

Programm "Elektrizität"



Konzept

BFE-Forschungsprogramm

"Elektrizität"

2000 – 2003

Ausgearbeitet durch
die Programmleitung

R. Brüniger AG
Engineering & Consulting
Zwillikerstrasse 8
8913 Ottenbach

Im Auftrag des
Bundesamts für Energie

August 2000

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
2.	Schwerpunkte und Abgrenzung des Programms.....	2
2.1.	Kriterien zur Schwerpunktbildung	2
2.2.	Schwerpunktsübersicht	4
2.3.	Ausprägungen der Schwerpunkte	6
3.	Budget/ finanzieller Rahmen.....	8
4.	Teilbereich Verteilnetz	9
4.1.	Generelle Übersicht und technisches Umfeld.....	9
4.2.	Nationale und internationale Aktivitäten	11
4.3.	Schwerpunktaktivitäten.....	12
5.	Teilbereich Hochtemperaturesupraleitung.....	15
5.1.	Generelle Übersicht und technisches Umfeld.....	15
5.2.	Nationale und internationale Aktivitäten	17
5.3.	Programm-Schwerpunkte	19
5.3.1.	Ueberblick der Aktivitäten.....	19
5.3.2.	Zusammenfassung der Schwerpunkte	21
6.	Teilbereich elektrische Antriebe/Motoren	22
6.1.	Generelle Übersicht und technisches Umfeld.....	22
6.2.	Nationale und internationale Aktivitäten	24
6.3.	Schwerpunktaktivitäten.....	25
7.	Teilbereich Informations- / Kommunikationstechnik und Automaten	29
7.1.	Informations- und Kommunikationstechnik.....	29

7.1.1.	Generelle Uebersicht und technisches Umfeld.....	29
7.1.2.	Nationale und internationale Aktivitäten	32
7.1.3.	Schwerpunktaktivitäten.....	33
7.2.	Automaten	35
7.2.1.	Generelle Uebersicht und technisches Umfeld.....	35
7.2.2.	Nationale und internationale Aktivitäten	37
7.2.3.	Schwerpunktaktivitäten.....	39
8.	Trendwatching/ Begleitgruppen	41
8.1.	Ziel und Zweck der Trendwaching- / Begleitgruppe.....	41
8.2.	Trendwatching-Gruppe „Uebertragung / Verteilung“.....	41
8.3.	Trendwatching-Gruppe „Elektrische Antriebe“	41
8.4.	Trendwatching-Gruppe „Informations- und Kommunikationstechnik“	41
9.	Interessante Links	42
10.	Literaturverzeichnis	43
11.	Beilagen	45

Zusammenfassung

In allen Bereichen des täglichen Berufs- und Privatlebens spielt die Elektrizität eine unverzichtbare Rolle. Das BFE-Programm "Elektrizität" unterstützt in spezifischen Bereichen die optimierte Nutzung der elektrischen Energie von der Erzeugung über die Verteilung bis zum rationellen Einsatz. Das Programm wurde im Jahr 1990 gestartet und in zwei Konzepten (1990 – 1995 und 1996 – 1999) sukzessiv vorangetrieben. Mit dem nun vorliegenden dritten Konzept (2000 - 2003) erfährt das sich auf Forschungs- und Pilot/Demonstrationsaktivitäten konzentrierende Programm „Elektrizität“ eine klare Ausrichtung auf die **vier Schwerpunkte** *rationelle Nutzung im Bereich Antriebe/Motoren* und *rationelle Nutzung im Bereich Informations- / Kommunikationstechnik inkl. Automaten, Hochtemperatursupraleitung in der Energietechnik* und *elektrisches Verteilnetz*.

Durch die zunehmende Kurzfristigkeit und Gewinnmaximierung in der Industrie wird es zunehmend schwieriger, finanzielle Beiträge aus der Privatwirtschaft für langfristig orientierte Forschungs- und P+D-Vorhaben zu gewinnen. Zudem ergibt sich ein zunehmend unfreundlicheres Umfeld aufgrund der laufenden Elektrizitäts-Markliberalisierung, in dem Elektrizität vermehrt mit raffinierten und aggressiven Marketingmethoden verkauft wird und die Energieeffizienz weder beim Verbraucher noch beim Verkäufer im Vordergrund steht.

Nimmt man das BFE-Budget 2000 zum Masstab und berücksichtigt die im CORE-Konzept vorgesehene Mittelzuteilung für die nächsten drei Jahre, stehen dem Programm „Elektrizität“ für die Forschung Fr. 0.85 Mio. (exkl. KTI-Mittel) und dem Bereich P+D Fr. 0.2 Mio. (exkl. P+D für bundeseigene Projekte und allfällige zusätzliche Mittel aus der Förderabgaben) zur Verfügung. Die vorgesehene Mittelzuteilung ist nachfolgender Schwerpunktsbeschreibung zu entnehmen.

Die Schweiz braucht den internationalen Vergleich im Bereich der **Hochtemperatur-Supraleitung (HTSL)** nicht zu scheuen und nimmt in diversen Bereichen (Materialwirtschaft, Komponentenentwicklung wie Transformator oder Strombegrenzer) eine Spitzenstellung ein. In der Vergangenheit wurden durch den Bund gemeinsam mit der Industrie namhafte Beiträge zur Unterstützung kostenintensiver Komponenten-Forschungsprojekte (*Transformator, Energiekabel*) gesprochen. Aufgrund der zunehmend beschränkten finanziellen Mittel konzentrieren sich die zukünftigen Aktivitäten 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 unter-

stützt 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 in beschränktem Rahmen mitunterstützt. Eine Unterstützung im *Komponentenbereich* ist aus finanziellen Gründen nicht mehr im bisherigen Rahmen möglich. Budgetmässig werden für den HTSL-Bereich forschungsmässig etwa 15% reserviert, im P+D-Bereich sind keine entsprechenden Mittel vorgesehen.

Im Bereich **elektrisches Verteilnetz** resultieren durch den vermehrten Einsatz von *dezentralen Erzeugern* (Photovoltaik, Biomasse, Brennstoffzellen etc.) für den Netzbetreiber neuartige Probleme, 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 und die Betriebsführung sind Projektinhalte in diesem Teilgebiet. Zudem wird die *Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes* aufgrund des entstehenden Kostendruckes Auswirkungen auf den Betrieb sowie allenfalls auf die Verfügbarkeit des Verteilnetzes haben. Deshalb werden soweit zweckmässig Auswirkungen und technische Massnahmen bezüglich Netzqualität und Versorgungssicherheit untersucht. Budgetmässig werden für den Bereich des elektrischen Verteilnetzes forschungsmässig etwa 15% vorgesehen, im P+D-Bereich sind vorerst keine Mittel vorgesehen.

Der Bereich **rationelle Elektrizitätsnutzung** weist unverändert ein beachtliches Einsparpotential auf, und einhergehend mit dem CORE-Konzept liegt hier finanziell und themenmässig der Schwerpunkt. Aufgrund von Potentialabschätzungen und unter Abstimmung mit andersweitigen Forschungsanstrengungen haben sich die zwei Schwerpunkte **elektrische Antriebe/Motoren** und **Informations-/Kommunikationstechnologie und Automaten** herauskristallisiert.

Bereits im Konzept 1996–1999 wurde hingewiesen, dass im Bereich **elektrische Antriebe/Motoren** energieorientierte Aktivitäten nicht primär 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 Frequenzumrich-*

ters/Integraldrive, Auslege- und Dimensionierungs-Tools, Etablierung eines neutralen Prüfzentrums etc.). Budgetmässig sind forschungsmässig etwa 40% reserviert, im P+D-Bereich sind etwa 50% vorgesehen.

Im Bereich der **Informations-/Kommunikationstechnologie und 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 schnellebigen Thematik. Andererseits erfolgen notwendige Arbeiten für ein zweckmässiges Labeling / Zielwerte. Schliesslich sind neuartige Lösungen sowie Vorgehensweisen zur effizienten Energieeinsparung zu erproben.

Budgetmässig sind für die Forschung etwa 20%, für den P+D-Bereich etwa 40% reserviert.

Neben den vorerwähnten zwei Schwerpunkten der rationalen Nutzung erfolgen insbesondere im Haushaltsgerätebereich, meist gekoppelt mit der Thematik „Wärme“ fallweise Unterstützungen. Budgetmässig sind sowohl für die Forschung als auch für den P+D-Bereich je etwa 10% vorgesehen.

Der **Umsetzung neuer Erkenntnisse** wird in allen Bereichen grosses Gewicht beigemessen. So werden für Umsetzungsarbeiten 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 und stellen ein ausgezeichnetes Mittel für den Erfahrungsaustausch, Wissensvermittlung sowie den Kontakt zwischen Industrie, Hochschule und Forschung dar.

1. Einleitung

Das Programm „Elektrizität“ wurde im Jahr 1990 lanciert und in zwei Konzepten (1990 – 1995 und 1996 – 1999) sukzessive vorangetrieben. Mit dem nun vorliegenden dritten Konzept (2000 - 2003) erfährt das sich auf Forschungs- und Pilot/Demonstrationsaktivitäten konzentrierende Programm „Elektrizität“ eine Ausrichtung auf vier definierte Schwerpunkte.

Als Grundlage für die Schwerpunktbildung, die generelle inhaltliche Ausgestaltung der verschiedenen Schwerpunkte und damit letztendlich für das vorliegende Konzept, diente das von der CORE (Commission fédérale pour la Recherche Energétique, Eidg. Energieforschungskommission) verabschiedete Konzept der Energieforschung des Bundes 2000 – 2003 vom November 1999.

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 durch die Programmleitung ins Leben gerufen und bestehen in jedem Schwerpunktsbereich aus Vertretern der Industrie, aus einschlägigen Verbänden sowie Mitarbeitern von Fachhochschulen und Hochschulen. Damit kann der Wissenstransfer institutionalisiert werden und ebenfalls wird eine optimale Kom-

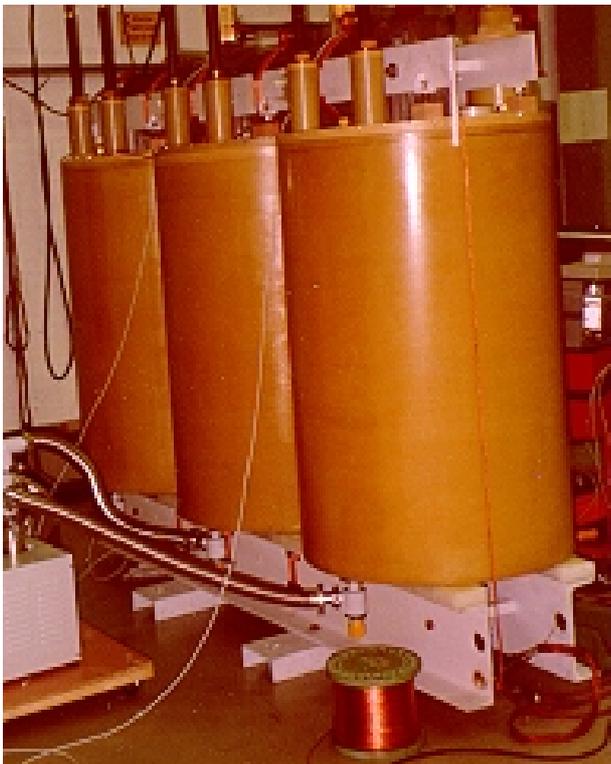


Pumpe mit Integraldrive

munikation zwischen Hochschule und Industrie gefördert. Gleichzeitig wird ein Miteinbezug der wichtigen nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten sichergestellt.

Die mit den letzten zwei Konzepten angestrebten Ziele konnten zu einem grossen Teil erreicht werden und in mehreren Projekten wurden wesentliche, neue Erkenntnisse gewonnen. Beispielhaft seien folgende drei Ergebnisse erwähnt:

- Mit dem erfolgreichen Nachweis einer Wirkungsgradverdreifachung von Kleinumwälzpumpen konnte die einschlägige Industrie dazu bewegt werden, entsprechend energieeffiziente Produkte weiterzuentwickeln.
- Mit dem Konzipieren und Bauen eines Hochtemperatursupraleiter-Transformators wurde in der Schweiz weltweit erstmals ein entsprechender Transformator ein Jahr lang am Netz betrieben (siehe Bild).
- Durch die Entwicklung des Integraldrives wurde diese energieeffiziente Technologie vorwärtsgetrieben. Zudem konnte sich eine Startup-Company erfolgreich am Markt behaupten und mehrere Arbeitsplätze wurden geschaffen (siehe Bild).



Supraleitender 630 kVA Verteiltransformator

Teilweise musste die strategische Ausrichtung im Laufe der Zeit neuen Gegebenheiten und Erkenntnissen angepasst werden. Insbesondere wurden verschiedene, bis anhin im Programm „Elektrizität“ behandelten Bereiche wie z.B. Wasserkraft oder Kondensatoren/Ladegeräte aufgrund einer Straffung der Programmstrukturen in andere Programme übergeführt. Diesen neuen Umständen wird mit dem vorliegenden Konzept Rechnung getragen.

2. Schwerpunkte und Abgrenzung des Programms

2.1. Kriterien zur Schwerpunktbildung

Grundsätzlich erstreckt sich das Programm „Elektrizität“ von der Erzeugung über die Speicherung, Übertragung und Verteilung bis zur rationellen Nutzung dieses wertvollen Energieträgers. Um dem weiten Gebiet eine klare Struktur zu verleihen, wurden die einzelnen Teilgebiete systematisiert und strukturiert. Im Verlaufe der Zeit erfolgte dann eine sukzessive Schwerpunktbildung.

