthur und der Fachhochschule der Zentralschweiz in Horw in gemeinsamen Projekten erreicht werden.

Leider ist der Lehrstuhl „Elektrische Maschinen“ an der ETH seit Jahren verwaist, und alle Zeichen deuten darauf hin, dass dieser nicht mehr besetzt wird. An der ETH Lausanne konzentriert sich das Institut des sciences de l'énergie / Lab. de Machines Electriques (ISE/LME) von Prof. J.-J. Simond auf die Motorenforschung.

Obwohl die grossen Motorenhersteller keine Produktion mehr in der Schweiz aufweisen, bringen sie ihr Fachwissen ein und unterstützen die Bestrebungen des Programms. Zudem sind punktuelle Kooperationen in konkreten Projekten mit der lokalen Industrie ebenfalls fruchtbar gewesen, obwohl es teilweise intensiver Vorarbeiten und Überzeugungsarbeiten bedarf. Der Kontakt über den Branchenverband SAP (Schweizer Automatik Pool) ist etabliert und ermöglicht einen raschen und effizienten Informationsaustausch. Ebenfalls wurden auf europäischer Ebene Kontakte mit der CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) etabliert.

Informations- und Kommunikationstechnik:

Die Trendwatching-/Begleitgruppe in diesem Fachbereich wird ebenfalls intensiv als Kommunikationsdrehscheibe zwischen Forschungsstätten, Industrie und Anwendern genutzt. Durch die langjährigen Arbeiten in der Schweiz auf diesem Gebiet und die mehrmals eingenommene Vorreiterrolle der Schweiz hat nun zu grosser internationaler Anerkennung dieser Aktivitäten geführt. Die internationale Einbettung der Arbeiten ist deshalb hervorragend. Dies ist umso beachtenswerter, da in der Schweiz praktisch keine herstellende Industrie beheimatet ist, resp. die Grosskonzerne weder die Produktion noch die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in der Schweiz angesiedelt haben. Dennoch können über die entsprechenden Vertreter Anregungen und Forschungsergebnisse nutzbringend eingebracht werden.

Vor allem bei der ETH Zürich (CEPE) sowie in mehreren Ingenieurbüros ist grosses Fachwissen vorhanden. Leider hat der Versuch, entsprechendes Wissen bei Fachhochschulen aufzubauen, bis anhin nicht den gewünschten Erfolg verzeichnet.

Geräte (Haushalt und Gewerbe):

Der Kontakt zur Industrie wird in diesem Bereich vor allem via die energieagentur elektrogeräte (eae) gehalten. Die Vertretung der Konsumenten / Endkunden erfolgt hauptsächlich durch die schweizerische Agentur für Energieeffizienz (S.A.F.E.).

Bisher übte sich die einschlägige Industrie eher in Zurückhaltung, was die Kooperation und Zusammenarbeit mit dem BFE bei Aktivitäten für die direkte Weiterentwicklung von energieeffizienten Geräten betrifft. Obwohl Fortschritte in Form von einzelnen Projekten zu verzeichnen waren, muss die Kooperation noch verbessert werden. Grenzen für die Unterstützungen durch den Bund ergeben sich bei konkurrenzierenden Unternehmungen aufgrund des Offenlegungsprinzips.

4. Generelle Schwerpunkte und Abgrenzungen

4.1. Elektrizitätsspeicherung und –transport

Bei der **elektrischen Speicherung** werden mit Ausnahme der mechanischen (Druckluft, Schwungrad) und der rein elektrischen Speicherung (supraleitender Energiespeicher) alle übrigen Fachgebiete wie die elektrochemische, elektrothermische oder Wasserstoff-basierte Speicherung durch andere BFE-Programme abgedeckt. Dieser Subbereich stellt aufgrund der eher untergeordneten Bedeutung der betroffenen Technologien keinen Schwerpunkt für das Programm dar. Immerhin laufen zur Zeit Studien im Bereich von Druckluft, die aufgrund von neuartigen, technischen Konzepten viel versprechende Perspektiven im Speicherbereich aufzeigen. Diese Technologie wird deshalb sorgfältig beobachtet und auf ihr Potential und Einsatzgebiet hin geprüft.

Die **elektrische Verteilung** stellt das Rückgrat der Stromversorgung dar. Die gesamte elektrische Energie wird über das Netz dem Verbraucher zugeführt, womit schon Verbesserungen im Promillebereich grosse Effekte erzielen. Zudem muss das Verteilnetz der zunehmenden Verbreitung dezentraler Erzeugungsanlagen gerecht werden. Abgesehen von

energiewirtschaftlichen Grundlagen (die in einem anderen BFE-Programm behandelt werden) laufen alle diesbezüglichen Aktivitäten im vorliegenden Programm. Dieser Subbereich wird deshalb im Programm als ein *Schwerpunkt* betrachtet, wenn hierfür auch nicht der Hauptteil der finanziellen Mittel aufgewendet wird.

Stark gekoppelt mit dem elektrischen Verteilnetz ist die **Hochtemperatursupraleitung**. Die Schweiz hat mit grossen Anstrengungen in diesem Gebiet eine Spitzenstellung erreicht und Studien zeigen auf, dass mittelfristig für gewisse Anwendungen energierelevante Systeme eingesetzt werden könnten. Aufgrund der momentanen Ernüchterung stellt das Gebiet im Moment jedoch keinen Schwerpunkt dar. Voraussetzung für eine aktive Unterstützung durch das Programm ist ein grosses Interesse und Engagement der Industrie.

4.2. Elektrizitätsnutzung

Aufgrund der Tatsache, dass der grösste Elektrizitätsverbrauch durch **Motoren/elektrische Antriebe** verursacht wird und verschiedene Studien hier ein grosses Einsparpotential aufweisen, gilt dieser Bereich als klarer Schwerpunkt. Der Bereich **Kommunikation und Informationstechnik inkl. Automaten** ist aufgrund des ungebremsen Booms ein starker Massen- und Wachstumsmarkt (Homogenität), der bez. Energieeffizienz so stark wie möglich beeinflusst werden muss. Auch dieser Bereich wird deshalb als *Schwerpunkt* behandelt.

Der Bereich Geräte (Haushaltsgeräte und gewerbliche Geräte) stellt einen duplizierbaren Massenmarkt mit einem substantiellen Elektrizitätsverbrauch dar. Zwar ist die herstellende Industrie bezüglich Energieeffizienz mit ihren Produkten bereits sehr weit vorangeschritten, wobei die Einführung der Energieetikette das Ihrige beigetragen hat. Weitere Verbesserungen sind aber voranzutreiben. Der Bereich Wärmeerzeugung/Kühlung erstreckt sich über ein weites Gebiet und umfasst zu einem wesentlichen Teil ebenfalls Geräte. In diversen Gebieten sind noch starke Verbesserungen möglich, weshalb auch dieser Bereich als *Schwerpunkt* betrachtet wird.

Die Bereiche rationelle Nutzung in Gebäude / Haustechnik, Wärmeerzeugung und -nutzung, Wärmepumpen sowie der Bereich Verkehr werden durch andere BFE-Programme abgedeckt. Im Sinne von unterstützenden Technologien werden in Absprache mit diesen Programmen bei Bedarf Arbeiten mitunterstützt. Die Schnittstelle ist derart festgelegt, dass im vorliegenden Programm technisch-orientierte und sich auf Elektrotechnik konzentrierende Aspekte behandelt werden. In konkreten sich überschneidenden Projekten wird ein gegenseitiger Miteinbezug sichergestellt.

4.3. Querschnittstechnologien

Die im Vordergrund stehende Leistungselektronik stellt zwar einen wesentlichen Bestandteil der erneuerbaren Energien dar. Die entsprechende Technologie ist aber bereits weit fortgeschritten, und die punktuell gewährten Unterstützungen rechtfertigen eine entsprechende Schwerpunktbildung nicht.

Dennoch werden technologie-orientierte Projekte, die bei der Stromumwandlung einen Beitrag zur Effizienzsteigerung leisten können, punktuell unterstützt.

5. Elektrizitätstransport und -speicherung

5.1. Transport und Energiefluss

In den elektrischen Verteilnetzen resultieren durch den vermehrten Einsatz dezentraler Erzeugungsanlagen (Photovoltaik, Biomasse, Brennstoffzellen, Wärme-Kraft-Kopplung, etc.) für die Netzbetreiber neuartige Probleme, da Energieflüsse in ihrer Stärke und Richtung ändern können. Die dadurch entstehende Problematik des Zusammenspiels einer grösseren Anzahl dezentraler Erzeuger mit dem Netz, die Inselbildung, die verschiedenen Speichertechnologien, die Bereitstellung der Systemdienstleistungen, die Netzstabilität, Schutzeinrichtungen und die Betriebsführung sind technische Aspekte, die es forschungsmässig zu untersuchen gilt.

Etwa 7 Prozent der in der Schweiz erzeugten elektrischen Energie werden zu Verlusten für deren Übertragung und Verteilung. Unter Berücksichtigung der erwähnten Aspekte der dezentralen Elektrizitätserzeugung zeichnet sich ein erhebliches Optimierungspotenzial ab, welches durch zweckmässige Netzfürhungen und gut ausgelegte Netze erschlossen

werden kann. Für die Forschung stehen deshalb systembezogene Ansätze im Vordergrund. Dies gilt auch für den Bereich der Hochtemperatursupraleitung, in welchem ebenfalls systemorientierte Forschungsanstrengungen den reinen komponenten-orientierten Arbeiten vorgezogen werden sollen. Ebenfalls soll eine umfassende Vermittlung von Know-How sichergestellt werden, damit das verfügbare Fachwissen von der einschlägigen Industrie umgesetzt wird.