Wesentliche Grundlagen für die Schwerpunktbildung der nächsten vier Jahre sind im Konzept der Energieforschung des Bundes 2000 - 2003 der CORE zu finden. Neben allgemeinen energie- und forschungspolitischen Vorgaben sind zudem explizit auch inhaltliche Stossrichtungen im CORE-Konzept vorhanden. Aufbauend auf diesen Rahmenbedingungen erfolgte die Schwerpunktbildung in einem iterativen Prozess evolutionär. Miteingeschlossen wurden auch die andersweitig laufenden nationalen Programme und Aktivitäten, die einen unmittelbaren Einfluss auf das vorliegende Konzept ausüben. Ebenfalls wurden die finanziellen Restriktionen sowie Abgrenzungen einiger Themen mit anderen BFE-Programmen mitberücksichtigt.

Die graphische Uebersicht auf der folgenden Seite (Uebersicht/Abgrenzungen) zeigt die ganzheitliche Themenübersicht im Bereich Elektrizität strukturiert auf. Daraus ist auch direkt ersichtlich, welche Gebiete durch andere BFE-Programme abgedeckt werden und deshalb im vorliegenden Programm keine direkten Aktivitäten erforderlich sind (schraffiert hinterlegte Bereiche). Selbstverständlich sind in der Praxis Ueberschneidungen nicht ganz auszuschliessen. Klar ist aber, dass die Führung dieser, durch andere Programme abgedeckten Bereiche nicht in der Verantwortung des Programms Elektrizität liegt. Operativ werden durch periodische Gespräche mit den entsprechend Verantwortlichen und gegenseitiges Informieren die Abgrenzung auf Projektebene jeweils sichergestellt.

Die Schwerpunktbildung entwickelte sich deshalb aus den nicht bereits andersweitig abgedeckten Gebieten, wobei die folgenden Kriterien angelegt wurden:

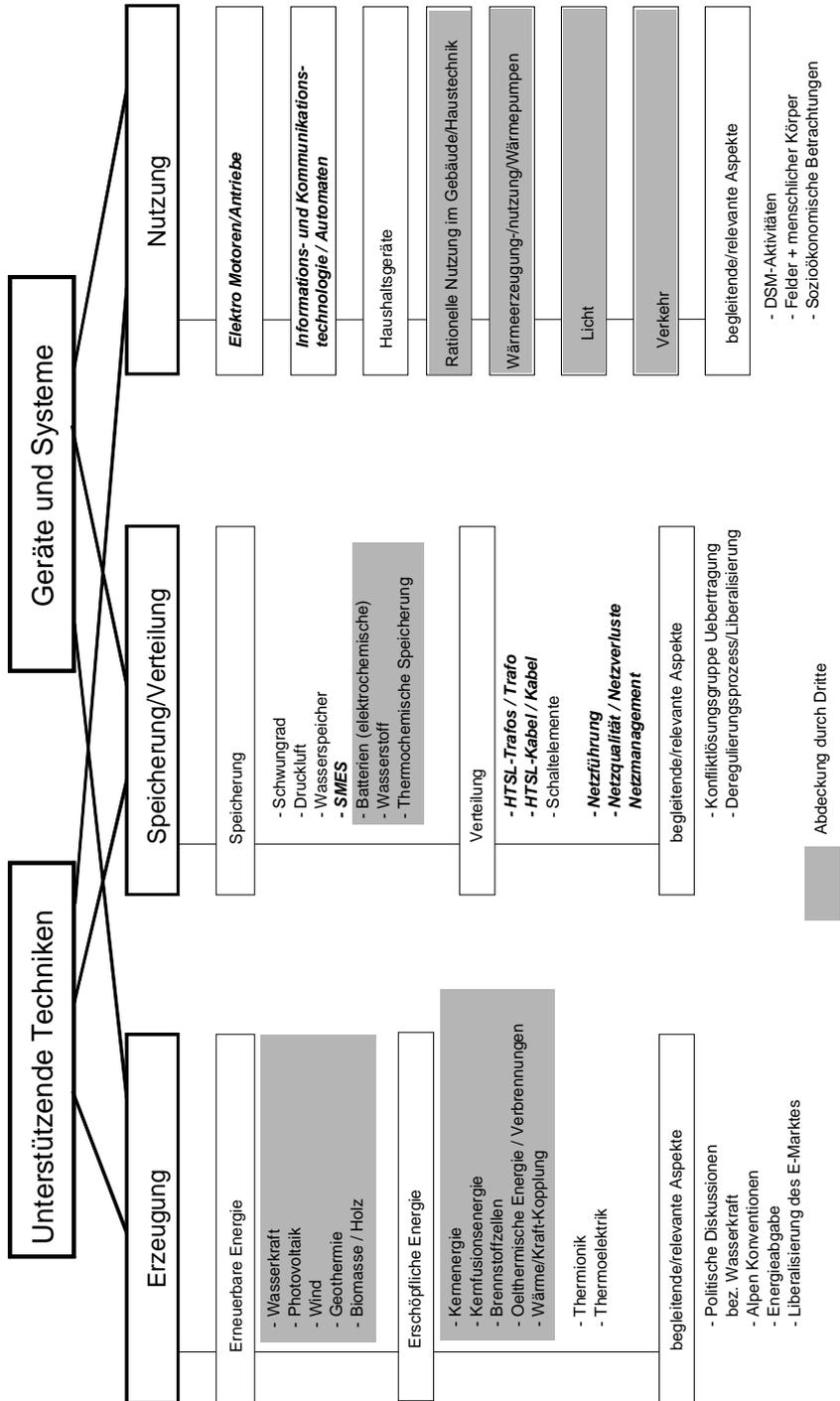
- *Gegenwärtige und zukünftige Energierelevanz:* Mit diesem Kriterium wird berücksichtigt, ob zur Zeit oder in absehbarer Zukunft im Teilbereich ein substantieller Teil der elektrischen Energie involviert ist.
- *Einfluss- und Beeinflussungsmöglichkeiten durch das BFE:* Mit diesem Kriterium soll berücksichtigt werden, ob das BFE über Möglichkeiten zur

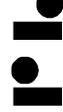
Marktbeeinflussung verfügt (Zielwerte, regulatorische Möglichkeiten, etc.).

- *Wirtschaftlichkeit:* Dieses Kriterium soll den Umstand berücksichtigen, dass nicht wirtschaftliche Ergebnisse schwierig bis kaum umsetzbar sind.
- *Gegenwärtige und zukünftige Aktivitäten der Privatwirtschaft:* Damit soll dem Gedanken der Subsidiarität und dem Komplementär-Gedanken Rechnung getragen werden.
- *Homogenität der Zielgruppe/Duplizierbarkeit:* Mit diesem Kriterium soll berücksichtigt werden, ob Ergebnisse einfach oder schwierig den relevanten Zielgruppen vermittelt werden können. Die Möglichkeiten der einfachen oder schwierigen Duplizierbarkeit werden somit berücksichtigt.

Obwohl die erfolgte Einschätzung zu einem Grossteil nur unter gewissen Annahmen und Schätzungen vorgenommen werden konnte, war dieser Prozess äusserst hilfreich zur Schwerpunktbildung. Im Anhang ist das Ergebnis dieser Kriterienauswertung in Form einer sogenannten „Priorisierungsmatrix“ zu finden [Beilage A]. Mit dieser Matrix konnte ein erster Schritt gemacht werden, und darauf aufbauend konnte anschliessend eine vertiefte und ergänzende Interpretations- und Auswertungsarbeit erfolgen. Die wesentlichen diesbezüglichen Ueberlegungen und die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen sind im nachfolgenden Abschnitt näher erläutert.

Forschungs- und P+D-Programm "Elektrizität"



 R. Brüniger AG Engineering & Consulting	Plan Nr.	Datum:	Projekt:	
	Ref. Nr.	6.07.2000	Elektrizität	
Format: A4 quer	Gezeichnet:	Br	Forschungs-Programm	
Massstab:	Geprüft:		Übersicht/Abgrenzungen	
Änderung:	Freigegeben:		Bundesamt für Energie (BFE)	
Auftrag: 001.005			Ort: Bern	
File: BRZ-Übersicht2_DS4			Anlage: =	
			Blatt 1	
			VON 1	

2.2. Schwerpunktsübersicht

Aufbauend auf der systematischen Struktur der aufgezzeichneten Graphik (siehe vorangegangene Seite), werden nun die einzelnen Schwerpunkte gemäss dem Elektrizitätsfluss von der Entstehung bis zum Nutzen diskutiert und die Schwerpunktbildung beschrieben.

Erzeugung:

Im Bereich der elektrischen Erzeugung wird das ganze Gebiet der *erneuerbaren Energien* mit jeweils eigenständigen BFE-Programmen abgedeckt. Elektrizitätsrelevante und technikorientierte Problemstellungen werden soweit notwendig und in Absprache mit den entsprechend Verantwortlichen bedarfsorientiert durch das Programm „Elektrizität“ betreut (z.B. Wechselrichtertechnologie für erneuerbare Energien).

Im Bereich der *erschöpflichen Energien* erfolgt mit Ausnahme des Gebiets der Thermionik und Thermoelektrik die Abdeckung ebenfalls vollständig durch andere BFE-Programme (Kernenergie, Wärme-Kraft-Kopplung, Verbrennung). Vor einiger Zeit bereits durchgeführte Studien im Bereich der Thermionik und Thermoelektrik haben gezeigt, dass zur Zeit keine energierelevanten Möglichkeiten im Bereich dieser „unkonventionellen Energieerzeugung“ vorhanden sind, womit das Thema der elektrischen Erzeugung insgesamt keinen Programmschwerpunkt darstellt.

Speicherung/Verteilung:

Auch 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. Zwar wird die Schwungradtechnologie durchaus verfolgt, da damit in verschiedenen Bereichen interessante Lösungen möglich sind. Ein Schwerpunkt lässt sich daraus aber nicht ableiten.

Die *elektrische Verteilung* stellt das Rückgrat der elektrischen Versorgung dar. Die gesamte elektrische Energie wird über dieses Verteilnetz dem Verbraucher zugeführt, womit mit Verbesserungen lediglich im Promillebereich grosse Effekte erzielt werden können. Gerade mit der Marktliberalisierung sind technische Konsequenzen abzusehen, die eingehender Untersuchungen bedürfen. Dieser Bereich wird deshalb im Programm als Schwerpunkt angesehen, wenn hierfür auch nur beschränkte finanzielle Mittel aufgewendet werden.

Stark gekoppelt mit dem elektrischen Verteilnetz ist der technologieorientierte Bereich *Hochtemperatursupraleitung*. Die Schweiz hat mit grossen Anstrengungen in diesem Gebiet eine Spitzenstellung inne und Studien

zeigen auf, dass mittelfristig in gewissen Gebieten energierelevante Systeme eingesetzt werden könnten. Dieses Gebiet wird deshalb gleichermassen als Schwerpunkt behandelt, wobei jedoch aus finanziellen Erwägungen hauptsächlich die Informationsverbreitung und spezifische Systemstudien unterstützt werden.

Rationelle Nutzung:

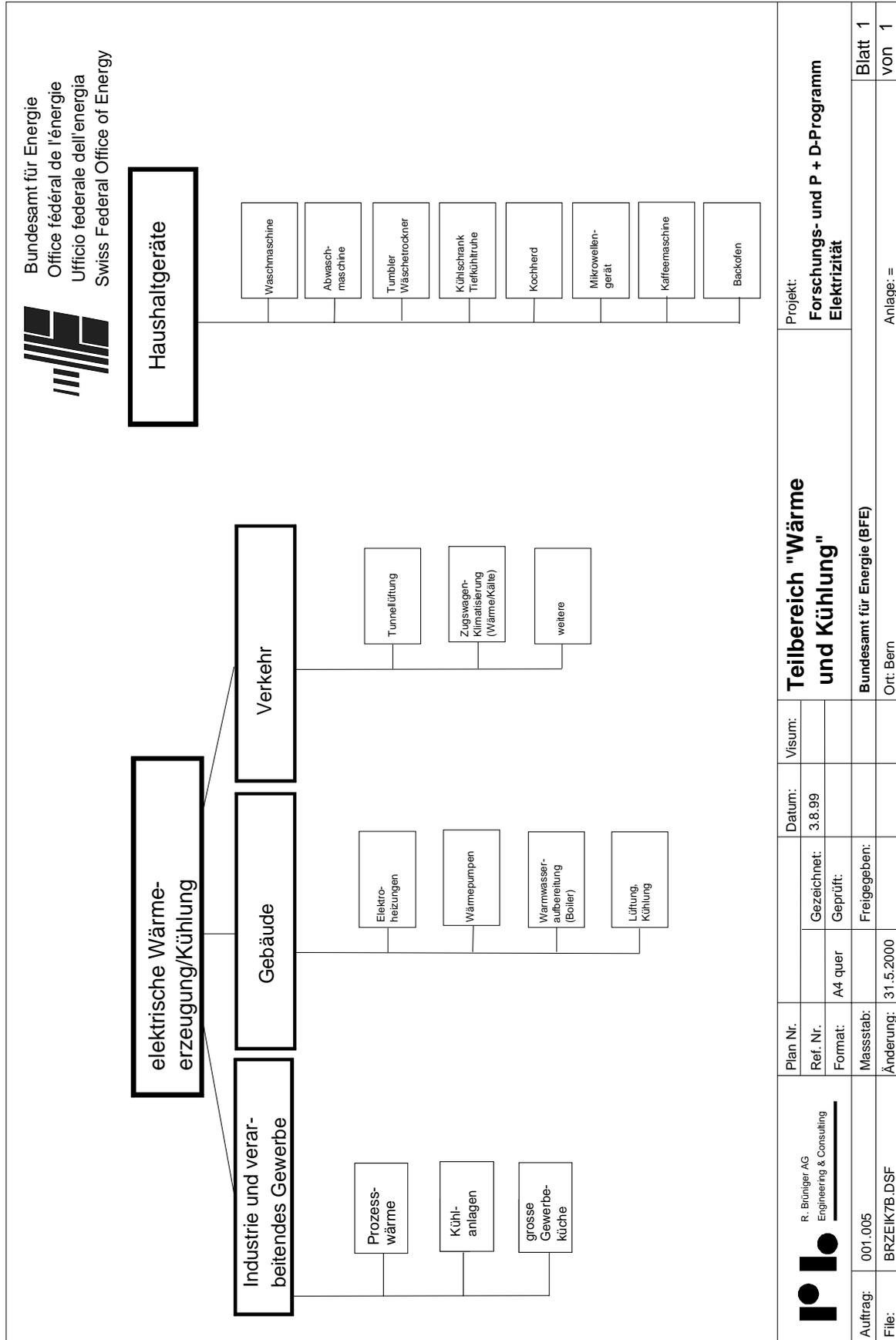
Der Bereich der *rationellen Nutzung* ist ein äusserst breites Gebiet und eine Konzentrierung auf spezifische Gebiete ist unerlässlich. Um die Energierrelevanz etwas darzulegen, wurde basierend auf verschiedenen Quellen sowie aufgrund diverser Expertengespräche eine grobe Schätzung des Elektrizitätsverbrauchs vorgenommen. Die entsprechende Grafik ist im Anhang [Beilage B] zu finden.

Aufgrund der Tatsache, dass der grösste Elektrizitätsverbrauch durch *Motoren/elektrische Antriebe* verursacht wird und verschiedene Studien ein grosses Einsparpotential aufweisen, gilt dieser Bereich als klarer Schwerpunkt. Ebenfalls ist der Bereich *Kommunikation und Informationstechnik inkl. Automaten* 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.

Die Bereiche *rationelle Nutzung in Gebäude / Haustechnik, Wärmeerzeugung- und -nutzung, Wärmepumpen* sowie die zwei Bereiche *Verkehr* und *Licht* werden durch andere BFE-Programme abgedeckt. Im Sinne von *unterstützenden Technologien* werden in Absprache mit diesen Programmen bei Bedarf technologieorientierte Arbeiten mitunterstützt. Die Schnittstelle wurde derart festgelegt, dass im vorliegenden Programm *technischorientierte und sich auf Elektrotechnik konzentrierende Aspekte* behandelt werden. Ein gegenseitiger Miteinbezug wird in konkreten Projekten zudem in sich überschneidenden Fällen sichergestellt.

Der Bereich *Haushaltsgeräte* stellt zwar einen duplizierbaren Massenmarkt mit einem substantiellen Elektrizitätsverbrauch dar. Da die Industrie bezüglich Energieeffizienz einerseits bereits sehr weit mit ihren Produkten vorangeschritten ist und europaweit klare Normen/Labels gelten, und andererseits bisherige Projekterfahrungen nicht unbedingt ermutigend waren (z.B. Projekt Oekokühlschrank oder Kochplatten), wird dieser Bereich zwar miteinbezogen, jedoch nicht als eigentlicher Schwerpunkt für Forschung und P+D betrachtet.

Der Bereich *Wärmeerzeugung/Kühlung* erstreckt sich über ein weites Gebiet und umfasst zu einem wesentlichen Teil auch die Haushaltsgeräte. Um in diesem komplexen Gebiet eine klare Abgrenzung vornehmen zu können, werden die einzelnen Subbereiche inkl. Haushaltsgeräte auf der nächsten Seite aufgezeichnet.



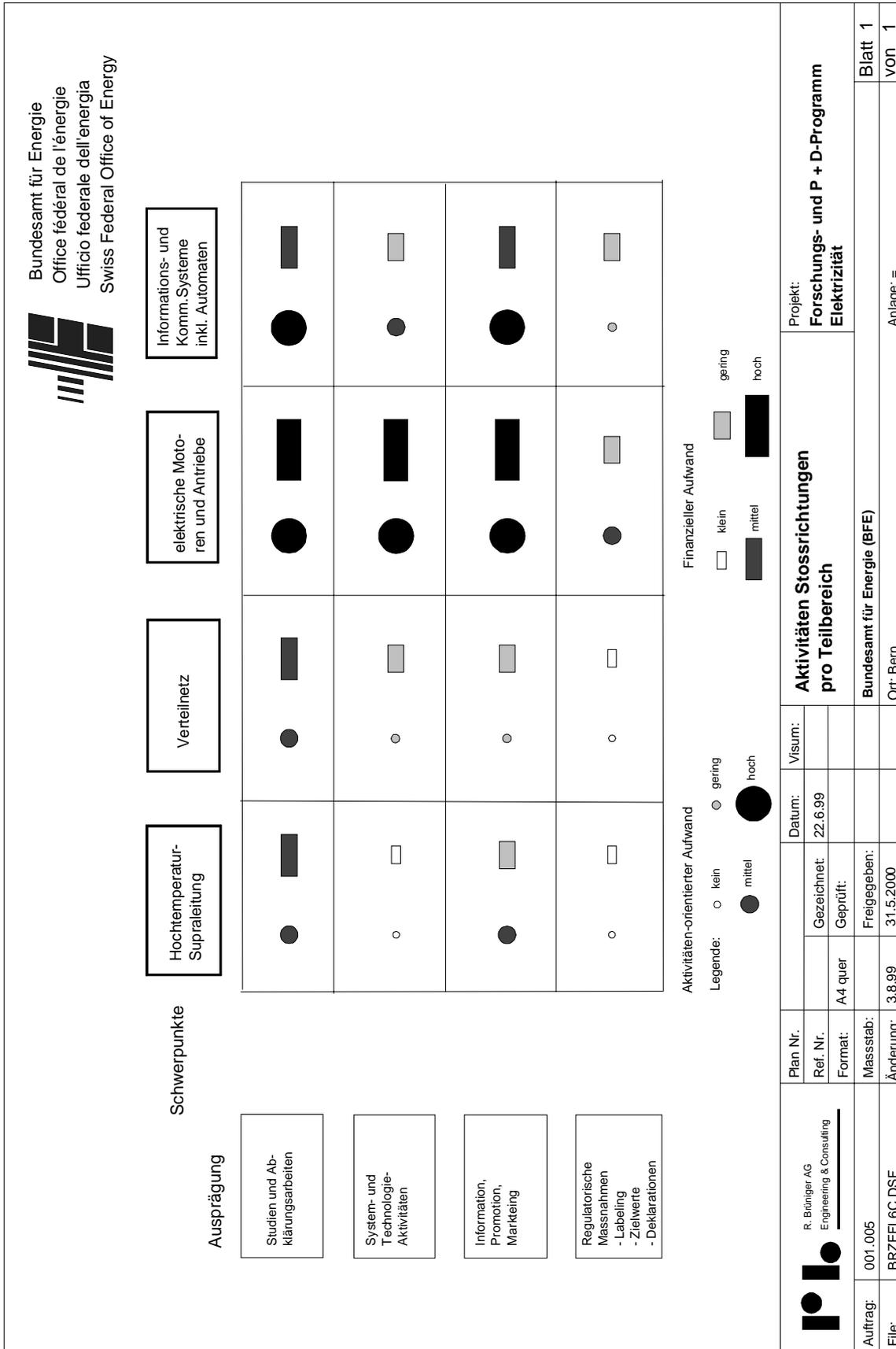
Figur Wärme

Da im Bereich *Wärmeerzeugung/Kühlung* die Subbereiche *Verkehr* und *Gebäude* durch andere Programme abgedeckt werden, konzentriert sich dieser Bereich auf den Bereich der Industrie und des verarbeitenden Gewerbes. In diesem Gebiet wird der Bereich der Prozesse inkl. Abwärmenutzung ebenfalls durch ein anderes BFE-Programm abgedeckt, sodass im vorliegenden Programm neben dem bereits diskutierten Bereich *Haushaltsgeräte* lediglich noch die Bereiche *Kühlanlagen* und *gewerbliche Küchen* verbleiben. Da aber in den beiden letztgenannten Bereichen nur sogenannte initiiierende Projekte (Trigger-

Projekte) unterstützt werden, kann dieser Bereich keinen Schwerpunkt darstellen. Zudem ist die Duplizierbarkeit nicht oder meist nur beschränkt gegeben.

2.3. Ausprägungen der Schwerpunkte

Aufgrund der Verschiedenartigkeit der vier Schwerpunkte sind auch unterschiedliche Aktivitäten/Ausprägungen für die zweckmässige Bearbeitung notwendig. Im folgenden sind rein qualitativ in Tabellenform die vorgesehenen Aktivitäten dargestellt.



Figur Ausprägungen

3. Budget/finanzieller Rahmen

Für die Budgetzuteilung wird als Basis das Budget 2000 beigezogen, welches sich bezüglich Forschung auf Fr. 850'000.— (ohne KTI-Beiträge) und bezüglich Pilot- und Demonstrationsanlagen (P+D) auf Fr. 200'000.— beläuft. Zusätzlich stehen für bundeseigene P+D-Projekte Fr. 450'000.— zur Verfügung. Nicht eingeschlossen in die vorerwähnten Zahlen sind allfällige Gelder bei einer Zustimmung der eidgenössischen Abstimmung über die Förderabgaben im September 2000.

Abgesehen von den eventuellen Förderabgaben ist aufgrund der finanziellen Lage des Bundes kaum zu erwarten, dass die Budgets zukünftig aufgestockt werden. Für die nächsten Jahre wird deshalb von einem unveränderten Budget ausgegangen. Das Konzept ist auf dieser Annahme aufgebaut. Aufgrund der vorgesehenen Kon-

zeptstossrichtung wird die nachfolgend tabellarisch zusammengestellte Budgetaufteilung vorgeschlagen.

Gerade aufgrund der beschränkten Mittel, aber auch zum optimalen Einbinden der Industrie wird angestrebt, dass sich die Industrie und die Elektrizitätswirtschaft mit namhaften finanziellen Beiträgen an den Kosten von BFE-Projekten beteiligen. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass im Programm „Elektrizität“ Industriebeteiligungen in der Höhe von durchschnittlich rund 80% erreicht werden konnten. Eine diesbezügliche Untersuchung innerhalb des Programms hat nämlich aufgezeigt, dass in den Jahren 1998 und 1999 pro investierter BFE-Franken etwa 4 Franken durch die Industrie investiert wurden. Dies bedeutet, dass die budgetierten BFE-Mittel aufgrund der zusätzlichen Industriebeteiligungen erheblich erhöht werden dürften.

	<i>Elektrische Verteilung</i>	<i>Hochtemperatur-Supraleitung</i>	<i>Rationelle Nutzung</i>		<i>Diverses, Reserve</i>	<i>Total</i>
			<i>Motoren</i>	<i>Kommunikation</i>		
Forschung	15 %	15 %	40 %	20 %	10 %	100 %
	130'000.--	130'000.--	340'000.--	170'000.--	80'000.--	850'000.--
P+D	0 %	0 %	50 %	40 %	10 %	100 %
<i>allgemein</i>	--.--	--.--	100'000.--	80'000.--	20'000.--	200'000.--
P+D	0 %	0 %	50 %	40 %	10 %	100 %
<i>bundesintern</i>	--.--	--.--	225'000.--	180'000.--	45'000.--	450'000.--

Jährliches Budget des BFE-Programms „Elektrizität“

4. Teilbereich Verteilnetz

4.1. Generelle Uebersicht und technisches Umfeld

Die angestrebte Zielsetzung im Teilgebiet *Verteilung* umfasst die Erreichung bzw. Erhaltung der hohen Netzverfügbarkeit, gekoppelt mit einer optimalen Netzqualität sowie der Minimierung der Transportverluste. Mit dem zunehmenden Bestand von IPP's (Independent Power Producers) steigen die Anforderungen an die Betriebsführung der Verteilnetze. Dies erfordert die Förderung des Einsatzes der Netzleittechnik für die Optimierung der Verteilnetze.

Das Teilgebiet Verteilung wird thematisch aufgetrennt in die Bereiche Einbindung dezentraler Erzeuger, Produkte/Systeme sowie Netzbetrieb/Netzmanagement im liberalisierten Elektrizitätsmarkt. Ebenfalls kommt der Fachwissens-Vermittlung ein hoher Stellenwert zu. Die auf der nächsten Seite stehende Grafik zeigt die strukturierte Übersicht der vorgesehenen Forschungsaktivitäten.

In den Forschungsaktivitäten sind auch die Entwicklungstendenzen im Übertragungsnetz zu verfolgen, da durch den Einfluss der Liberalisierung der Elektrizitätsmärkte technologische Entwicklungen stattfinden können, deren Einfluss sich auch auf die Verteilnetze auswirken. Diesbezüglich sei beispielsweise auf die Umsetzung der FACTS (Flexible AC Transmission Systems) auf FACDS (Flexible AC Distribution Systems) hingewiesen.