In konkreten Projekten sollen die folgenden Themen behandelt werden:

- **Einbindung dezentraler Erzeuger ins Netz:** Das Wachstum dezentraler Erzeuger (DEA) im Verteilnetz hat verschiedene Auswirkungen je nach Art, Erzeugungscharakteristik, Primärenergieverfügbarkeit, Anzahl und Leistung der einspeisenden Anlagen. Diesbezüglich ist das Grundlagenwissen pro Typ der einspeisenden Erzeuger Photovoltaik, Brennstoffzellen, Windanlagen usw. in einer Studie erarbeitet worden, und die Auswirkungen bei einer grösseren Anzahl DEA wurden in einem ersten Ansatz abgeschätzt. Zudem wurden technische Probleme wie Vermeidung von ungewollter Inselbildung sowie Erkennen und Führen einer allfälligen Lastumkehr analysiert und entsprechende Lösungen identifiziert. Unter Einbezug der Elektrizitätswirtschaft und der Umweltverbände sind nun die theoretisch gewonnenen Erkenntnisse in einem umfassenden Projekt anhand eines ausgewählten Netzes zu prüfen und praxisorientiert zu vertiefen.
- **Flexible Verteilnetzsysteme (FACDS Flexible AC Distribution Systems):** Verschiedene schweizerische Elektrizitätswerke betreiben Teile des Verteilnetzes bereits heute im Ring. In Ringnetzen wird zukünftig der Einsatz von FACDS, analog zu den FACTS der Übertragungsebene, zwecks optimaler Ausnutzung der bestehenden Elemente zunehmen. Mit den FACDS wird die Lastflusssteuerung im Verteilnetz möglich. Zeigen die Forschungsbestrebungen, dass mit dem Einsatz von FACDS auch die Verluste minimiert werden können, unterstützt das Forschungsprogramm Elektrizität derartige Anstrengungen, wenn möglich in Mitfinanzierung mit dem PSEL.
- **Verlustverminderung im Verteilnetz:** Durch verschiedene technische und betriebstechnische Lösungen kann der Verlust im Verteilnetz weiter reduziert werden. Auch wenn dies nur im Promille-Bereich liegt, entspricht das schnell einigen GWh. Projekte, die als Zielsetzung die Verteilverluste einschliessen, werden deshalb durch das Forschungsprogramm Elektrizität unterstützt, wiederum wenn möglich in Mitfinanzierung mit dem PSEL.
- **Erhöhung der Kapazitäten:** Durch geschicktes Last- und Netzmanagement können die bestehenden Verteilnetzkapazitäten erhöht werden. Diesbezüglich sind Forschungsaktivitäten zu initialisieren und mit beschränkten finanziellen Mitteln zu unterstützen, wobei dies auch als Nebenthema in einem grösseren Projekt behandelt werden kann.
- **Gesamtsystembetrachtungen:** Zwar können verschiedene Teilbetrachtungen (wie oben erwähnt) eine Optimierung unterstützen und in spezifischen Bereichen auch erreichen. Gesamtsystembetrachtungen lassen aber eine breitere Betrachtungsweise zu und tragen insbesondere auch zu übergreifenden Lösungsansätzen bei. Nachfolgend sind einige (nicht abschliessende) repräsentative Fragestellungen zu dieser Thematik aufgeführt:
 - Wie weit sind Reserveleistungen mit erneuerbaren Energien abzudecken?
 - Wie kann eine übergreifende Distributed Production erreicht werden und welche Voraussetzungen sind dazu zu schaffen?
 - Können allenfalls USV-Funktionen mit neuen Produktionsstätten abgedeckt werden?
- **Vermittlung von Fachwissen (Aus- und Weiterbildung):** Der Wissenstransfer von bestehendem und erarbeitetem Fachwissen ist speziell im vorliegenden Bereich eine wichtige Komponente, und ist bedarfsgerecht durch verschiedene Aktivitäten zu forcieren. Dazu soll die Vereinbarung zwischen dem BFE und dem VSE aktiviert und genutzt werden.

5.2. Speicherung

Die Speicherung von Elektrizität erhält mit der zunehmenden Nutzung erneuerbarer Energien immer grössere Bedeutung. Direkt kann Elektrizität nur sehr eingeschränkt gespeichert werden (z.B. mit supraleitenden Systemen); zumeist muss der Umweg über eine andere Energieform gewählt werden. Man speichert die Elektrizität etwa mechanisch (z.B. in Form von potentieller Energie in Speicherseen oder als Druckluft), kinetisch mittels Schwungrädern, elektrochemisch (z.B. in Batterien und Superkondensatoren) oder chemisch (als Brenn- und Treibstoffe, z.B. Wasserstoff oder Methanol). Hier geht es nur um die mechanische und kinetische Elektrizitätsspeicherung; die elektrochemische Speicherung

wird im Programm Batterien und Supercaps behandelt, und die chemische Speicherung wird im Programm Solarchemie untersucht.

In konkreten Projekten sollen die folgenden Themen behandelt werden:

- **Speichertechnologien:** Photovoltaik-, Windenergieanlagen und andere erneuerbare Energiequellen speisen je nach Verfügbarkeit des Primärenergieträgers Energie in das Netz. Damit diese Energie bedarfsorientiert in das Netz eingespeist werden kann, sind Speicherelemente zu verwenden. Die Speicherelemente dienen gleichzeitig zur Optimierung der Netzqualität. Bestehende Speichertechnologien, welche ein grosses Potential aufweisen, sind zu untersuchen, wobei deren spezifische Eigenschaften und Einsatzgebiete berücksichtigt werden müssen. Zur Zeit ist die Druckluftspeicherung aufgrund bisheriger Forschungsergebnisse in der Schweiz soweit interessant, dass entsprechende Voruntersuchungen eingeleitet worden sind. Bei einer Erhärtung des vermuteten Potentials werden bedarfsgerechte Folgeaktivitäten initiiert. Ebenfalls kann der Einsatz von Schwungrädern oder supraleitenden Energiespeicher (SMES) in speziellen Fällen als Leistungsspeicher energierelevante Dienste leisten. Punktuelle Unterstützungen sind deshalb auf diesem Gebiet möglich.
- **Systembetrachtungen:** Im Zusammenhang mit dezentralen Erzeugern sind vermehrt Lösungen zu untersuchen, die als System integral zusammenarbeiten und eine optimale Balance zwischen Produktion und Bedarf sicherstellen. Die Speicherung stellt dabei eine wichtige Komponente dar. Das Wissen über diese Gesamtzusammenhänge ist in der Praxis noch zu wenig bekannt und deshalb anhand konkreter Projekten zu vertiefen. Aufgrund des grossen finanziellen Aufwands für derartige Projekte ist die internationale Zusammenarbeit sicherzustellen. Beispielhaft sei dazu das im Jahr 2002 gestartete, internationale Projekt mit schweizerischer Beteiligung erwähnt, bei dem das Zusammenspiel zwischen erneuerbarer Windenergie, Wasserstoffspeicherung und nachgelagerter Stromerzeugung über Brennstoffzellen anhand einer konkreten Installation in Spanien untersucht wird.

5.3. Technologien (inkl. Hochtemperatursupraleitung)

Der verlustarmen Stromführung wird aufgrund der Hochtemperatursupraleiter-Technologie (HTSL) ein Zukunftspotenzial zugesprochen. Da aber die Leiterentwicklung bis anhin nicht mit der gewünschten Dynamik vorankommt, und der Abbruch des schweizerischen Supraleiter-Transformatorprojekts Ende 1999 diesem Forschungsbereich in der Schweiz einen Dämpfer aufsetzte, steht dieses Thema momentan eher im Hintergrund. Sobald aber Supraleiter in der geforderten Qualität verfügbar sind, wird die Komponentenentwicklung wieder an Attraktivität gewinnen.

In konkreten Projekten sollen die folgenden Themen behandelt werden:

- **Informationsaufbereitung und –verteilung im HTSL-Bereich:** National organisiert die BFE-Programmleitung seit 1996 ein Statusseminar, an dem Vertreter der Industrie, der Hochschule und Ingenieurbüros teilnehmen. Das Seminar findet jährlich statt. Ziel des Seminars ist der Gedanken- und Informationsaustausch. Dieses Seminar soll weiterhin durchgeführt werden. International kann mit bescheidenen Mitteln durch die aktive Teilnahme des Bundes an entsprechenden internationalen Aktivitäten und Programmen (z.B. IEA-Implementing Agreement, EUS-Internet Forum Supraleitung, SCENET, etc.) der weltweite Fortschritt auf dem HTSL-Gebiet beobachtet und schweizerischen Fachleuten zur Verfügung gestellt werden.
- **Strombegrenzer im Netz:** Der Einsatz eines Strombegrenzers hat neben anderem zur Folge, dass in neu zu erstellenden Anlagen verschiedene Elemente redimensioniert werden könnten, dass Ersatzinvestitionen hinausgeschoben werden könnten, und eine Erhöhung der Verfügbarkeit bestehender Elemente durch eine Verminderung der mechanischen Beanspruchungen im Falle von Kurzschlüssen resultieren würde. Zudem ergäbe sich durch den Einsatz von Strombegrenzern die Möglichkeit, Netze stärker zu vermaschen. Der Strombegrenzer ist durch die Schweizer Industrie bereits weit entwickelt worden. Mit einer Marktstudie wird derzeit untersucht, welche technischen und wirtschaftlichen Vorteile sich in konkreten Fällen aus dem Einsatz eines Strombegrenzers ergeben. Unter Einbezug dieser Ergebnisse soll gemeinsam mit der Industrie und der Elektrizitätswirtschaft ein Projekt gestartet werden, bei dem ein Strombegrenzer im Netz installiert und auf seine Tauglichkeit hin geprüft wird.
- **Einsatz effizienter Verteiltransformatoren:** In der unter der Schirmherrschaft der EU durch das europäische Kupferinstitut erstellten Studie „The scope for energy saving in the EU through the use of energy-efficient electricity dist-

tribution transformers“ wird durch den Einsatz von effizienten Verteiltransformatoren ein Einsparpotential von gegen 22TWh/Jahr geschätzt, was etwa 2% des erzeugten Stroms entspricht. Es wird in dieser Studie angeregt, dass dieses Thema EU-weit als strategisches Element angegangen werden soll und entsprechende Kampagnen (action plans) durchgeführt werden sollen. Falls die EU diesen Gedanken aufnimmt, wäre es für die Schweiz allenfalls zweckmässig, daran teilzunehmen.