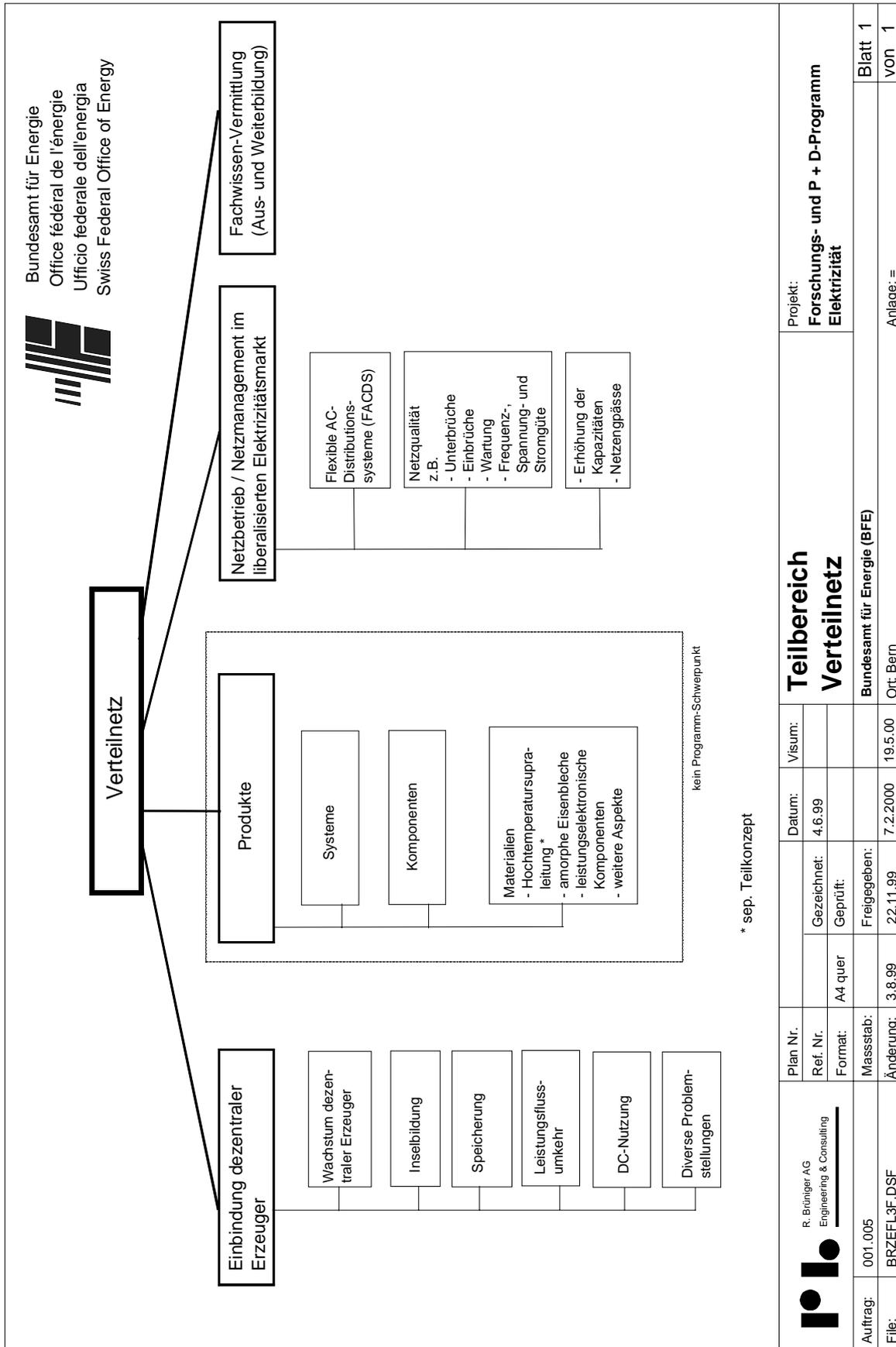
Der Bereich **Einbindung dezentraler Erzeuger** umfasst die Auswirkungsidentifikation und das Ausarbeiten von Lösungsansätzen, die mit dem Trend zum vermehrten dezentralen Einsatz der neuen erneuerbaren Energien Sonne, Wind, Biomasse sowie von Wärmekraftkopplungsanlagen, Brennstoffzellen, Gasturbinen- und Gaskombikraftanlagen zusammenhängen. Der Einsatz dezentraler Energieerzeuger führt zu einer Verminderung der Übertragungsverluste, die sich aus den Verlusten der Transformation und der Übertragung über die Freileitungen und Kabel der Hoch- und Höchstspannungsnetze zusammensetzen. Gleichzeitig steigen aber die Anforderungen an die Netzführung und das Netzmanagement, da in bestimmten Last- und Netzsituationen eine Umkehr des Energieflusses in Richtung überregionales Verteilnetz möglich ist. Zudem kann im Störfall eine ungewollte Inselnetzbildung erfolgen, die zu Folgeschäden bei asynchronem Zusammenschalten von Netzen führen kann.

Der Bereich **Produkte/Systeme** umfasst alle Einrichtungen, die für die Verteilung der elektrischen Energie ver-

wendet werden. Es sind dies die Transformatoren, Kabel und Freileitungen, Kompensations- und Phasenschieber-einrichtungen (z.B. FACDS), Speicherelemente, Schaltanlagen mit den Schutzeinrichtungen und die Leitsysteme. Der Bereich fasst alle Aktivitäten zusammen, die gezielt die energieeffiziente Optimierung, Entwicklung oder Neugestaltung der einzelnen Komponenten für die Energieverteilung anstreben. Dies betrifft auch den Einsatz neuer Materialien wie die Hochtemperatursupraleitung, den Einsatz von amorphen Eisenblechen in Transformatoren oder die Integration leistungselektronischer Komponenten.

Im Bereich **Netzbetrieb/Netzmanagement im liberalisierten Elektrizitätsmarkt** sind die Forschungsaktivitäten für die Optimierung des Gesamtsystems der Energieverteilung über das Verteilnetz beinhaltet. Der Netzbetrieb und die Netzführung umfassen die Sicherheit und Verfügbarkeit des Netzes zur Erfüllung der Verteilnetzaufgaben. Die Verlustminimierung, die Gewährleistung der Qualität der gelieferten Energie, die Minimierung von Ausfällen und die Überlastbeseitigung sind Aktivitäten des Netzmanagements. Mit der Liberalisierung der Elektrizitätsmärkte wird das Bedürfnis zur Datenübermittlung vom Verbraucher zum Netzbetreiber, vom Verbraucher zum Produzent oder vom Netzbetreiber zum Produzent für die Gewährleistung des sicheren Netzbetriebs anwachsen. Neuere Ergebnisse von Projekten im Bereich der gekoppelten Energie- und Datenübertragung zeigen ferner auf, dass die bestehende Infrastruktur bis zum Endverbraucher in Zukunft auch für die Datenübertragung genutzt werden kann.

Im liberalisierten Markt werden neben der Energie und/oder der Leistung ebenfalls die Netzgebühren für die Durchleitung und die Systemdienstleistungen dem Verbraucher explizit verrechnet. Die Systemdienstleistungen umfassen die Spannungshaltung und damit die Blindleistungsbereitstellung, den Inselbetrieb, den Ausgleich der Wirkverluste und die Reservehaltung. Zur Minimierung der Kosten werden daher Einrichtungen für die Bereitstellung von einzelnen Systemdienstleistungen vermehrt in der Nähe des Verbrauchers platziert. Dies betrifft beispielsweise Komponenten für die Blindleistungsproduktion. Die lokale Blindleistungsproduktion reduziert die Übertragungsverluste im Verteilnetz.



Figur Verteilnetz

Die anstehende Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes erhöht zudem den Kostensenkungsdruck für die Erstellung, den Betrieb und Unterhalt der Verteilnetze massiv. Dies wird unter anderem dazu führen, die bestehende Infrastruktur stärker auszulasten und Investitionen soweit möglich herauszuzögern. Eine stärkere Auslastung der Komponenten führt automatisch zu einem Anstieg der Übertragungsverluste, womit auch der Anreiz für Massnahmen zur Verlustminimierung steigen wird.

4.2. Nationale und internationale Aktivitäten

National werden die Aktivitäten weitgehend mit denjenigen des Projekt- und Studienforschungsfonds der Elektrizitätswirtschaft (PSEL) abgestimmt. Vom PSEL fließen ca. 25% des Budgets in Projekte der Übertragung und Verteilung, wobei das Schwergewicht bisher im Bereich der Übertragung liegt. Die Hochschulen und vereinzelt Fachhochschulen führen ebenfalls Forschungsaktivitäten im Bereich Verteilnetz aus. Weitere spezifische, auf das Gebiet des Verteilnetzes ausgerichtete nationale Programme oder Schwerpunkte sind neben dem vorliegenden Programm nicht vorhanden.

Im Teilbereich Verteilnetz bilden die bisherigen Ergebnisse folgender BFE-Forschungsprojekte die Basis für weitere Forschungsarbeiten:

- Die Resultate des Projektes *Lastbestimmungsmodell für Verteilnetztransformatoren* nützen unter anderem für die Verlustminimierung und für die systematische Optimierung des Verteilnetzes.
- Verschiedene Projekte im Bereich *Verteilnetztransformatoren* zeigten, dass mit dem Einsatz von neuen Materialien die Verluste bei konventionellen Transformatoren um ca. 30% gesenkt werden, und beim Einsatz von leistungselektronischen Komponenten neben neuen betrieblichen Aspekten Wirkungsgrade in der Grössenordnung von 98.5 – 99% realisierbar sind.
- Mit dem Projekt *Zuverlässigkeit von Sicherheits-schaltungen gegen Inselnetzbildung* ist ein erster Schritt zur Thematik der dezentralen Energieerzeuger und deren Zusammenwirken mit dem Netz gestartet worden.

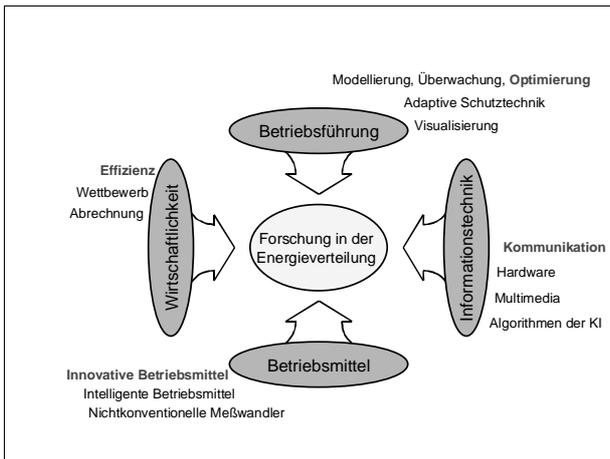
International sei auf die folgenden Aktivitäten hingewiesen:

- Die Aktivitäten des Electric Power Research Institute (EPRI) im Verteilnetz konzentrieren sich auf die Verbesserung der Netzqualität, insbesondere die Ent-

wicklung von Geräten zur Elimination von kurzzeitigen Spannungseinbrüchen.

- Beim Department of Energy (DOE) in den USA konzentrieren sich die Forschungsaktivitäten im Verteilnetz auf den Einsatz der Supraleitertechnologie und die Verfügbarkeit der Energieübertragung.
- Das Bundesland Nordrhein-Westfalen hat eine Landesinitiative zur Förderung von Zukunftsenergien gestartet. In diesem Programm werden ausschliesslich dezentrale Energieerzeugungseinheiten unterstützt. Unter anderem zeigt die Unterstützung des Projektes „10-kW Windkraftanlagen für den Inselbetrieb“ auf, dass in Zukunft auch ein Betrieb mit dezentralen Verteilnetzinseln eine Option darstellt.
- Im EU-Programm JOULE-Thermie ist zwischen 1995 und 1998 ca. 1 Mrd. ECU für die Ausführung von Forschungsaktivitäten finanziert worden. Dabei sind ca. 44% für Forschungsaktivitäten bei den erneuerbaren Energien umgesetzt worden, was den Trend für eine stetig wachsende Anzahl von dezentralen Erzeugungseinheiten beweist.
- Im Rahmen von mehreren weltweiten Forschungsaktivitäten wird an der Entwicklung von Systemkomponenten gearbeitet. Dabei steht die Minimierung der Übertragungsverluste im Vordergrund. Für die Steigerung der Energieeffizienz im Verteilnetz sind die Entwicklungen bei den Transformatoren und den Kabeln mit Leitern aus supraleitenden Materialien von Bedeutung.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die aktuellen internationalen Forschungsschwerpunkte im Bereich Verteilnetz. Aus dieser Auflistung werden die Schwerpunkte Energieeffizienz, Optimierung, Kommunikation und innovative Betriebsmittel in den geplanten Forschungsaktivitäten 2000 – 2003 direkt oder indirekt als energierelevant betrachtet.



Internationale Forschungsschwerpunkte in der Verteilung [1]

4.3. Schwerpunktaktivitäten

Die Stossrichtung der Forschung im vorliegenden Programm richtet sich auf den übergeordneten Themenbereich *unterstützende Technologien* aus und konzentriert sich damit schwerpunktmässig auf die *Einbindung dezentraler Erzeuger* sowie den (*technisch orientierten*) *Netzbetrieb/Netzmanagement im liberalisierten Elektrizitätsmarkt*. Auch dem *Vermitteln von Fachwissen* wird ein wichtiger Stellenwert zugestanden. Die Aktivitäten im Bereich *Produkte/Systeme* werden sehr zurückhaltend

und nur punktuell für die Initialisierung von Optimierungsarbeiten unterstützt, wobei als Voraussetzung ein quantifizierbarer Nutzen für den energieoptimierten Betrieb des Verteilnetzes resultieren muss.

Einbindung dezentraler Erzeuger

Durch den Trend des vermehrten Einsatzes von dezentralen Erzeugern vermindern sich die Übertragungsverluste und der optimierte Einsatz der erzeugten Energie steigt. Andererseits resultieren damit für den Netzbetreiber Probleme, 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 und die Betriebsführung sind die Schwerpunkte. Die untenstehende Abbildung zeigt dazu Problemstellungen auf, die zu berücksichtigen sind.

In einzelnen Forschungsprojekten sind Lösungsmöglichkeiten für folgende Problemkreise zu erarbeiten.

- **Wachstum dezentraler Erzeuger:** Das Wachstum dezentraler Erzeuger 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. aufzubereiten.
- **Inselbildung:** Beim Vorhandensein von dezentralen Energieerzeugern kann die Situation auftreten, dass ein Teil des Netzes gewollt oder ungewollt in den Inselbetrieb wechselt. Damit kein asynchrones Zusammenschalten von Netzen erfolgt, was ein Zerstören von Anlagenteilen zur Folge hat, sind entsprechende Sicherheitsmassnahmen vorzusehen. Dies-

Netzurückwirkungen

- Spannungsqualität
- Oberschwingungen
- Flicker, Spannungsschwankungen
- Symmetrie im Drehstromsystem
- Beeinflussung von Rundsteueranlagen

Sicherheitsanforderungen

- Rückspeisung
- Inselbildung
- Schutztechnik
- selektive Fehlererkennung

Verteilungsnetz Netzstruktur, Regelung

- Lastmodellierung
- Bereitstellung und Kompensation von Blindleistung
- P- und f-Regelung
- Versorgungssicherheit
- Optimierung

Problemstellung bei der Integration von dezentralen Energieerzeugungsanlagen in das Verteilnetz [1]

bezüglich sind Forschungsaktivitäten zu initialisieren und mit beschränkten finanziellen Mitteln zu unterstützen.

- **Speicherung:** Photovoltaik- und Windenergieanlagen 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.
- **Leistungsflussumkehr:** Mit steigender Anzahl dezentraler Energieerzeuger steigt die in das Netz eingespeiste Leistung, und abhängig von der Last und der Netzkonfiguration kann eine Umkehr des Leistungsflusses vom Verteilnetz in das überregionale Netz oder zumindest innerhalb des radial betriebenen Verteilnetzes zu den Unterwerken erfolgen. Diese Umkehr erfordert einen wesentlich flexibleren Betrieb des Verteilnetzes, was neben der Änderung der Netzführung auch die Installation von zusätzlichen Sicherheits- und Kommunikationseinrichtungen erfordert.
- **DC-Netze:** Photovoltaikanlagen und die Brennstoffzellen erzeugen Gleichstrom. Da die Gleichstromübertragung gegenüber der Drehstromübertragung kleinere Netzverluste aufweist, ist der Einsatz von zentralen Wechselrichtern in zentralen Schaltstationen zur Minimierung der Umwandlungsverluste zu beurteilen.

Netzbetrieb/Netzmanagement im liberalisierten Elektrizitätsmarkt

Die Verteilnetze werden bisher aus betrieblichen Aspekten in einer radialen Struktur, d.h. im offenen Ring, betrieben. Der Einsatz von Netzleittechnik, die Kenntnis des Lastzustandes mit Hilfe der Lastbestimmungsmodelle sowie der Einsatz von Schutzgeräten neuer Generation schaffen die Basis, um auch im Verteilnetz den Übergang von der radialen Betriebsweise in eine Betriebsweise des geschlossenen Rings oder vermaschten Struktur aufzubauen. Mit dem zunehmenden Druck der Verbraucher zur Erhöhung der Netzqualität, bzw. der Verfügbarkeit der Energielieferung im Verteilnetz, kann der Wechsel vom radial betriebenen Verteilnetz zum Ringbetrieb erfolgen. Nicht nur die Erhöhung der Verfügbarkeit der Energie, die bessere Ausnutzung der bestehenden Infrastruktur, sondern auch die Betriebsoptimierung sind Vorteile, die aus neuen Netzführungs- und Netzbetriebskonzepten entstehen.

Die Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes wird aufgrund des entstehenden Kostendruckes Auswirkungen auf den Betrieb, die Wartung und den Unterhalt sowie allenfalls die Verfügbarkeit des Verteilnetzes haben. Einflüsse wie

der vermehrte Einsatz von IPP's (Independent Power Producer) und deren Auswirkungen auf das Verteilnetz, werden im Rahmen der Aktivitäten *Einbindung dezentraler Erzeugungen* behandelt. Ebenfalls werden Auswirkungen und technische Massnahmen bezüglich Netzqualität und Versorgungssicherheit untersucht. Bezüglich den politischen und rechtlichen Aspekten wird hingegen seitens des Forschungsprogramms lediglich eine Beobachterrolle eingenommen. Allfällige stattfindende Veränderungen werden jedoch auf Energierrelevanz geprüft und entsprechende (technisch orientierte) Aktivitäten bedarfsorientiert unterstützt.

- **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 partiell und wenn möglich in Mitfinanzierung mit dem PSEL.
- **Netzqualität (inkl. Versorgungsqualität):** Die von den Verbrauchern erforderliche Netzqualität und die Versorgungsqualität kann im Umfeld des liberalisierten Marktes je nach Angebot von Seiten des Netzes durch den Verbraucher selber beeinflusst und definiert werden. Sofern beispielsweise für die Bereitstellung der Netzqualität Elemente mit leistungselektronischen Komponenten eingesetzt werden, sind die Umwandlungsverluste und die durch die Umwandlung erzeugten Oberschwingungen zu betrachten.
- **Erhöhung der Kapazitäten:** Durch geschicktes Last- und Netzmanagement können die bestehenden Verteilnetzkapazitäten erhöht 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.

Produkte und Systeme

Bisherige Forschungsergebnisse zeigen, dass die Effizienzsteigerung von Systemkomponenten und die Effizienzsteigerung durch die Anwendung von optimierten und

neuen Systemkomponenten mit Erfolg zur Minimierung der Übertragungsverluste im Verteilnetz führen. Die Hauptaktivitäten sind dabei aber durch die Industrie durchzuführen. Das BFE sieht diesbezüglich keine oder eine äusserst marginale, für den allfälligen Anstoss besonders Energie-relevanter Aktivitäten, finanzielle Unterstützung vor.

- **Komponenten:** Bei den Transformatoren ist die Motivation zur Reduktion der Verluste die Industrie selber, die versucht, mittels verlustoptimaler Transformatoren den Ersatz älterer Transformatoren zu forcieren. Die Forschungsaktivitäten für die Entwick-

lung von supraleitenden Transformatoren sind im Teilprogramm Supraleitung dargelegt. Neue Materialien wie die amorphen Eisenbleche reduzieren die Transformationsverluste weiter. Innovativ ist die Realisierung eines elektronischen Verteiltransformators.

- **Neue Materialien:** Die treibende Kraft für den Einsatz neuer Materialien in konventionellen Elementen im Verteilnetz ist unter anderem in der Regel auch die Minimierung von Verlusten. Beispiele sind der Einsatz von supraleitenden Materialien oder der Einsatz von amorphen Eisenblechen in Transformatoren.

5. Teilbereich Hochtemperatursupraleitung

5.1. Generelle Uebersicht und technisches Umfeld

Die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Hochtemperatursupraleitung (HTSL) wurde in der Schweiz seit deren Entdeckung durch A. Müller und G. Bednorz im Jahr 1986 mit bedeutenden öffentlichen Mitteln gefördert. Gegen 34 Mio. Franken sind bis 1995 allein in die Grundlagenforschung investiert worden.

Anwendungen der Hochtemperatursupraleitung in elektrischen Netzen sind *Transformatoren, Strombegrenzer und Schalter, Kabel, rotierende Maschinen (Generatoren, Motoren) und supraleitende magnetische Energiespeicher (SMES)*. Mit dem Einsatz dieser Technologien wird vor allem die Netzoptimierung, die Erhöhung der Übertragungskapazität und die Minimierung der Verluste anvisiert. *HTSL-Magnete, HTSL-Spulen und -Magnetlager* sind weitere Einsatzbereiche der HTSL in der Energietechnik. *Supraleitende Spulen* sind ferner ein wichtiger Bestandteil von zukünftigen Fusionskraftwerken [2].

In den letzten 5 Jahren haben das BFE, der PSEL und die RDP-CREE gemeinsam und koordiniert beträchtliche finanzielle Mittel zur Unterstützung von schweizerischen HTSL-Projekten bereitgestellt. Das BFE konzentrierte sich dabei insbesondere auf die Elemente *Transformator und Kabel*, da damit eine Minimierung der Verluste in diesen Elementen sowie auch eine Effizienzsteigerung des gesamten Energieübertragungsnetzes erzielt werden kann.

Die Wirtschaftlichkeit stellt einen wichtigen Aspekt im HTSL-Bereich dar, der leider zum heutigen Zeitpunkt nicht in allen Fällen abschliessend erfolgen kann. Die Investitionskosten und vor allem die Betriebskosten (elektrische AC-Verluste und Wärmeverluste, Kühleinrichtungen, Material, Abschreibung, Wartungsaufwendungen, etc.) sind vorerst noch für die unbefriedigenden Ergebnisse bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ausschlaggebend. Neben den Entwicklungen von Komponenten, deren Einsatz auch die Energieeffizienz des gesamten Netzes verbessern sollte, sind deshalb weitere intensive Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen auf dem Gebiet der Leitermaterialien, der Herstellung von langen Leitern und Bändern notwendig, damit der wirtschaftliche Einsatz von HTSL in elektrischen Netzen längerfristig erreicht wird.

Die heute bekannten und geeigneten HTSL-Materialien auf Basis von Yttrium (YBCO) und Bismuth (BiSSCO) weisen im AC-Netzbetrieb nicht zu vernachlässigende Verluste auf. Nur im DC-Netzbetrieb sind die Verluste vernachlässigbar. Damit ist für den Einsatz der Supraleitertechnologie grundsätzlich der DC-Netzbetrieb zu be-

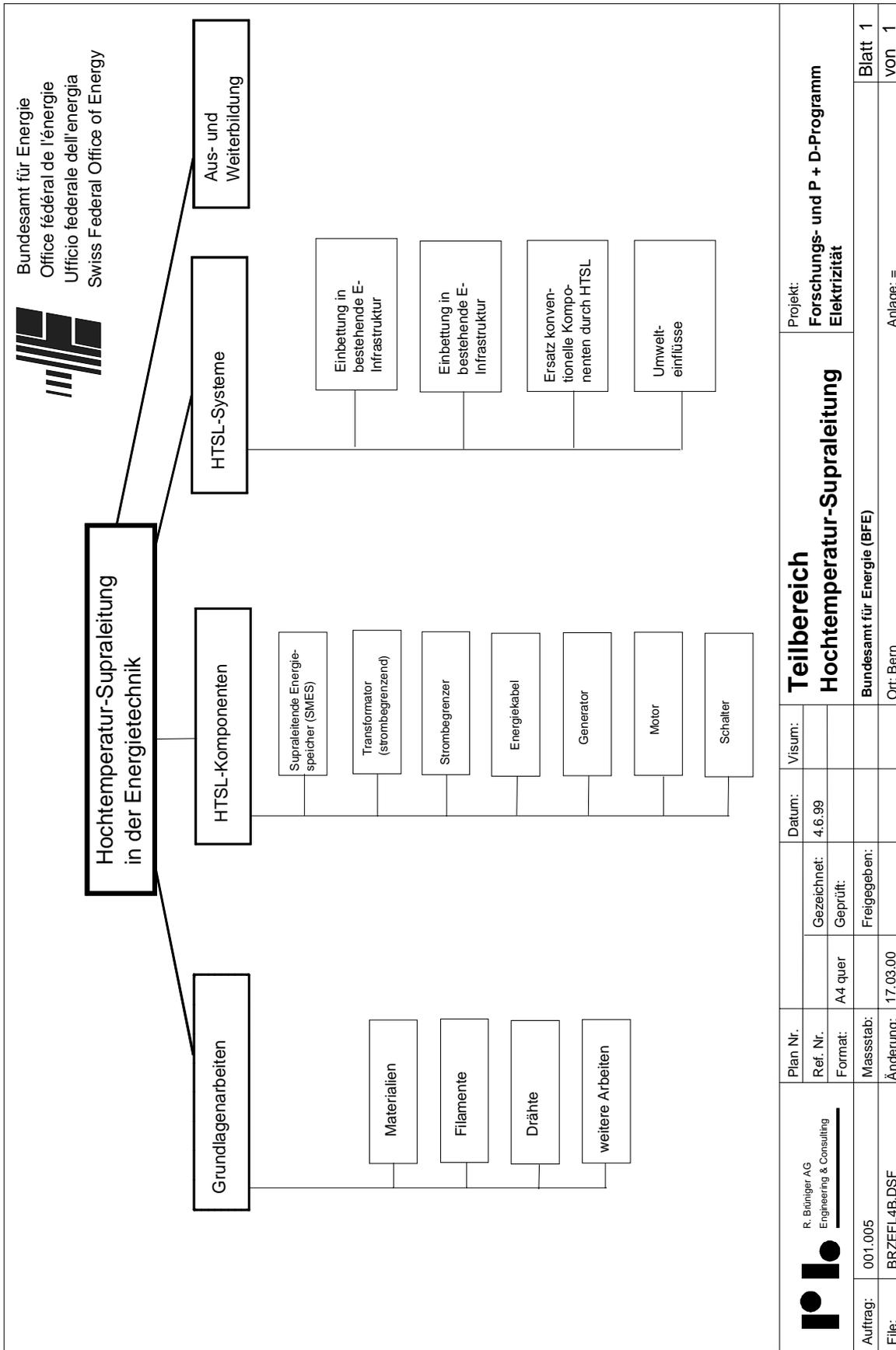
vorzuzug. Aus wirtschaftlichen Gründen ist aber ein genereller Wechsel von AC auf DC in elektrischen Netzen, wenn überhaupt, nur auf sehr lange Zeit gesehen, möglich. Ein DC-Betrieb kann aber in naher Zukunft in Einzelfällen, bei längeren Übertragungsleitungen und in lokalen Netzbereichen mit verteilten DC-Einspeisungen aus Photovoltaikanlagen, Brennstoffzellen oder Kleinkraftwerken mit Drehzahlen ungleich 50 Hz, durchaus eine Alternative zur bestehenden konventionellen Technologie darstellen.