Die nachfolgenden Themen werden nur mitunterstützt und vom Programm gefördert, wenn die energetischen Auswirkungen relevant sind und /oder sich anderweitige technisch funktionale Vorteile ergeben:

- **Neue Materialien:** Die treibende Kraft für den Einsatz neuer Materialien in konventionellen Elementen im Verteilnetz ist in der Regel auch die Minimierung von Verlusten. Beispiele sind der Einsatz von supraleitenden Materialien oder der Einsatz von amorphen Eisenblechen in Transformatoren. Erfolgversprechende Ideen werden punktuell unterstützt.
- **HTSL-Transformator:** Transformatoren mit supraleitenden Wicklungen weisen grundsätzlich das gleiche Betriebsverhalten wie konventionelle Transformatoren auf. Vorteile sind jedoch die niedrigeren Verluste und die Gewichts- und Volumenreduzierung. Besonders hoch werden die Vorteile der HTSL für die Bahntransformatoren bewertet, weil auf dem Triebwagen der Raum begrenzt ist und mitgeführtes Gewicht Material verschleisst und Energie vergeudet. Die HTSL-Technik hat hier in dreifacher Hinsicht Vorteile: Unterbringung von mehr Leistung auf gleichem Raum, geringeres Leistungsgewicht und erheblich geringere elektrische Verluste. Ein weiterer Vorteil ist die geringe Umweltbeeinflussung: Durch den Wegfall des Isolierstoffes Öl entfallen die damit verbundenen Installations- und Recyclingkosten. Ein HTSL-Transformator kann ohne weitere Sicherungsmassnahmen an geschützten Aufstellungsorten, z.B. in Wasserschutzgebieten, betrieben werden. Durch die Integration von Strombegrenzer und Transformator kann zudem eine *Erhöhung der Energieeffizienz der Netze erzielt werden*. Die Vorteile des Strombegrenzers können somit direkt integriert werden. Durch den Einsatz von Strombegrenzern kann die Kurzschlussimpedanz der Transformatoren verkleinert, und damit deren Übertragungskapazität einerseits und die Spannungshaltung auf der Sekundärseite andererseits verbessert werden. Diese Synergien führen zur Reduktion der Investitionskosten, zur Steigerung der Anwendungsmöglichkeiten durch die Integration und auch zur Steigerung der Energieeffizienz in den elektrischen Übertragungs- und Verteilnetzen. Da das schweizerische Projekt zum Bau eines 10 MVA Transformators mit integriertem Strombegrenzer durch die Industrie aufgrund fehlender HTSL-Materialien Ende der 90-iger Jahre abgebrochen wurde, wird eine erneute Finanzierung in diesem Bereich erst wieder in Betracht gezogen, wenn die damaligen technischen Probleme gelöst worden sind.
- **Systembetrachtungen eines HTSL-Kabels:** Sowohl für AC wie auch für DC können gemäss [3] HTSL-Kabel oberhalb von 20 KV im Netz technisch sinnvoll realisiert werden. Zudem haben supraleitende Kabel gegenüber den konventionellen Kabeln aufgrund der höheren Übertragungskapazität Vorteile. Das konzentrisch aufgebaute Kabel ist gegenüber dem koaxial aufgebauten Kabel die bessere technische Lösung. Der Einsatz dieses HTSL-DC-Kabels ist von der Wirtschaftlichkeit gesehen attraktiver als der Einsatz des HTSL-AC-Kabels. Keine Leiterverluste, keine elektrischen Verluste und das sehr kompakte Design sind dabei die wesentlichen Vorteile. Im Moment existiert allerdings kein detailliertes Konzept für eine wirtschaftlich tragbare und zuverlässige HTSL-Übertragung über längere Distanzen. Dies soll in einer eigenständigen Studie vertieft untersucht werden. Dabei soll gemeinsam mit der Industrie abgeklärt werden, in welchen spezifischen Fällen ein HTSL-Kabel substantielle Beiträge für die sichere und zuverlässige sowie energieeffiziente Energieübertragung im schweizerischen und allenfalls europäischen Netz eingesetzt werden kann. Als Ergebnis sollte ein vorläufiges Einsatzkonzept für HTSL-Kabel im europäischen Netz entstehen. Dabei ist auch speziell die Idee zu berücksichtigen, dass die hohe Stromtragfähigkeit von HTSL-Kabeln die Möglichkeit bietet, in ausgewählten Fällen die 380 KV Spannungsebene durch eine 110 KV Spannungsebene zu ersetzen, bzw. die 380 KV Spannungsebene als europäisches Verbundnetz zu belassen und eine direkte Transformation auf leistungsstarke, supraleitende Backbone-Stränge in den Verteilnetzen (8 – 24 KV) anzustreben. Damit könnten die 110 KV und die 50 KV Netzebenen eliminiert werden. Die Studie soll die entsprechenden Auswirkungen und Konsequenzen darlegen, und es ist auch eine erste grobe Potentialabschätzung über die eingesparten Umwandlungsverluste abzugeben.
- **Weiterentwicklung des HTSL-Kabels:** Bis zum kommerziellen Einsatz eines HTSL-Kabels ist es noch ein langer Weg. Zwar sind in einem bereits vom Programm Elektrizität mitfinanzierten Projekt Grunderkenntnisse erarbeitet worden. Trotzdem sind noch viele technische Aspekte ungelöst. Bei einem entsprechenden Engagement der ein-

schlägigen schweizerischen Industrie, wären im Rahmen eines oder mehrerer Teilprojekte die folgenden technisch-orientierten Aspekte zu untersuchen:

- Herstellungstechnologien für HTSL-Kabel
- Verbessern der mechanischen Eigenschaften des Leitermaterials
- Herstellung von Muffen und Endverschlüssen
- Anpassungen von L+C, dass die Übertragungsleistung gegenüber den konventionellen Kabeln und Freileitungen steigt
- Prüfen der Konsequenzen der Eigenschaft 0-Widerstand auf die Stabilität des Netzes
- Prüfen der Überspannungsauswirkungen und Abklären des Erfordernisses von neuen Schutzkomponenten
- Lösen von Problemen im Zusammenhang mit der Kühlung von langen Kabelstrecken

6. Elektrizitätsnutzung

6.1. Informatik / Kommunikation

Sowohl in der Informatik- und Kommunikationstechnik als auch im Bereich der Unterhaltungselektronik (TV, VCR, HiFi-Anlagen etc.) spielt die Vernetzung eine immer stärkere Rolle. Die stetig besseren Kommunikationsmöglichkeiten, vornehmlich durchs Internet vorangetrieben, treiben den Markt und die entsprechenden Technologieentwicklungen unermüdlich an. Besonders im Homebereich ergibt sich dadurch mittelfristig eine schrittweise Verschmelzung der reinen Unterhaltungsgeräte wie TV und Videorecorder mit den Kommunikations- und Informatikeinrichtungen. Sobald die notwendigen Bandbreiten zu vertretbaren Kosten im Homebereich zur Verfügung stehen, werden die Informationen für die Unterhaltung (Musik, Video, Spiele, etc.) ebenfalls vom Netz angefordert und/oder über das Netz interagiert. Damit laufen der Unterhaltungs- und der Informatikbereich endgültig zusammen. Da die Interaktion zukünftig sowohl vom Benutzer als auch vom Anbieter angestossen wird, wird der Homebereich zukünftig stets am Netz sein, was bedeutet, dass zumindest die Kommunikationseinrichtungen permanent online sind. Einem tiefen Standby-Verbrauch kommt deshalb eine eminente Bedeutung zu.

Durch die fallenden Preise und die rasante Technologieentwicklung kommen aber auch immer mehr Geräte in Umlauf. Deshalb ist auch dem On-Mode-Verbrauch entsprechendes Gewicht einzuräumen.

Eine deutsche Studie [4] zeigte auf, dass im Jahr 2010 die Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik in Deutschland rund 55 Milliarden Kilowattstunden Strom verbrauchen werden - wenn die Hersteller und Nutzer der Geräte und die Energiepolitik diesem Trend nicht durch gezielte Maßnahmen entgegenwirken. Den stärksten Anstieg erwarten die Experten beim Energieverbrauch in Mobilfunknetzen und durch die zunehmende Vernetzung von Geräten in privaten Haushalten. Diese Studie ist in Deutschland nicht unumstritten, und insbesondere die Industrie hat gegenüber der Studie starke Vorbehalte angemeldet. Eine schweizerische Studie [5] schätzt in ihrer Vorschau (Reverenzvariante) das Anwachsen bis ins Jahr 2010 mit knapp 1'000 GWh von 29'500 GWh/Jahr auf etwa 30'500 GWh/Jahr einiges geringer ein.