Der Bereich *Grundlagenarbeiten* beinhaltet die Aktivitäten in der Materialforschung und der Leiterherstellung. Da das BFE-Programm Elektrizität nur Arbeiten der angewandten Forschung unterstützt, erfolgt keine Finanzierung von Arbeiten in der Grundlagenforschung.

Der Bereich *HTSL-Komponenten* umfasst zwar alle Elemente der elektrischen Energietechnik, von den Generatoren über die Transformatoren und Kabel der Übertragung/Verteilung bis zu den Anwendungen in den Motoren. Weil die Entwicklung auf dem HTSL-Sektor aber sehr kostenintensiv ist, gilt es, im Rahmen des vorliegenden Programms die beschränkten, finanziellen Möglichkeiten zu konzentrieren und insbesondere mit den weiteren Geldgebern (z.B. PSEL) zu koordinieren.

Im Bereich *HTSL-Systeme* sind schliesslich diejenigen Forschungsaktivitäten zusammengefasst, die der Optimierung des Gesamtsystems der Energieübertragung und -verteilung mit dem Einsatz der supraleitenden Materialien dienen. Abklärungen hinsichtlich AC oder DC als System für den optimierten Netzbetrieb, der Ersatz konventioneller Elemente durch supraleitende Elemente sowie die Einbettung neuer Elemente in das bestehende elektrische Netz bilden entsprechende Themenkreise.

Mit dem Bereich *Aus- und Weiterbildung* soll schliesslich erworbenes Fachwissen durch verschiedene Aktivitäten dem interessierten Kreis zugänglich gemacht werden.



Strukturierte, thematische Auflistung der HTSL

5.2. Nationale und internationale Aktivitäten

National sind die Aktivitäten soweit sinnvoll und zweckmässig mit den Projektaktivitäten des Projekt- und Studienforschungsfonds der Elektrizitätswirtschaft (PSEL) und der RDP/CREE abgestimmt. Weitere auf die HTSL-Anwendung in elektrischen Netzen ausgerichteten nationalen Programme des Bundes sind nicht bekannt. Schwerpunkte der Aktivitäten der Industrie und der Hochschulen in der Schweiz sind die folgenden:

- **Universität Genf:** In der Schweiz ist die Universität Genf intensiv in der Leiterentwicklung tätig. Die Arbeiten konzentrieren sich auf die Gebiete neue Leiterkonfiguration, Erhöhung der kritischen Stromdichte J_c , Verminderung der AC-Verluste durch SrZrO₃-Barrieren. Die internationale Einbettung und Zusammenarbeit ist gross.
- **Die ETH Lausanne** bearbeitete das vom BFE mitfinanzierte Projekt „Suleika“, in dem ein supraleitendes Kabel entwickelt wurde. Ferner laufen diverse HTSL-Arbeiten im Rahmen von internationalen Kooperationen (z.B. Hochstromzuführungen).
- **Kabelwerke Brugg:** Die Kabelwerke Brugg beteiligten sich als Industriepartner am vorerwähnten Projekt „Suleika“ (supraleitendes Kabel).
- **ABB Schweiz:** Für den Transformator wie auch den Strombegrenzer sind von der ABB Schweiz Prototypen entwickelt und im praktischen Netzbetrieb während eines Jahres erfolgreich getestet worden.

Mit dem Einsatz dieser zwei Prototypen hat sich die Schweiz weltweit einen Spitzenplatz in der Anwendung der HTSL in elektrischen Netzen geschaffen. Diese Erfolge bildeten auch die Basis für die Finanzierung fortsetzender Forschungsprojekte. Insbesondere ist mit Unterstützung des BFE ein Forschungsprojekt zur Realisierung eines strombegrenzenden, supraleitenden 10 MVA Transformators mit Strombegrenzer-Funktionalität gestartet worden. Dieses Projekt weist internationalen Charakter auf, arbeiten doch gleichzeitig die ABB Schweiz, American Superconductor und die Electricité de France in diesem Projekt zusammen.

- **ABB Schweiz:** Nachdem erfolversprechende Resultate bei der Herstellung von HTSL-Elementen für den Einsatz im elektrischen Netz erreicht worden sind, ist zu klären, welche weitreichenden Auswirkungen der Einsatz der Supraleitung in elektrischen Netzen aufweisen könnte. Diesbezüglich ist 1998, ebenfalls unter Mitfinanzierung des BFE, des PSEL und der RDP/CREE eine Studie initialisiert worden, deren Ziel im Aufzeigen von technischen und ökonomischen Vorteilen des Einsatzes der Hochtemperatursupraleitung in elektrischen Netzen besteht. Das

Resultat dieser Studie stellt eine Plattform der zukünftigen Schwerpunkte der Forschungsaktivitäten im HTSL-Bereich in elektrischen Netzen dar und die Ergebnisse sind in das vorliegende Programm eingeflossen.

International ist auf dem Gebiet der Hochtemperatursupraleitung die Forschung im Bereich der HTSL-Materialien, der Leiter-, Draht- und Bandherstellung sowie der Entwicklung von Komponenten aktiv. Hingegen sind Untersuchungen über die generellen Auswirkungen des Einsatzes von Supraleitung in elektrischen Netzen nur wenige durchgeführt worden [3, 4]. Die nachfolgende Auflistung ist ein Ausschnitt bzw. Zusammenzug von Informationen über die laufenden Forschungsprojekte aus dem Blickwinkel der elektrischen Energietechnik:

- **USA:** Im Rahmen der IEA-Aktivitäten hat das Argonne National Laboratory, Illinois einen Überblick über die weltweit aktuell bearbeiteten Projekte betreffend den Einsatz von Supraleitung in elektrischen Netzen erstellt [5].
- **USA:** Die Aktivitäten des Electric Power Research Institute (EPRI) in der Supraleitung sind vor allem auf Grundlagenarbeiten für die Entwicklung von Materialien fokussiert. In der Entwicklung von Komponenten arbeitet das EPRI zusammen mit Pirelli an der Entwicklung des supraleitenden Kabels.
- **USA:** Das Department of Energy (DOE) in USA sieht die Vorteile der Anwendung der Supraleitertechnologie in elektrischen Netzen in der Erhöhung der Energieeffizienz, d.h. insbesondere der Reduktion der Verluste, der Verkleinerung der Dimensionen von Komponenten, der Reduktion der Umweltbeeinflussung, der Erhöhung der Stabilität und Verfügbarkeit, der Auszögerung von Neuinvestitionen und der flexibleren Energieverteilung. Die Strategie des DOE basiert auf der Finanzierung von F&E-Projekten für die Weiterentwicklung von Materialien. Dabei werden gezielt einzelne innovative Unternehmen unterstützt. Für die Entwicklung von Komponenten sind hingegen Konsortien von verschiedenen Herstellern gebildet worden, die gemeinsam an der Entwicklung und Herstellung der Komponenten arbeiten.
- **Deutschland:** In den vergangenen Jahren wurden auf dem Gebiet der Supraleitung, in der Energietechnik diverse regionale Initiativen wie z.B. der "Arbeitskreis Supraleitung in Nordrhein-Westfalen", die "Niedersächsische Initiative auf dem Gebiet der Hochtemperatursupraleitung" oder die "Energienstiftung Baden-Württemberg" begonnen, um supraleitende Betriebsmittel zu entwickeln und zu implementieren. Die EUS GmbH in Deutschland hat zudem auf dem Internet ein internationales Forum Supraleitung

initialisiert, an der sich das BFE ebenfalls finanziell beteiligt hat.

- **IEA-Aktivitäten:** Die Schweiz nimmt seit Beginn aktiv am IEA-Implementing Agreement „Assessing the Impacts of High-Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector“ teil. Permanent werden dort die internationalen HTSL-Aktivitäten beobachtet. In konzentrierten Dokumentationen wird der weltweite

Forschungs- und Entwicklungsstand der einzelnen Technologien jeweils periodisch zusammengefasst [5]. 1998 wurde eine Verlängerung dieses IEA-Agreements um weitere drei Jahre beschlossen.

- **Diverse:** In der nachfolgenden Tabelle sind einige relevante Projekte in der elektrischen Energietechnik, die weltweit initialisiert worden sind, aufgelistet.

Energiekabel

<i>Institution / Land</i>	<i>Eigenschaften, Nenndaten</i>
Siemens, BRD	10 m Leiter- Funktionsmodell, 5000 A
Pirelli, Italien	50 m Leiter- Funktionsmodell, 3090 A, (Einsatz in Detroit)
Sumitomo, Japan	30 m 1-Phasenmodell, 66 kV, 1600 A

Leistungstransformator

<i>Institution / Land</i>	<i>Eigenschaften, Nenndaten</i>
Kyushu Uni, Japan	500 kVA Modell, 1-phasig
ABB, Schweiz	630 kVA Modell, 3-phasig, Test bei EVU
IGC, USA	1 MVA Modell, 1-phasig, in Fertigstellung
Siemens, BRD	100 kVA Modell, 1-phasig

Strombegrenzer

<i>Institution / Land</i>	<i>Eigenschaften, Nenndaten</i>
ABB, Schweiz	1,2 MVA Modell, 3-phasig, Test bei EVU
Siemens, BRD	100 kVA –Funktionsmodell, 1-phasig
Lockheed Martin USA	200 kVA Funktionsmodell

Supraleitender magnetischer Speicher (SMES)

<i>Institution / Land</i>	<i>Eigenschaften, Nenndaten</i>
Supercond.Inc, USA	Kommerzielle 1-3 MJ SMES
FZ- Karlsruhe, BRD	250 kJ/80 kW Prototyp, Test bei Anwender
Kyushu EPCO, Japan	3.1 MJ/1MW Prototyp

5.3. Programm-Schwerpunkte

5.3.1. Ueberblick der Aktivitäten

HTSL-Informationsaufbereitung und -verteilung

National: Die BFE-Programmleitung hat 1996 ein Statusseminar initialisiert, an dem Vertreter der Industrie, der Hochschule und Ingenieurbüros teilnehmen. Das Seminar findet jährlich statt. Ziel des Seminars ist der Gedanken- und Informationsaustausch. So wurde auch das vorliegende Konzept mit den Teilnehmern des Statusseminars diskutiert.

International: Durch die aktive Teilnahme des Bundes an entsprechenden internationalen Aktivitäten und Programmen (z.B. IEA-Implementing Agreement, EUS-Internet Forum Supraleitung, SCENET, etc.) kann mit bescheidenen Mitteln der weltweite Fortschritt auf dem HTSL-Gebiet beobachtet und schweizerischen Fachleuten zur Verfügung gestellt werden.

HTSL-Systeme / Systembetrachtungen

Erste Systemüberlegungen über die generellen Auswirkungen des Einsatzes der Supraleitung in elektrischen Netzen sind 1989 publiziert worden [3]. Gemäss dieser Studie sind wirtschaftliche Lösungen nur bei Generatoren und Maschinentransformatoren sowie allenfalls bei notwendigen Neu- bzw. Ersatzinvestitionen von Komponenten möglich. Neuartige Konzepte von Energieübertragungsnetzen mit einer reduzierten Anzahl von Spannungsebenen sowie der Ersatz von AC durch DC werden grundsätzlich als nicht wirtschaftlich betrachtet. Eine weitere 1993 veröffentlichte Studie [4] zeigt hingegen bereits erfolversprechende Anwendungsfälle von supraleitenden Komponenten in elektrischen Netzen auf. Insbesondere werden neben der reinen Verlustminimierung bereits erste Anwendungen mit Auswirkungen auf das elektrische Netz dargestellt.

Bei der Mehrheit der supraleitenden Komponenten rechtfertigt der Vorteil der geringeren Energieverluste zusammen mit den aktuellen Investitions- und Unterhaltskosten aus heutiger Sicht den wirtschaftlichen Einsatz (noch) nicht. Es scheint daher ein Muss zu sein, einen zusätzlichen Nutzen in der Anwendung dieser supraleitenden Komponenten im elektrischen Netz auszuweisen. Diese vorwiegend *Studien-orientierten Arbeitsthemen* umfassen die folgenden, teilweise visionären Untersuchungsgebiete:

- **Erhöhung der Übertragungskapazität von Spannungsebenen:** HTSL-Energiekabel können einen Beitrag leisten, den steigenden Energiebedarf von Ballungszentren wirtschaftlich und beim Ersatz von Freileitungen durch Kabel auch umweltverträglich zu

übertragen. Weitere denkbare Szenarien wären supraleitende Verbindungen durch die Strassen- und Bahntunnels der Alpen zwecks Reduktion der alpenquerenden Freileitungen und zur Reduktion der Übertragungsverluste oder „Backbone“-Lösungen für den Energietransit durch die Schweiz.

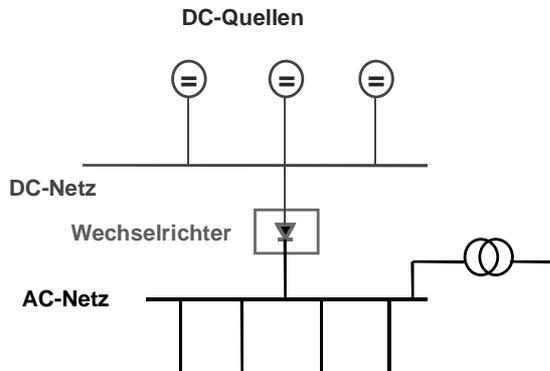
- **Reduktion von Spannungsebenen:** Die hohe Stromtragfähigkeit von HTSL-Kabeln bietet die Möglichkeit, in ausgewählten Fällen die 380 kV Spannungsebene durch eine 110 kV Spannungsebene zu ersetzen bzw. die 380 kV Spannungsebene als europäisches Verbundnetz zu belassen und eine direkte Transformation auf leistungsstarke supraleitende „Backbone“-Stränge in den Verteilnetzen (8 – 24 kV) anzustreben. Damit könnten die 220 kV, die 110 kV und die 65 kV Netzebenen eliminiert werden.
- **AC/DC-Netze:** Da die Supraleitung nur in DC vernachlässigbare Verluste aufweist, scheint es naheliegend beim Einsatz von HTSL-Kabeln zu prüfen, ob ein Betrieb mit DC vom Betrieb des Netzes möglich und wirtschaftlich ist. Dazu sind aber u.a. weitere HTSL-DC-Komponenten erforderlich wie z.B. Schalter oder Strombegrenzer. Zudem müssten auch Aspekte der Netztopologie (Vermaschung) bei einem DC-Netz untersucht werden.

Photovoltaikanlagen und die Brennstoffzellen erzeugen Gleichstrom. Da die Gleichstromübertragung gegenüber der Drehstromübertragung kleinere Netzverluste aufweist, ist der Einsatz von zentralen Wechselrichtern in zentralen Schaltstationen zur Minimierung der Umwandlungsverluste zu beurteilen.

HTSL-Komponenten

Wie erwähnt, stehen im energetischen Bereich verschiedene interessante HTSL-Komponenten zur Diskussion. Dabei sind aber lediglich diejenigen anwendungsorientierten Bereiche durch das vorliegende Programm zu fördern, welche zwingend die folgenden vier Bedingungen erfüllen:

- **Energierrelevanz:** Die Anwendung sollte energetische Vorteile bringen und wenn möglich in der Schweiz einsetzbar sein. Falls ein Schweizer Einsatz nur beschränkt möglich ist, ist zumindest eine exportfördernde Wirkung erforderlich.
- **Industriebeteiligung:** Die Schweizer Industrie muss sich auf diesem Gebiet engagieren und entsprechende Projekte substantiell finanziell und aktiv mitunterstützen.
- **CH-Forschungsteam:** Es sollen nur Projekte und Arbeiten erfolgen, welche auf bereits etablierte For-



Ankopplung mehrerer DC-Quellen über einen zentralen Wechselrichter an das Verteilnetz

schungsaktivitäten in der Schweiz aufbauen können und für welche qualifizierte Forscher verfügbar sind.

- **Elektrizitätswirtschaftsbeteiligung:** Da die Elektrizitätswirtschaft aller Voraussicht nach fertig entwickelte HTSL-Anlagen einsetzen wird, ist es notwendig, dass sich auch die Elektrizitätswirtschaft (PSEL) an diesbezüglichen Projekten finanziell mitbeteiligt.

Folgende Komponenten stehen zur Diskussion:

- **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-Transformatoren 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 Sicherheitsmassnahmen 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 ei-

nerseits 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. Daher wird vom vorliegenden BFE-Programm das bereits gestartete Projekt der ABB Schweiz zum Bau eines 10 MVA Transformators mit integriertem Strombegrenzer unterstützt.

- **Kabel:** Werden konventionelle Kupferkabelstrecken in existierenden Trassen durch HTSL-Kabel ersetzt, so kann bei gleichem Platzbedarf die 2- bis 3-fache Leistung bei gleichzeitig geringeren elektrischen Verlusten übertragen werden. Auch neue Trassen könnten besser genutzt werden, was aufgrund der beschränkten Verfügbarkeit nützlich wäre. Gleichzeitig stellt sich auch die Frage der optimalen Übertragungsspannung, die beim Einsatz der Supraleitertechnologie möglichst tief angesetzt werden kann. Aufgrund der hohen Ströme sind die Kabel im Gegensatz zu den konventionellen Kabeln neuartig aufzubauen. Neben dem koaxialen Aufbau ist theoretisch auch ein konzentrischer Aufbau eines 3-phasigen Kabels machbar. Beide Kabeltypen weisen von den elektrischen Parametern her gesehen ähnliche Werte auf [6]. Mit beiden Varianten können auch die elektromagnetischen Beeinflussungen ausserhalb des Kabels eliminiert werden, was bei den zu erwartenden Hochstromanwendungen eine Notwendigkeit wird.

- **Strombegrenzer:** 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 [6].



*HTSL-Strombegrenzer der ABB, eingesetzt im
KW Löntsch der NOK*

- **Magnete:** Supraleitende Spulen sind aufgrund ihrer Eigenschaft geeignet für den Einsatz in Fusionskraftwerken. Bezüglich Fusionsmagnete (Projekt Euratom) werden von der ETH Lausanne Hochstromzufuhren entwickelt. Momentan sind Hochstromzufuhren von 10 kA verfügbar, angestrebt wird eine Grössenordnung von 60 kA.

- **Rotierende Maschinen:** Es existieren diesbezüglich keine Forschungsaktivitäten in der Schweiz.

5.3.2. Zusammenfassung der Schwerpunkte

Aufgrund des angespannten BFE-Programm-Budgets und den grundsätzlich eher kostenintensiven HTSL-Komponentenprojekten konzentrieren sich die Programm-Aktivitäten zukünftig eher auf die umfassende *Aus- und Weiterbildung*. Verfügbare Kommunikations- und Informationskanäle wie die IEA-Programme, das HTSL-Statusseminar, das SCENET-Netz u.a. werden deshalb weiter unterstützt resp. durchgeführt.

Damit die Einsatzfähigkeit der HTSL-Technologie in der Energietechnik gefördert wird, werden zudem *HTSL-relevante Systemstudien und Systembetrachtungen* unter Einbezug der Industrie und der Elektrizitätswirtschaft mitunterstützt, wobei die diesbezüglichen finanziellen Möglichkeiten ziemlich beschränkt sind.

Zwar hat das BFE in der Vergangenheit namhafte Beiträge zur Unterstützung von Projekten von *HTSL-Komponenten (Transformator, Energiekabel)* gesprochen, und zur Zeit wird immer noch ein Transformator-Projekt mitfinanziert. Da derartige Projekte jedoch substantielle finanzielle Engagements erfordern, dürfte diese Unterstützung aus Budgetgründen in Zukunft kaum oder nur noch in einem erheblich bescheideneren Rahmen möglich sein.

Da das BFE schliesslich keine Grundlagenarbeiten finanziert, werden HTSL-Materialforschungsarbeiten nicht unterstützt.

6. Teilbereich elektrische Antriebe/Motoren

6.1. Generelle Übersicht und technisches Umfeld

Die vom Bundesamt für Energie veröffentlichte Schweizerische Elektrizitätsstatistik 1998 gibt keine explizite Auskunft über den Verbrauchsanteil von elektrischen Antrieben. Frühere Statistiken haben den diesbezüglichen Anteil auf etwa 40 % beziffert. Kürzlich erfolgte Erhebungen und Schätzungen in Deutschland und den USA deuten jedoch darauf hin, dass dieser Wert eher zu tief angesetzt war. In Deutschland wird der Anteil von elektrischen Antrieben am Gesamtverbrauch auf etwa 50% [7] und in den USA sogar auf gegen 60% geschätzt, was speziell in den Staaten u.a. auf den hohen Anteil an Klimageräten zurückzuführen ist. Geht man von ähnlichen Verhältnissen in der Schweiz wie in Deutschland aus, kann daraus geschlossen werden, dass auch in der Schweiz der Anteil in der Grössenordnung von etwa 45 – 50% liegt. Dieser grosse Verbrauchsanteil lässt nach wie vor ein substantielles Einsparpotential vermuten.

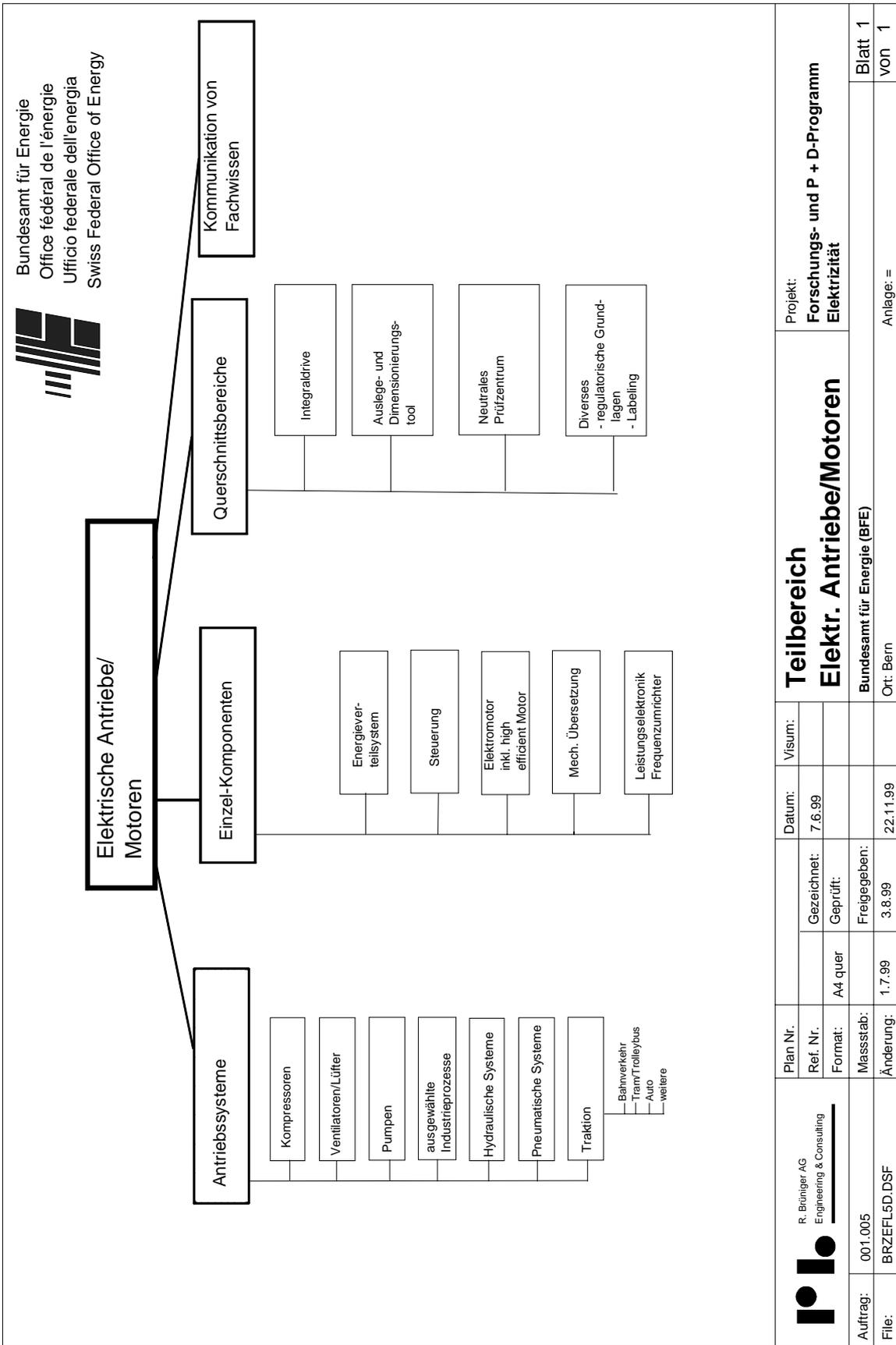
Durch den äusserst vielfältigen Einsatz elektrischer Antriebe in diversen Bereichen ist die Identifikation von erfolgsversprechenden Massnahmen zur Umsetzung des Einsparpotentials eine wichtige, aber auch nicht einfach durchzuführende Aufgabe. Bereits in früheren Studien konnte nachgewiesen werden, dass unter Berücksichtigung der Verlustanteile der einzelnen Motorentypen und -leistungsklassen Drehstrom-Asynchronmotoren gegen 50 % der verursachten Verluste verantworten. Davon wird der überwiegende Anteil durch Normmotoren im Leistungsbereich von etwa 1 - 22 kW verursacht. Diese Aussage gilt unverändert und bestimmt nach wie vor die Aktivitäten-Stossrichtung bezüglich Leistungsbereich.

Bereits im Konzept 1996 – 1999 wurde zudem darauf hingewiesen, dass energieorientierte Forschungsaktivitäten nicht ausschliesslich die Motorenoptimierung zum Ziel haben dürfen, sondern es ist stets das gesamte Antriebssystem zu betrachten. Diese damalige Aussage findet eine klare Bestätigung in der kürzlich abgeschlossenen Studie aus Deutschland [7], die aufzeigt und auch nachweist, dass das grösste Einsparpotential im Bereich elektrische Antriebe in der Optimierung des gesamten Antriebssystems liegt.

Die vorerwähnte Studie schätzt, dass sich durch eine alleinige Erhöhung des Wirkungsgrades lediglich 3% einsparen lassen. Grössere Potentiale lassen sich durch Drehzahlregelungen – ca. 10% - und wie bereits erwähnt durch Optimierung des Gesamtsystems – über 20% - einsparen.

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 Ueberlegungen im Sinne eines Total Cost of Ownership (TCOS) 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 in den Markt gelangen, ist es schliesslich auch generell schwierig, griffige Instrumentarien zur Beeinflussung der Käuferschaft zu schaffen.

Die nachfolgende Grafik zeigt eine systematische Struktur der involvierten Technologien und Systeme im Bereich der elektrischen Antriebe. Die Stossrichtung im vorliegenden Programm liegt gemäss den vorangegangenen Ausführungen eindeutig bei der *Optimierung von Antriebssystemen* und den sogenannten *Querschnittstechnologien*. Ergänzend wird grosses Gewicht auf die *Vermittlung* des erarbeiteten und verfügbaren *Fachwissens* gelegt.