In konkreten Projekten sollen die folgenden Themen behandelt werden:

- **Sammeln, aufbereiten und weiterverbreiten von einschlägigen Informationen:** Dazu sind die folgenden Massnahmen und Aktivitäten vorgesehen resp. bereits lanciert:
 - Das an der ETH Zürich etablierte Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik wird beibehalten. Der Aufbau der spezifischen Literatur-Datenbank zum Thema wird weiter vorangetrieben.
 - Periodisch werden zum Thema für die breite Öffentlichkeit Artikel in gut gelesenen Zeitschriften verfasst. Daneben werden bei Vorliegen von neuen Erkenntnissen zur Umsetzung Marktsensibilisierungen durchgeführt, um den Markt auf die neuen Möglichkeiten aufmerksam zu machen.
 - Die Teilnahme an internationalen Konferenzen und Darstellung der CH-Aktivitäten und Ergebnisse wird gefördert.
 - Das aktive Verbreiten von neuen Erkenntnissen zur raschen Umsetzung auf allen Ebenen wird vorangetrieben (z. B. via Internet).

- Die bestehende Begleitgruppe in diesem Bereich, die sich aus namhaften Industrieunternehmungen der Informations- und Kommunikationsbranche sowie gewichtigen Benutzern zusammensetzt, wird weiter geführt.
- Die erarbeiteten Ausschreibungsgrundlagen für Grosseinkäufer zur Beschaffung energieeffizienter IT-Geräte sind weiter publik zu machen, insbesondere bei grossen Einkäufern.
- **Labeling/Deklarationen:** Nachdem die EU mittels einer spezifischen Vereinbarung die Nutzungsrechte für den Energy Star von der amerikanischen EPA im Bereich der Bürogeräte zugesprochen bekommen hat, kommt diesem Label eine immer grössere Bedeutung zu. Dies obwohl Vergleiche klar zeigen, dass diese Werte heute bereits von den meisten Geräten eingehalten werden und die wesentlich anspruchsvolleren Grenzwerte des europäischen GEEA-Labels (GEEA = Group for Energy Efficient Appliances) damit an Gewicht verlieren. Ursprünglich wurde die GEEA durch eine Gruppe europäischer Energieagenturen gemeinsam mit dem Bundesamt für Energie ins Leben gerufen, um das damals in der Schweiz eingeführte Labeling auf eine europäische Ebene zu heben. Die EU forciert ferner zur Zeit die Unterzeichnung von Vereinbarungen im Rahmen von *Code of Conduct-Aktionen*. Im Moment sind diese auf die Bereiche „externe Netzgeräte“ und „Settop-Boxen“ konzentriert.

Immerhin ist sich die EPA bewusst, dass die heutigen „Energy Star“-Werte nicht mehr dem aktuellen Standard entsprechen und verschärft werden müssen. Diesbezügliche Arbeiten sind fürs 2003 und 2004 im Bürobereich vorgesehen.

Zwar ist es nicht Aufgabe des Programms Elektrizität, die direkte Einführung von Labels und Deklarationsvorschriften umzusetzen. Dessen ungeachtet sind bei Bedarf entsprechende Grundlagenarbeiten zu Handen der umzusetzenden Organisationen durchzuführen. Insbesondere sind folgende Aktivitäten als flankierende Massnahmen vorgesehen:

- Einbezug beim Labeling und bei den Zielwerten des Themas **Netzwerkanschluss**. Dazu sind allenfalls vorbereitende Arbeiten (Messprozedur, Status-Definition, u.a.) durchzuführen.
- Grundlagen erarbeiten, damit auch der Bereich **Server** in die Label-Geräte aufgenommen werden kann. Entsprechende Kontakte mit der EPA sind vorhanden, damit die Arbeitsergebnisse in die entsprechenden Label-Gremien einfließen können.
- Verfolgung der Aktivitäten im Bereich der *Code of Conduct* für **Settop-Boxen** und **Netzgeräte**. Vorbereitungsarbeiten und Prüfung, inwiefern eine Übertragung in der Schweiz zweckmässig und sinnvoll ist.
- Vertiefen der erarbeiteten Grundlagenkenntnisse im Bereich **unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen** (USV-Anlagen) für IT-Geräte und Umsetzen dieses Wissens in internationale, griffige Standards und/oder Normen. Entsprechende erste Kontakte sind mit der EU etabliert worden.
- **Erprobung neuartiger technischer Lösungen / Vorgehensweisen zur Energieeinsparung:** Neuartige, erfolgversprechende Technologien sind zu entwickeln, auszutesten und Richtung Produktionsreife voranzutreiben. In Erstanlagen sollen die Neuerungen auf Tauglichkeit und Nützlichkeit hin getestet, ausgemessen und weiter Richtung Marktreife gebracht werden. Die folgenden Themen stehen zur Umsetzung an, resp. werden weiterbearbeitet.
 - Speziell in Klein- und Mittelbetrieben (KMUs), aber auch in verschiedenen Verwaltungen werden zwar lokale Netzwerke eingesetzt, die Server kommen aber nachts und an Wochenenden nicht zum Einsatz. Trotzdem laufen sie durch, da es keine entsprechenden Systemsteuerungen gibt, die ein bedarfsgerechtes Ein- und Ausschalten ermöglichen. Entsprechende Konzepte, technische Abklärungen und Pilot- und Demonstrationsanlagen für ein **bedarfsgerechtes Server- Ein- und Ausschalten** sind voranzutreiben. Vorarbeiten und erste Versuche laufen bereits.
 - Speziell im Low-End-Bereich werden sogenannte **multifunktionale Geräte** (Drucker, Scanner, Kopierer in einem Gerät) vermehrt verfügbar. Um diesem Trend im energetischen Bereich rechtzeitig zu begegnen, ist der damit verbundene Energieverbrauch zu bestimmen. Zudem sind Grundlagen für die energetischen Deklarationen zu schaffen. Die diesbezüglichen Vorarbeiten der Organisation „Blauer Engel“ sind dabei miteinzubeziehen.
 - International sind im Bereich **Corporate Procurement** schon beachtliche Erfolge erzielt worden. Um verschärfte Massnahmen im Markt durchzusetzen (z.B. Netzgerät), ist es allenfalls zweckmässig, in der Schweiz mit ausgewählten Abnehmern eine entsprechende Gruppe für spezifische Zwecke zu bilden, resp. bereits beste-

hende Organisationseinheiten (z.B. schweizerische Vereinigung für ökologisch bewusste Unternehmensführung, ö.b.u.) dazu zu animieren.

- Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, dass bestehende Power Management Systeme nicht oder nur schwach genutzt werden. Teilweise werden diese sogar aktiv ausser Betrieb gesetzt. Im Rahmen einer Studie sind Hemmnisanalyse und konkrete Massnahmen im Server-Bereich zur **breiten Nutzung des Advanced Power Managements** durchzuführen. Daneben sind Merkblätter zu erstellen, damit das Power Management System **ACPI auf PC-Ebene** einfach konfiguriert werden kann.
- Unverändert ist es eine Tatsache, dass das durchschnittliche Benutzerverhalten nicht sehr energiesparzaam ist. Es sind deshalb technische oder andersweitige Massnahmen und Vorgehensweisen zur **Beeinflussung des Benutzerverhaltens** auszuarbeiten, und anschliessend umzusetzen.
- Mit der fortschreitenden Technik wird es eine verstärkte **Vernetzung im Haushaltsbereich** geben. Dieser Trend dürfte auch Konsequenzen auf den Stromverbrauch haben. Dies gilt es zu analysieren, wobei dem zukünftig immer wichtiger werdenden Gateway (Settop-Boxen) spezielle Aufmerksamkeit zu schenken ist. Eine Koordination mit den entsprechenden internationalen Aktivitäten muss dabei sichergestellt werden.
- **Energieeffiziente IT-Räume:** Gerade bei mittleren und kleineren Unternehmen ist das Fachwissen für die energieeffiziente Ausstattung von IT-Räumen nicht vorhanden. Deshalb ist vorgesehen, diese in einem eigenständigen Projekt aufzuarbeiten und gleichzeitig auch noch ein Controlling-Instrument für die Bewertung von bestehenden und neuen IT-Räumen anzufertigen. Mittels Merkblätter und Vorträgen sind die gewonnenen Erkenntnisse anschliessend zu verbreiten.

Die nachfolgenden Themen werden nur vom Programm gefördert, wenn genügend Mittel zur Verfügung stehen. Im Vergleich zu den vorangegangenen Themen werden diese mit zweiter Priorität bearbeitet:

- **Benchmarking im Server-Bereich:** Bei der Beschaffung von Servern stellt der Energieverbrauch meistens kein Evaluationskriterium dar. Dies unter anderem auch deshalb, weil keine diesbezüglichen Grundlagen vorhanden sind, an denen sich sowohl die Hersteller, die Vertreiber wie auch die Käufer orientieren könnten. Es ist deshalb der Thematik nachzugehen, wie ein Benchmark aussehen könnte, der den Energieaspekten eines Servers vergleichbare Kriterien zugrunde liegt. Die verschiedenen Aspekte der Energie-Effizienz, der möglichen Energiemodi, etc. sind gemeinsam mit der Industrie, den Forschungsstätten sowie auch allenfalls mit dem Einbezug von Betreibern zu definieren. Die Ergebnisse können als Grundlage eines diesbezüglichen Labels für Deklarationsvorschriften etc. Verwendung finden. Die Einbettung in eine internationale Aktivität ist dabei zwingend, da die diesbezüglichen Ergebnisse auf internationaler Basis regulatorisch umgesetzt werden müssten.
- **Optimierung von Heissgetränkeautomaten:** Die Heissgetränkeautomaten sind in einer mehrjährigen Studie im Detail untersucht worden. Die entsprechenden Ergebnisse werden anfangs 2004 erwartet. Das Resultat der dabei erarbeiteten Erkenntnisse zur Energieeffizienzsteigerung ist dann in Folgeaktivitäten umzusetzen.
- **Vertiefte Analyse von Fotoautomaten:** Wichtige Automatenkategorien sollten weiter vertieft analysiert werden, wobei alle energiewirtschaftlich relevanten Bereiche – vom Energieverbrauch des einzelnen Automaten über technische und betriebliche Energieeinsparmassnahmen bis zur Umsetzungsplanung für eine langfristige Marktveränderung – einbezogen werden. Gemäss heutigen vorläufigen Einschätzungen stellen *Fotoautomaten* Geräte dar, die energetisch bedeutungsvoll sind und noch nicht im erforderlichen Vertiefungsgrad untersucht wurden. Vorab wäre aber auf der Basis der installierten Anzahl Geräte eine erste Grössenordnung des Einsparpotentials abzuschätzen.
- **Umsetzungsaktivitäten bei Billettautomaten von Verkehrsbetrieben:** Bei Billettautomaten besteht genügend Grundlagenwissen, um entsprechende Umsetzungsaktivitäten anzugehen. Folgende Aktivitäten sind deshalb in separaten oder zusammengeführten Projekten vorgesehen:
 - In Zusammenarbeit mit einem Anbieter und einer Betreiber-Firma (zum Beispiel SBB) könnte ein Pilotprojekt gestartet werden mit einem Energiespar-Automaten mit dem Modus „tiefer Standby mit sofortiger Betriebsbereitschaft“.
 - Die Ausarbeitung und Aufbereitung von generellen Empfehlungen für die Beschaffung und den Betrieb von Automaten sind in Angriff zu nehmen.

6.2. Elektrische Motoren / Antriebe

Rund 45 Prozent der elektrischen Energie wird in elektrischen Motoren umgesetzt. Dabei verursachen Drehstrom-Asynchronmotoren gegen 50 Prozent der Energieverluste. Davon ist der überwiegende Anteil Normmotoren im Leistungsbereich zwischen 1 kW und 22 kW. Verschiedene Studien [6] zeigen auf, dass sich allein durch eine Erhöhung des Wirkungsgrades der Motoren insgesamt etwa 3 Prozent einsparen lassen. Grössere Potenziale lassen sich durch Drehzahlregelungen – ca. 10 Prozent – und durch Optimierung des gesamten Antriebssystems – über 20 Prozent – einsparen. Die vorerwähnten Werte haben kumulativen Charakter, wodurch Gesamteinsparungen in der Grössenordnung von über 30 % resultieren. Aufgrund des grössten zu erzielenden Effektes ist das Schwergewicht auf die Optimierung von Antriebssystemen inklusive ihrer Regelung und Steuerung zu legen, wobei die grössten Einsparungen in Industrie und Gewerbe (z.B. mit dem Einsatz von Integralantrieben mit eingebauter elektronischer Steuerung) erzielt werden dürfen. Aber auch in Haustechnikkomponenten wie Pumpen, Ventilatoren, Lüftern etc. ist ein Potenzial vorhanden.

Aufgrund des andauernden wirtschaftlichen Drucks sowie der tiefen Strompreise wird sowohl auf der Anbieter- wie auch auf der Käuferseite der Energieeffizienz keine grosse Bedeutung beigemessen. Ferner verlässt man sich weitgehend auf die Herstellerangaben bezüglich Motoren-Wirkungsgrad und es gibt keine unabhängige Instanz, die einen neutralen Vergleich der Energieeffizienz - insbesondere im Zusammenhang mit sogenannten Billigprodukten - durchführen könnte. Auch wirtschaftliche Überlegungen im Sinne eines Total Cost of Ownership (TCOS), resp. Life Cycle Costs (LCC) sind im mittleren Leistungsbereich nicht etabliert, unter anderem auch deshalb, weil bei der Käuferschaft oftmals eine Trennung zwischen den Investitionsverantwortlichen und den Betriebsverantwortlichen herrscht. Aufgrund der Tatsache, dass viele Motoren via den OEM-Vertrieb (Original Equipment Manufacturer) in den Markt gelangen, ist es schliesslich auch generell schwierig, griffige Instrumentarien zur Beeinflussung der Käuferschaft zu schaffen.

In konkreten Projekten sollen die folgenden Themen behandelt werden:

- **Kommunikation von Fachwissen:** Im Rahmen der verschiedenen Programm-Aktivitäten wird sukzessive wertvolles Wissen erarbeitet, welches nur mit der Verbreitung und Umsetzung seine Wirkung entfalten kann. Der Wissensvermittlung ist deshalb ein hoher Stellenwert einzuräumen, wobei der Ausbildung auf allen Stufen (Studenten/Schüler, Fachkräfte, Planer, etc.) gerecht zu werden ist.
- **Promotion des Einsatzes von Frequenzumrichtern / Integraldrives:** Aufbauend auf den Ergebnissen des BFE-Projekts „Integraldrive“, dank dem nun eine ganze Baureihe von höchst integrierten und kompakten Integraldrives auf dem Markt zur Verfügung steht, gilt es, der *Integraldrive-Technologie*, resp. dem *vermehrten Einsatz von Frequenzumrichtern* zu verstärkter Marktdurchdringung zu verhelfen. Es ist eine klare Einschätzung von Fachleuten, dass insbesondere auf der Seite des Verkaufs zu wenig Überzeugungsarbeit in diese Richtung geleistet wird. Dies u.a. auch aufgrund des harten Marktes, der zusätzliche Investitionen zugunsten einer Effizienzsteigerung nicht oder nur in Ausnahmefällen akzeptiert.
- **Gute Beispiele in verschiedenen Industrie- und Gewerbebereichen:** In verschiedenen Industrie- und Gewerbebranchen wurden bereits Motorenoptimierungen durchgeführt, so in Webereien, Schreinereien, Abwasserreinigungsanlagen (ARA), Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA) und in der chemischen Industrie. In allen Fällen konnten substantielle Einsparungen umgesetzt werden. Diese Aktionen sind in weiteren Branchen fortzusetzen, wobei immer sichergestellt werden muss, dass die Ergebnisse flächenwirksam publiziert werden.
- **Life Cycle Cost Betrachtungen:** Immer wieder muss festgestellt werden, dass - obwohl der Anteil der Stromkosten bei *Life Cycle Cost Betrachtungen* über 90% beträgt - weiterhin der reine Investitionspreis ausschlaggebend für die Beschaffung von Motoren ist. Um dies zu ändern ist vorgesehen, gemeinsam mit der Industrie Musterauszeichnungen für Motorenbeschaffungsstellen auszuarbeiten, und diese anschliessend mit der vertreibenden Industrie zu verbreiten. Zudem ist auch dem (teilweise ebenfalls energierelevanten) Aspekt der *Wartung* und des *Unterhalts* von Motoren und Antriebssystemen entsprechende Aufmerksamkeit zu schenken.
- **Auslege- und Dimensionierungs-Tool:** Im Rahmen des BFE-Programms *Elektrizität* wurde durch die Industrie eine zweckmässige Applikation zur Identifikation des für spezifische Anwendungen bestgeeignetsten Motors inkl. Frequenzumrichter entwickelt (Marketing-Name: OPAL). Damit kann sowohl bei Sanierungs- als auch bei Neuinvestitionen eine energetisch optimale Motorenauslegung erreicht werden. Dieses Tool ist zwar auf dem Markt verfügbar, die Marktakzeptanz resp. die Marktdurchdringung ist aber zur Zeit noch bescheiden. Aus diversen Gründen (Kosten, Energie momentan kein kostenwirksames Thema, Trennung zwischen Investitions- und Verantwort-

wortung bei den Entscheidungsträgern, u.a.) steht aber eine Marktdurchdringung noch aus. Folgende Aktivitäten und Projekte sind deshalb geplant:

- Das Programm wird mit spezifischen Funktionen im Bereich Pumpen und Lüfter erweitert. Damit können diese motorischen Anwendungen modelliert und unter Einbezug der spezifischen Eigenheiten dimensioniert werden.
- In der EU ist man von einem derartigen Auslege-Tool überzeugt. Leider wurden dort aber nachträgliche Software-Entwicklungen vorgenommen, die zu einem von der Leistungsfähigkeit nicht ebenbürtigen „Konkurrenz-Tool“ geführt haben. Entsprechende Koordinationsarbeiten, gemeinsame Promotionsaktivitäten in spezifischen Ländern sowie allenfalls sogar ein Verschmelzen beider Produkte zu einem gemeinsamen Tool im Rahmen eines internationalen Projekts sind deshalb anzustreben.
- Um die Marktdurchdringung des Auslege-Tools zu fördern, sind in Zusammenarbeit mit verschiedenen Industrien bestehende Anlagen softwaremässig auf die Energieeffizienz hin zu überprüfen und zu redimensionieren. Die dadurch mutmasslich zu erzielenden Energie- und Kosteneinsparungen sowie die damit verbundenen Investitionen sind im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auszuweisen. Damit soll aufgezeigt werden, welche Vorteile sich mit der Nutzung von OPAL ergeben. Die Ergebnisse sollen Grundlage für eine Marketing- und Promotions-Dokumentation sowie allenfalls auch für Fachvorträge sein.
- Es sind ferner Überlegungen und Vorabklärungen vorzunehmen, ob OPAL nicht nur als Software, sondern auch als Dienstleistung von unabhängigen Ingenieurbüros anzubieten sei. Damit ergeben sich für die Industrie keine „projektneutralen“ Investitionen für das Tool, sondern es erfolgt eine spezifische Beratung auf ein konkretes Problem hin.
- **Vereinbarung mit der Motoren-Industrie:** Die EU hat mit der europäischen Motorenindustrie (CEMEP) eine Zielvereinbarung über die Förderung von eff1-Motoren und dem Vermindern der eff3-Motoren getroffen. Die vereinbarten Ziele sind bereits durch die Industrie erfüllt und es laufen Aktivitäten, diese Vereinbarung weiter zu verschärfen. Ein Transfer dieser Vereinbarung unter Anpassung der Bedingungen auf schweizerische Verhältnisse ist anzustreben. Die bereits getroffenen Vorarbeiten sind weiter voranzutreiben, so dass eine entsprechende Vereinbarung zwischen dem BFE und der Industrie formell getroffen werden kann.
- **Effiziente Motorenantriebe:** In mehreren Projekten konnten bis anhin Antriebssysteme mit relativ schlechtem Wirkungsgrad durch Forschungsarbeiten substantiell verbessert werden. Erwähnenswert ist zum Beispiel der „energiesparende Schrittmotorantrieb“, der durch eine geeignete lageabhängige Bestromung derart angesteuert wird, dass er nur dann Strom aufnimmt, wenn er eine Kraft erzeugen muss. Dadurch wurde eine Halbierung des Energiebezugs erzielt. Oder der Energiesparmotor, der ebenfalls im Vergleich zum Normmotor wesentliche energetische Vorteile birgt. Entsprechende Arbeiten der Industrie sind zu unterstützen, wobei ohne abschliessend zu sein, folgende Möglichkeiten geprüft werden:
 - Für Antriebe mit langen Leerlaufphasen wäre eine automatische Stern-/Dreieck-Umschaltung zur Reduktion der Fe-Verluste eine Massnahme, die, z.B. mit einem intelligenten Schützen, realisiert werden könnte. Diese Massnahme wäre bei Pressen und Hydraulikantrieben sinnvoll, ist doch zu beachten, dass immer noch etwa 80% von neuen Anlagen mit der klassischen Stern-/Dreieck-Schaltung ausgeliefert werden. Ein entsprechendes Projekt bedingt zwingend den Miteinbezug eines interessierten Schütz-Herstellers.
 - Die energetische Optimierung von Kühlmethode von Motoren lässt ein Einsparpotential vermuten. Dazu wären mit der Industrie neue Kühlmethode zu untersuchen und zu modellieren, um damit eine Wirkungsgradverbesserung zu erzielen. Eine einfache Lösung ist z.B. darin zu finden, dass eine Ergänzung in der Steuerung bewirkt, dass der Lüfter nur bei Bedarf läuft (und nicht - wie meist üblich - immer).
 - Der Ersatz des verlustbehafteten mechanischen Getriebes durch Direktantriebe (Torque Motors, Linear Motors) bewirkt ebenfalls eine Wirkungsgradverbesserung. Entsprechende Aktivitäten erfolgen aber im Markt, eine diesbezügliche Sensibilisierung wäre aber sicher nützlich.
 - Grundsätzlich sind die reibungsbehafteten, mechanischen Übertragungseinheiten wie Getriebe, Zahnriemen etc. auf Optimierungsmöglichkeiten hin zu untersuchen.

- **Antriebssysteme:** Das grösste Einsparpotential liegt gemäss Einschätzung von Fachleuten sowie auch gemäss einer Studie aus Deutschland [6] in der **Optimierung von gesamten Antriebssystemen**. Im Vordergrund stehen dabei Bereiche, die entweder aufgrund einer hohen Stückzahl oder durch grosse Leistungen gesamtschweizerisch ein erhebliches Einsparpotential versprechen. Im BFE-Programm wurden bis anhin die *Kleinumwälzpumpen für Heizungen* und *Kleinlüfter* behandelt. Die Ergebnisse bei den Kleinumwälzpumpen wurden von der Industrie im Rahmen eines P+D-Projekts aufgenommen und es ist absehbar, dass die Kommerzialisierung in nächster Zukunft erfolgen wird. Die folgenden Stossrichtungen dürften erfolgreich sein:
 - Im Markt ist eine Vielzahl von **Servoantrieben** der Leistungsklasse < 1 kW in Betrieb. Die Entwicklung eines effizienten Low-Cost Servos (Asynchronmaschine oder DC-Brushless-Motoren) mit einfachem, integriertem Ansteuergerät und eventuell als Option mit diversen Getriebevorstufen dürfte bei entsprechendem Markterfolg zu substantiellen Energieeinsparungen führen. Ein entsprechendes Projekt muss interdisziplinär mit Motoren-, Elektronik- und Getriebeherstellern sowie, wenn möglich, unter Einbezug einer spezifischen Branche, die diese Antriebssysteme bei Erfolg in hohen Stückzahlen beziehen würde (z.B. Textilbranche), bearbeitet werden.
 - Im Bereich **Lifantriebe** inkl. Steuerung ist eine gut abgrenzbare und mehrfach duplizierbare Antriebstechnologie vorhanden, die es gemeinsam mit der einschlägigen Industrie im Rahmen eines spezifischen Forschungsprojekts zu optimieren gilt.
 - Im Sinne von Gesamtsystembetrachtungen muss berücksichtigt werden, dass viele Antriebssysteme heute noch hydraulisch oder pneumatisch funktionieren, obwohl wesentlich energie-effizientere Technologien wie z.B. Transversalfliessmaschinen oder Linearantriebe u.a. zur Verfügung stehen. Zwar ist der entsprechende Markt bereits aktiv. Um aber die damit verbundene Energieeffizienz verstärkt zu steigern und den **energetisch bedingten Technologiewechsel** zu fördern, sind entsprechende Projekte im Sinne von flankierenden Massnahmen (z.B. gute Beispiele, Promotion, Artikel etc.) punktuell und mit relativ bescheidenen Mitteln zu unterstützen.
 - Im Sinne von "Trigger-Projekten", die mit bescheidenen Budgets als "Stein des Anstosses" dienen, werden bei Interesse Analysen und Untersuchungen von **antriebsintensiven Industrieprozessen unterstützt**, die trotz mutmasslichem Einsparpotential und Wirtschaftlichkeit durch die betroffene Industrie nicht angegangen werden. Den Themen *Rekuperation* und *getriebelose Antriebe* ist u.a. ein spezielles Augenmerk zu widmen.
 - Im Projekt *Energieeinsparungen bei Druckluftanlagen in der Schweiz* [7] wurde der gesamtschweizerische Druckluftanteil ermittelt. Etwa 150'000 Druckluftanlagen verbrauchen im Jahr rund 50 GWh Elektrizität, was knapp 1,5 % des nationalen Stromverbrauchs ausmacht. Tendenziell kann festgestellt werden, dass grössere Druckluftanlagen einen überproportionalen Stromverbrauch aufweisen, aber auch grössere und wirtschaftliche Energiesparmöglichkeiten bieten. Die etwa 10'000 grösseren Druckluftanlagen (ab 15 W Kompressorleistung) verbrauchen rund 80 % des Druckluftstromes. Theoretisch könnten aufgrund der Untersuchungen etwa 300 GWh und praktisch über 100 GWh Strom pro Jahr eingespart werden. Es sind deshalb die folgenden, konkreten Projekte vorgesehen:
 - Zur Zeit laufen Abklärungen, inwiefern die erfolgreiche **Deutsche Druckluftkampagne** „druckluft-effizient“ zur Marktsensibilisierung auf die Schweiz übertragen werden könnte. Falls die entsprechenden Ergebnisse positiv sind, ist der entsprechende Transfer durchzuführen.
 - Druckluft ist ein Dauerthema. Es kann nicht in einem Projekt endgültig abgehandelt werden. Laufend werden neue Komponenten auf den Markt gebracht, und es werden immer wieder neue Anlagen gebaut. Für eine technische Fachhochschule wäre eine Spezialisierung auf Druckluftanlagen eine interessante Profilierung. In Zusammenarbeit mit Anbietern und Anwendern könnten viele Teilaspekte professionell untersucht werden. Damit entstünde eine Anlaufstelle, welche sich mit der Materie Druckluft auskennt und sich den Bedürfnissen des Marktes anpassen könnte. Ein **Druckluft-Kompetenzzentrum** mit der Einbindung einer Begleitgruppe aus dem Bereich der Anbieter wäre auch in der Lage, Komponenten zu prüfen, allenfalls mit einem Label zu versehen und Experten auszubilden. Zur Zeit laufen Abklärungen, inwiefern der Bedarf eines unabhängigen und neutralen Kompetenzzenters an einer Fachhochschule ausgewiesen ist. Falls dies einem echten Bedürfnis entspricht, und das Kompetenzzentrum mittelfristig eigenständig und selbständig betrieben werden könnte, sind entsprechende Startunterstützungen vorgesehen.

- Im Sinne von **guten Beispielen** sind punktuell Messungen an Sanierungsprojekten und die Ausarbeitung von Umsetzungsmaterial unterstützt worden, (z.B. Garagenbetriebe). Dies soll weiterhin geschehen. Damit stehen auch Informationen für den Promotions- und Umsetzungsprozess zur Verfügung, die auch für EnergieSchweiz-Tätigkeiten genutzt werden können.
- **Ersatz von hydraulischen und pneumatischen Antrieben:** Neue Antriebskonzepte wie Linearmotor oder Transversalflussmotor lassen es zu, Antriebe wie insbesondere hydraulische und pneumatische, wesentlich energieeffizienter zu realisieren. Aufgrund der Tatsache, dass mit den neuen Technologien einerseits weitere prozessorientierte Vorteile verfügbar werden und andererseits auch oftmals die Wirtschaftlichkeit gegeben ist, ist in diesem Bereich der Markt bereits aktiv geworden. Dennoch ist eine entsprechende energieorientierte Sensibilisierung (z.B. gute Beispiele in verschiedenen Industriebereichen) im Sinne von flankierenden Massnahmen nützlich.
- **Verkehr:** Im Bereich Verkehr wurden bereits mehrere Projekte - grösstenteils im Bahnbereich - durch das BFE-Programm unterstützt. Aufgrund des enormen wirtschaftlichen Drucks auf die SBB werden aber praktisch nur noch Projekte realisiert, die einen Payback von 1 oder 2 Jahren aufweisen, resp. innert Kürze wirtschaftlich sind. Da aber gemäss schweizerischer Energiestatistik der Bereich Verkehr immerhin etwa 8% des Elektrizitätsverbrauchs beansprucht, werden energierelevante Projekte (z.B. innovative Rekuperationstechniken) punktuell unterstützt.

6.3. Geräte (Haushalt und Gewerbe)

Elektrische und elektronische Geräte, worunter neben Haushaltsgeräten auch gewerbliche Apparate zu verstehen sind, weisen häufig grosse Standby-Verluste auf. Weil diese Geräte in stark steigendem Masse in Informations-, Telekommunikations- und Telematiknetzen integriert werden, sind aufgrund der ständigen Kommunikationsbereitschaft grosse Verlustanteile programmiert. Nachdem die Vernetzung der Dienstleistungsbetriebe in vollem Gange oder bereits abgeschlossen ist, zeigen die Trends deutlich, dass diese Technologie verstärkt in den Haushalten zur Anwendung gelangt. Angetrieben wird diese Entwicklung durch jene des Internets (E-Commerce, TV-on-demand, usw.), die zunehmende Verfügbarkeit preisgünstiger Hausleitsysteme und das gestiegene Sicherheitsbedürfnis (Einbruchsicherung, Hausüberwachung usw.). Viele elektrische und elektronische Geräte weisen bezüglich ihrer Energieeffizienz ein hohes Verbesserungspotenzial auf. Neue Technologien in allen Gerätebereichen sollten daher von Anfang an möglichst energiesparend ausgelegt werden. Da die Einzelgeräte teilweise nur einen geringen Elektrizitätsverbrauch aufweisen, ist deren Energieeffizienz in der Regel weder für Hersteller noch für Anwender ein ernsthaftes Anliegen. Aufgrund der enormen Stückzahlen verursachen aber diese Geräte sowohl im regulären Betrieb als auch im Standby-Modus einen grossen Energieverbrauch.

Schwerpunkte werden dort gesetzt, wo die Schweiz über eine eigene Produktion verfügt (z.B. bei Haushaltsgeräten) respektive wo - in Koordination mit internationalen Partnern - eine Steigerung der Energieeffizienz durch grosse Stückzahlen erreicht werden kann. Die internationale Koordination stellt dabei ein zentrales Element dar.

Folgende Themen sollen konkret behandelt werden:

- **Mini-Kühlschrank:** Mini-Kühlschränke in Hotels sind zwar geräuscharm, weisen jedoch einen schlechten Wirkungsgrad auf. Im Rahmen einer Vorstudie sollen vorerst mögliche Alternativen ausgearbeitet und gemeinsam mit der Industrie auf wirtschaftliche Umsetzbarkeit hin geprüft werden. Wenn die Ergebnisse ermutigend sind und sich zudem auch die Industrie beteiligt, ist im Rahmen eines Folgeprojekts die Umsetzung anzugehen.
- **Kühlgeräte im Gewerbe:** Kühlgeräte für den Foodbereich im Verkauf weisen heute noch einen relativ schlechten Wirkungsgrad auf. Das Einsparpotential ist riesig. Es ist vorgesehen, gemeinsam mit Grossverteilern und Anbietern im Food-Bereich entsprechende Grundlagen auszuarbeiten und als Basis für ein allfälliges Label in der EU einzuspeisen.
- **Energieeffiziente Kaffee-Maschinen:** Die kürzlich fertig gestellte Studie „Standby von Haushaltsgeräten“ hat gezeigt, dass einer der grössten Standby-Verbräuche durch Kaffeemaschinen generiert wird. Als Fortsetzung ist nun anzustreben, dass die Kaffeemaschinen auf europäischer Ebene eine Energieetikette erhalten. Alternativ dazu soll

geprüft werden, ob allenfalls eine Vereinbarung zwischen dem Bund und der Industrie (zum Beispiel als Code of Conduct) entwickelt werden soll. Da in der Schweiz noch kein derartiger Code of Conduct existiert, wären die entsprechenden Grundlagen allenfalls in einem übergreifenden Folgeprojekt auszuarbeiten.

6.4. Diverses

Neben den vorerwähnten Schwerpunkten engagiert sich das Programm Elektrizität punktuell an energetisch viel versprechenden Projekten. So wurden z.B. die energetisch orientierten betriebstechnischen Grundlagen von Heizbändern erarbeitet und in Merkblättern einem breiten Publikum zugänglich gemacht.

Derartige Aktivitäten sind immer wieder möglich, und das Forschungsprogramm hat die Flexibilität, solchen Ideen eine angemessene Unterstützung zu gewähren.

7. Querschnittstechnologien

Der Bereich Querschnittstechnologie stellt keinen Schwerpunkt des Programms dar. Es werden grundsätzliche Aspekte im Bereich der Leistungselektronik, die als Grundlagenwissen für verschiedene andere Systeme und Anlagen insbesondere für erneuerbare Anlagen (Wind, Photovoltaik, etc.) nützlich sind, unterstützt. Gearbeitet wird eher reaktiv, wobei der Anstoss primär von Seiten der erneuerbaren Energien erwartet wird.

Zudem werden übergreifende Problemstellungen, bei welchen Gesamtzusammenhänge eine wichtige Rolle spielen, analysiert.

8. Mittelzuteilung / Budget

Für die Budgetzuteilung seitens des BFE wird als Basis das Budget 2003 beigezogen, welches sich bezüglich Forschung auf ca. CHF 950'000 (ohne KTI-Beiträge) und bezüglich Pilot- und Demonstrationsprojekten (P+D) auf CHF 200'000 belief. Zusätzlich standen für bundeseigene P+D-Projekte CHF 200'000 zur Verfügung.

Abgesehen von ergänzenden KTI-Geldern ist aufgrund der finanziellen Lage des Bundes kaum zu erwarten, dass die BFE-Budgets zukünftig aufgestockt werden. Im Gegenteil; eine Reduktion des P+D-Budgets ist bereits angekündigt worden (Entlastungsprogramm des Bundes). Dies vermindert die Chance, aus den Forschungs-Erkenntnissen eine energetische Wirkung zu generieren.

Für die nächsten Jahre wird deshalb vorerst von einem unveränderten BFE-Budget ausgegangen. Das Konzept ist auf dieser Annahme aufgebaut. Aufgrund der vorgesehenen Konzeptstossrichtungen wird die nachfolgend tabellarisch zusammengestellte Budgetaufteilung vorgeschlagen. Aus der Liste ist ebenfalls ersichtlich, wie viel Gelder insgesamt von der öffentlichen Hand (inkl. Hochschulen ETH, EPFL) für den Bereich Elektrizität aufgewendet werden.

Nicht nur wegen der beschränkten Mittel, sondern insbesondere zum optimalen Einbinden der Industrie wird angestrebt, dass sich die Industrie und die Elektrizitätswirtschaft mit namhaften finanziellen Beiträgen an den Kosten von Forschungs-Projekten beteiligen. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass im Programm „Elektrizität“ Industriebeteiligungen in Höhe von durchschnittlich rund 80% erreicht werden konnten.

	Transport und Speicherung	Querschnittstechnologie	Elektrizitäts- - Nutzung			Total BFE-Gelder	Öffentliche Gelder gemäss Liste der Projekte 2001
			Motoren	Kommunikation	Geräte		
Forschung	20 %	5 %	40 %	20 %	15 %	100 %	
	190'000.--	50'000.--	380'000.--	190'000.--	140'000.--	950'000.--	8,40 Mio.
P+D	5 %	5 %	50 %	25 %	15 %	100 %	
allgemein	10'000.--	10'000.--	100'000.--	50'000.--	30'000.--	200'000.--	0,4 Mio.
P+D	0 %	0 %	50 %	40 %	10 %	100 %	
bundesintern	--.--	--.--	140'000.--	30'000.--	30'000.--	200'000.--	

9. Trendwatching-Gruppen

Die BFE-Programmleitung hat 1997/1998 für die definierten Fachbereiche sogenannte Trendwatching-/Begleitgruppen etabliert. Diese Gruppen bestehen aus Vertretern der Industrie, der Hochschule und von Ingenieurbüros und treffen sich im Normalfall halbjährlich zum Gedanken- und Informationsaustausch. Damit soll ein stetiger Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Akteuren sichergestellt und etabliert werden. Die Gruppe ist grundsätzlich offen für interessierte Fachpersonen, wobei jedoch auf eine gewisse Ausgewogenheit geachtet wird.

Die im vorliegenden Bericht integrierten Teilkonzepte der Programm-Schwerpunkte wurden im Rahmen der periodischen Sitzungen mit den entsprechenden Begleitgruppen diskutiert, entsprechende Anregungen und Ergänzungen übernommen und schliesslich verabschiedet.

Im Bereich Hochtemperatursupraleitung findet jährlich das etablierte HTSL-Statusseminar statt. Dabei werden die einschlägigen Vertreter aus Industrie, Forschung und Hochschule jeweils eingeladen. Es ist positiv zu vermerken, dass bereits Forscher aus Deutschland an diesem ursprünglich auf die Schweiz ausgerichteten Seminar ein Interesse bekundet haben und gerne daran teilnehmen.

Neu wurde 2003 die Trendwatching-Gruppe im Bereich USV geschaffen. Die konstituierende Sitzung hat im September 2003 stattgefunden und als Sitzungsraaster wurde vorerst ein Jahresrhythmus festgelegt.

10. Anhang

- Interessante Links
- Quellenverzeichnis
- Verzeichnis der ETH-Institute und FH mit Forschung im Elektrizitätsbereich
- Liste der Mitglieder der Trendwatching-Gruppen

Interessante Links

Im Folgenden ist eine kleine Auswahl bekannter und interessanter Internet-Links aufgelistet, welche in der Forschung und Umsetzung im Elektrizitätsbereich eine gewisse Bedeutung haben. Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und soll auch keine Präferenzen des Autors implizieren. Zudem wird auf Links zu Unternehmungen verzichtet; die Auflistung beschränkt sich auf öffentliche Organisationen.

Generell:

<http://www.electricity-research.ch>
<http://www.energieschweiz.ch>
<http://www.energie-energy.ch>
<http://www.worldenergy.ch>
<http://www.epri.com>
<http://www.energy-research.ch>
<http://www.iea.org>
<http://www.deutsche-energie-agentur.de>
<http://www.aramis-research.ch>
<http://www.euresearch.ch>

Elektrizitätsnutzung:

<http://www.iamest.jrc.it/projects/eem/eurodeem.htm>
<http://www.ademe.fr>
<http://www.blauer-engel.de>
<http://www.energielabel.ch>
<http://www.epa.gov>
<http://www.eren.doe.gov>
<http://www.eus.de>
<http://www.mtprog.com>
<http://www.novem.org>
<http://www.oeenrcan.gc.ca>
<http://www.motorchallenge.ch>
<http://www.druckluft-effizient.ch>
<http://www.eae-geraete.ch>
<http://www.energybrain.ch>
<http://www.energieeffizienz.ch>
<http://www.energieagentur.ch>
<http://www.energie-agentur.ch>
<http://www.standby.lbl.gov>

Elektrizitätstransport / Speicherung:

<http://www.psel.ch>

Quellenverzeichnis

- [1] Konzept der Energieforschung des Bundes 2004 – 2007, Eidg. Energieforschungskommission CORE, 2003
- [2] EnergieSchweiz, Das Nachfolgeprogramm von Energie 2000, BFE, Januar 2001
 1. Jahresbericht EnergieSchweiz 2000/2001 (Ein fliegender Start)
 2. Jahresbericht EnergieSchweiz 2002/2003 (gut unterwegs)
- [3] Anwendung der Supraleitung in elektrischen Netzen, Systemstudie, Dr. G. Schnyder, Dr. J. Rhyner, D. Politano und M. Sjöström, 1999
- [4] Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010, Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung in diesen Bereichen, (CEPE und Fraunhofer Institut, Zürich und Karlsruhe, Januar 2003)
- [5] Die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs serienmässig hergestellter Elektrogeräte unter Status-quo-Bedingungen und bei Nutzung der sparsamsten Elektrogeräte bis 2010 mit Ausblick auf das 2020, Prognos AG, Basel, Dezember 2002)
- [6] Massnahmen zur Förderung der rationellen Energienutzung bei elektrischen Antrieben, Endbericht zum Forschungsauftrag 1998 an das Bundesministerium für Wirtschaft (Fraunhofer Institut und ebök Ingenieurbüro, 1999)
- [7] Energieeinsparungen bei Druckluftanlagen in der Schweiz (Gloor Engineering, 2000)

Verzeichnis der ETH-Institute und FH mit Forschung im Elektrizitätsbereich

- ETH Zürich, Institut für elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnologie
- ETH Zürich, Professur für Leistungselektronik und Messtechnik
- ETH Zürich, Centre for Energy Policy and Economics (CEPE)
- EPFL, Lausanne, Laboratoire d'électronique industrielle
- EPFL, Lausanne, Laboratoire de machines électriques
- EPFL, Lausanne, Laboratoire de systèmes non linéaires
- EPFL, Lausanne, Laboratoire de réseaux électriques
- Universität von Genf, Genf
- Hochschule für Technik und Informatik (HTI) Biel (Berner Fachhochschule)
- Hochschule für Technik + Architektur, Luzern
- Zürcher Hochschule Winterthur, Inst. F. Mechatr. Systeme IMS, Winterthur
- Ecole d'ingénieurs du Canton de Vaud, Yverdon
- Fachhochschule Chur, Chur
- Ingenieurschule Wallis (ISW), Sion

Verzeichnis Trendwatching-Gruppen-Mitglieder (Stand 2003)

Trendwatching-Gruppe „Übertragung / Verteilung“

Industrie / Ingenieurbüro:

H. Aeschbach;	Alstom Schweiz AG Hochspannungstechnik
P. Bosshart;	ABB Schweiz AG Hochspannungstechnik
G. Cavelti;	EWL Kabelnetz AG
E. Fischer;	ATEL, PSEL-Vertreter
O. Fritz;	ABB Forschungszentrum
W. Graber;	VSE
H.R. Hagmann;	AEW Energie AG
H.R. Luternauer;	EWZ
R. Nauli;	Siemens Schweiz AG
K. Odermatt;	EW Nidwalden
C. Rehtanz;	ABB Forschungszentrum
G. Schnyder;	Schnyder Ingenieure AG
D. Westermann;	ABB Schweiz AG (Hochspannungstechnik)

Hochschulen:

G. Andersson;	ETH Zürich, Institut für elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnologie
M. Höckel;	Hochschule für Technik und Informatik Biel (Berner Fachhochschule), HTI Biel

Bundesamt für Energie:

R. Bacher;	Leiter Sektion Netze
F. Frey;	Leiter Technologiebereich Elektrizität / Marktbereich Elektrogeräte
R. Brüniger;	Programmleiter Elektrizität

Trendwatching-Gruppe „Informations- und Kommunikationstechnik“

Industrie / Ingenieurbüro:

M. Bänninger;	Telekurs Service AG
Th. Fierz;	Compaq Computer AG
A. Huser;	Encontrol GmbH
B. Oldani;	IBM Schweiz
R. Schnetzer;	UBS
D. Singy;	Swisscom AG

Hochschulen:

B. Aebischer;	CEPE, ETH Zürich
---------------	------------------

Bundesamt für Energie:

F. Frey;	Leiter Technologiebereich Elektrizität / Marktbereich Elektrogeräte
R. Brüniger;	Programmleiter Elektrizität

Trendwatching-Gruppe „Elektrische Motoren/Antriebe“

Industrie / Ingenieurbüro:

L. Axelsson;	ABB Schweiz AG, Normelec
A. Colotti;	Landert Motoren AG
R. Gloor;	Gloor Engineering
H. Menzi;	Siemens Schweiz AG
J. Nipkow;	ARENA
G. Schnyder;	Schnyder Ingenieure AG
A. Stoev;	IDS AG
M. Thalmann;	Fuji Electric GmbH
R. Tanner;	Semafor AG

Hochschulen:

C. Brom;	Zürcher Hochschule Winterthur, Inst. F. Mechatr. Systeme IMS
M. Etique;	Ecole d'ingénieurs du Canton de Vaud
K. Reichert;	ETZ Zürich (emeritiert)
B. Schneider;	Ecole d'ingénieurs du Canton de Vaud
I. Vaclavik;	Ecole d'ingénieurs du Canton de Vaud
R. Wetter;	EPF Lausanne, Laboratoire de machines électriques

Bundesamt für Energie:

R. Brüniger;	Programmleiter Elektrizität
F. Frey;	Leiter Technologiebereich Elektrizität / Marktbereich Elektrogeräte

Trendwatching-Gruppe „USV-Anlagen“ (im Aufbau)

Industrie / Ingenieurbüro:

M. Birrer;	Service Net AG
D. Gaia;	GE Digital Energy
V. Garapic;	ACT Advanced Technology Center
B. Kern;	EHAG Electronic Hardware AG
B. Kessler;	Almat AG
C. Meier;	UPSMEIER
R. Messerli;	GUTOR Electronic AG
K. Näf;	Rotronic AG
H. Portmann;	Liebert AG
L. Racciatti;	MGE UPS Systems AG
R. Steinmann;	Sicon Socomec AG
G. Schnyder;	Schnyder Ingenieure AG

Bundesamt für Energie:

R. Brüniger	Programmleiter Elektrizität
-------------	-----------------------------

Statusseminar-Teilnehmer „Hochtemperatursupraleitung in der Energietechnik“

Industrie / Ingenieurbüro:

P. Bruzzone; CRPP-FT
E. Fischer; ATEL, PSEL-Vertreter
R. Nauli; Siemens Schweiz AG
H.W. Neumüller; Siemens Corporate Technology, Erlangen
K. Hächler; Brugg Kabel AG
U. Hornecker; Brugg Kabel AG
H.R. Joost; Siemens Schweiz AG
M. Lakner; ABB Forschungszentrum
W. Paul; ABB Forschungszentrum
J. Rieger; Siemens Corporate Technology, Erlangen
G. Schnyder; Schnyder Ingenieure AG
M. Tran; CRPP-FT
R. Wesche; CRPP-FT
B. Zimmerli; Alstom Power
H. Zueger; ABB Sécheron SA

Hochschulen:

B. Dutoit; EPFL, Laboratoire de systèmes non linéaires
R. Flükiger; Universität Genf
K. Fröhlich; ETH Zürich, Institut für elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnologie
F. Gaille; Ecole d'ingénieurs du Canton de Vaud

Bundesamt für Energie:

F. Frey; Leiter Technologiebereich Elektrizität / Marktbereich Elektrogeräte
R. Brüniger; Programmleiter Elektrizität