Figur Elektrische Antriebe/Motoren

6.2. Nationale und internationale Aktivitäten

National sind – mit Ausnahme des vorliegenden Programms – keine nennenswerten Aktivitäten bekannt. Zwar wurden im Rahmen des RAVEL-Programms anfangs der 90-iger Jahre verschiedene Grundlagen im Bereich Motoren erarbeitet und auch mehrere Kurse angeboten. Zudem dürfte es punktuelle diesbezügliche Arbeiten oder Überlegungen an Hochschulen, Fachhochschulen und der Industrie geben. Spezifische auf dieses Gebiet ausgerichtete Programme oder Schwerpunkte sind aber nicht vorhanden.

International sei auf die folgenden Aktivitäten hingewiesen:

- Wie bereits erwähnt, hat das *deutsche Bundesministerium* kürzlich abklären lassen, welche *Massnahmen zur Förderung der rationellen Energienutzung bei elektrischen Antrieben* geeignet sind und wie diese um- und durchzusetzen sind. Die BFE-Programmleitung ist diesbezüglich in Kontakt mit den entsprechenden Stellen und es ist zumindest vorbesprochen, soweit zweckmässig und sinnvoll aus Synergiegründen allenfalls gemeinsame Aktivitäten durchzuführen.
- Im Rahmen des europäischen Projekts *Improving the Penetration of Energy Efficient Motors* werden Feldanalysen des Motorenparcs der Teilnehmerländer durchgeführt und daraus ableitend Strategien zur Förderung und verbesserten Marktdurchdringung von effizienten Motoren erarbeitet.
- Zwar wurde im Rahmen des vorliegenden Programms eine ausgereifte und äusserst intelligente Software für die Auslegung von energieoptimalen Motoren inkl. Berücksichtigung von Frequenzumrichtern entwickelt. Die EU hat leider das Produkt OPAL, das sowohl in Deutsch als auch Englisch zur Verfügung steht, nicht übernommen, sondern aufbauend auf der gleichen Idee nachträglich eine substantiell abgespeckte Version namens EURODEEM (European Database of Energy-Efficient Motors) entwickeln lassen. Mehrere Länder sind nun verunsichert, welches Tool nun unterstützt werden soll.
- Im Rahmen des *IEA-Programms Demand Side Management* wurden im Bereich des Corporate Procurements entsprechende Aktivitäten im Bereich elektrische Antriebe durchgeführt. Auf der Basis dieser Anstrengungen wurde im Sommer 1999 ein neues Labeling im Bereich der Motoren eingeführt, welches ein Energy Efficiency Logo darstellt, und welches in Europa publiziert wird. Das Labeling ist jedoch ohne Berücksichtigung von Frequenzumrichtern. ABB hat sich offenbar bis anhin als einzige Unternehmung für dieses Energy Efficiency Label qualifiziert.
- **European Negotiation Agreement for Motors:** Seit 1993 versucht die EU-Kommission, im SAVE-Programm Einsparungen im Antriebsbereich zu erzielen. Die Verhandlungen mit der Motorenindustrie starteten 1997. Eine erste Zielsetzung bestand darin, ein gemeinsames EU-Klassifizierungsschema mit drei Klassen zu identifizieren. Dabei wurden die drei Klassen eff1, eff2 und eff3 definiert. Eff3 sollte mit der Zeit vom Markt verschwinden, der eff2-Standard sollte Standard werden und eff1 sollte mit Wachstum im Markt vertrieben werden. Die EU-Kommission hat mit der CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) eine Vereinbarung getroffen, in welcher bestimmt wird, dass bezüglich dem eff3-Typ eine Reduktion von 50 %, kumulativ bis ins Jahr 2003 im Vergleich zu den 98-er Verkaufszahlen erreicht werden muss. Ebenfalls sind Motoren des Standards eff1 und eff2 zu promoten. Die Kommission wird die Ergebnisse überwachen, und falls die Vereinbarung nicht eingehalten wird, entsprechende regulatorische Massnahmen einführen. Als Ergebnis wird erwartet, dass bis ins Jahr 2015 jährliche Einsparungen von 6 TWh erzielt werden. Auch die Eliminierung des eff3-Typs sollte bis ins Jahr 2006 pro Jahr eine Einsparung von 9 TWh ergeben.
- Die USA schreiben im Energiesgesetz (Energy Policy Act, EPA 92) neben anderem auch einen Grenzwert bezüglich Wirkungsgrad vor. Auch Kanada verfügt mit dem CSA-EEV (Energy Efficiency Verification) über regulatorische Massnahmen zur Sicherstellung eines hohen Wirkungsgrades.
- Im Rahmen des Motor Challenge Programms vom US-Department of Energy (<http://www.motor.doe.gov>) werden verschiedene Tools bereitgestellt. Das *Motor Master+* ist ein Auslegetool. Es ist interessant zu vermerken, dass Analysen ergeben haben, dass mehr als die Hälfte, die eine Motor Master+-Lizenz haben, diese nicht nutzen und lediglich 30 % nutzen mehr als eine Funktion. Dies ist relativ bescheiden und sollte auch bei der OPAL-Verbreitung mitberücksichtigt werden. Der *ASD Master* wurde durch das EPRI programmiert und stellt ein Auslegetool für Adjusted Speed Drives dar. Hier wurde aufgrund der Erfahrungen mit dem Motor Master Programm die Konsequenz gezogen, dass die Software nur jeweils kombiniert mit einer Schulung abgegeben wird, damit das Tool auch entsprechend effektiv eingesetzt werden kann. Das *Pump System Assessment Tool (PSAT)* hilft bei der Analyse, ob bestehende Pum-

pensysteme verbessert werden können. Die Software macht jedoch keine Aussagen über das wie. Der *Air-master* schliesslich zeigt softwaremässig einen Benutzer auf, wo im Bereich von Compressed Air entsprechende Einsparpotentiale zur Verfügung stehen. Diese Software steht noch nicht zur Verfügung, sondern ist noch in Entwicklung.

- Im Rahmen von mehreren weltweiten Arbeiten wird am Motor mit supraleitenden Wicklungen gearbeitet.

6.3. Schwerpunktaktivitäten

Die bisherigen Schwerpunktaktivitäten im Rahmen des Programms 1996 – 1999 werden mit kleinen Anpassungen weitgehend beibehalten, wobei selbstverständlich auf den bisherigen Ergebnissen aufgebaut wird und internationale Erkenntnisse einfließen.

Konkret ergeben sich damit im Bereich *elektrische Antriebe / Motoren* die folgenden Stossrichtungen und Schwerpunkte:

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.

Querschnittstechnologie:

- **Promotion des Einsatzes von Frequenzumrichter / Integraldrive:** Aufbauend auf den Ergebnissen des BFE-Projekts „Integraldrive“, dank dem nun eine ganze Baureihe von höchstintegrierten 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.
 - Im Sinne von „**Gute Beispiele**“ sind, allenfalls sogar mit Projekten bezüglich dem nachfolgend beschriebenen Auslege-Tool gekoppelt, Beispiele von bestehenden (retrospektive Betrachtung) oder in Beschaffung stehenden (prospektive Betrachtung) Antrieben mit/ohne Frequenzumrichter mit dem Auslege-Tool durchzurechnen, um die energetischen (und auch nichtenergetischen) Kriterien zugunsten eines Frequenzumrichters resp. Integraldrives darstellen zu können. Die entsprechenden Ergebnisse sind aufzubereiten und publizistisch zu verbreiten. Das spezifische Einsatzgebiet richtet sich nach den verfügbaren Möglichkeiten und Industrie-Interesse und ist noch zu definieren. Zu bevorzugen sind auf alle Fälle Bereiche, die duplizierbar sind und damit einen Multiplikationseffekt erlauben.

- **Auslege- und Dimensionierungs-Tool:** Im Rahmen des BFE-Programms *Elektrizität* wurde durch die Industrie eine zweckmässige Applikation zur Identifikation des für spezifische Anwendungen bestgeeigneten 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. Zwar wurden durch die private Unternehmung mehrere Marktuntersuchungen durchgeführt und der Markt hat auch grundsätzlich positiv auf das Produkt reagiert. Aus diversen Gründen (Kosten, Energie zur Zeit kein kostenwirksames Thema, Trennung zwischen Investitions- und Verantwortlichkeit bei den Entscheidungsträgern, u.a.) steht aber eine Marktdurchdringung noch aus. Folgende Aktivitäten und Projekte sind deshalb geplant:

- Die EU ist wie bereits erwähnt ebenfalls von einem derartigen Auslege-Tool überzeugt. Leider wurden aber durch die EU nachträgliche SW-Entwicklungen vorgenommen, die zu einem von der Leistungsfähigkeit nicht vergleichbaren „Konkurrenz-Tool“ geführt haben. Entsprechende Koordinationsarbeiten sowie allenfalls gemeinsame Promotionsaktivitäten in spezifischen Ländern (insbesondere Deutschland) sind deshalb dringendst 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 im Gegensatz zur Auslegung von Antrieben ohne OPAL. Die Ergebnisse sollen Grundlage für eine Marketing- und Promotions-Dokumentation sowie allenfalls auch für Fachvorträge sein.

- Es sind ferner Ueberlegungen 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.
- **Neutrales Prüfzentrum für drehzahlvariable Antriebssysteme:** Es gibt eine Vielfalt von drehzahlvariablen Antrieben auf dem Markt und mit über 200 ist auch die Anzahl der Anbieter von Motoren, Steuer- und Umrichtergeräten in der Schweiz entsprechend umfangreich. Im Gegensatz zu den Normmotoren sind diese Antriebe praktisch nicht vergleichbar und Angaben über den Wirkungsgrad sind ebenfalls kaum erhältlich. Ferner sind entsprechende Messungen nicht einfach durchzuführen und werden deshalb durch den Kunden kaum vorgenommen. Es wäre deshalb wünschenswert, ein neutrales Prüfzentrum für drehzahlvariable Antriebssysteme zur Verfügung zu haben, um ganze Antriebssysteme auszumessen. Zwar hat der punktuell befragte Markt auf diese Idee grundsätzlich positiv reagiert. Es ist aber sicherzustellen, dass eine derartige Prüfstelle selbsttragend arbeiten kann und entsprechende Aufträge von der Industrie zugesichert bekommt. Im Rahmen einer Vorstudie sind deshalb entsprechende Vorabklärungen durchzuführen. Die Verfügbarkeit der OPAL-Auslege-Software wird in die Ueberlegungen miteingebunden, wäre es doch z.B. denkbar, dass das Prüfzentrum auch Engineering-Unterstützung als zusätzliche Dienstleistung anbieten könnte. Damit verbunden ist auch mitzuberücksichtigen, dass das Prüfzentrum allenfalls über einen mobilen Mess- und Prüfstand verfügen sollte, mit dem Vororteseinsätze erfolgen können und damit ebenfalls eine Dienstleistung unter Einbindung der OPAL-Software direkt beim Kunden erfolgen kann.
- **Diverses:** Soweit möglich und durchsetzbar, ist das Initiieren von regulatorischen Massnahmen (Labeling oder Deklarationspflichten) zugunsten des Integraldrives durchzuführen oder zumindest zu prüfen. Insbesondere ist eine entsprechende Harmonisierung resp. die Uebernahme des bereits erwähnten, europäischen Labels zu prüfen. Allenfalls sind vorgängig mittels einer Vorstudie die entsprechenden Möglichkeiten und Erfolgchancen abzuklären.

Einzelkomponenten:

- Jedes Antriebssystem setzt sich grundsätzlich aus den Einzelkomponenten Energieversorgung, Steuerung, Elektromotor, mechanische Uebersetzung und Frequenzumrichter/Leistungselektronik zusammen. Zwar sind in jedem Teilsystem energetische Optimierungen, z.B. durch den Einsatz neuer Materialien wie amorphe Bleche oder Magnete, machbar. Da aber einzeln optimierte Teilkomponenten nicht zwingend auch im Zusammenspiel des gesamten Antriebssystems optimiert wirken, und zudem das Einsparpotential durch Komponentenoptimierung als relativ bescheiden eingeschätzt wird, wird der Komponentenoptimierung im Programm kein grosses Gewicht beigemessen. Dies wird ferner als Aufgabe der einschlägigen Industrie betrachtet. Im folgenden werden einige mögliche Stossrichtungen erwähnt, die aber im vorliegenden Programm keine hohe Priorität geniessen und die auch finanziell höchstens marginal unterstützt 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 Schützherstellers.
 - Die energetische Optimierung von Kühlmethoden lässt ein Einsparpotential vermuten. Dazu wären mit der Industrie neue Kühlmethoden 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.

Antriebssysteme:

- Das grösste Einsparpotential liegt gemäss Einschätzung von Fachleuten sowie auch gemäss der Studie aus Deutschland [7] 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 Bereiche *Kleinumwälzpumpen für Heizungen* und *Kleinlüfter* behandelt. Die entsprechenden Ergebnisse im Bereich Kleinumwälzpumpen wurde 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 sind eine Vielzahl von **Servoantrieben** in der Leistungsklasse < 1 kW in Betrieb. Die Entwicklung eines effizienten Low-Cost Servos (Asynchronmaschine oder DC-Brushless-Motoren) mit einfachem, integrierten 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 Getriebehersteller 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 **Lifтанtriebe** 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 auch berücksichtigt werden, dass viele Antriebssysteme heute noch hydraulisch oder pneumatisch funktionieren, obwohl wesentlich energie-effizientere Technologien wie z.B. Transversalflussmaschinen 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.
- Sowohl gemäss der US-Initiative *Compress Air Challenge* als auch aufgrund diverser Vorabklärungen und Untersuchungen kann davon ausgegangen werden, dass im **Bereich Druckluft** viel Energie aufgewendet wird und zwar energetisch nicht optimiert. So hat eine UK-Government-Studie aufgezeigt, dass etwa 10 % des UK Industrie-Elektrizitätsverbrauchs durch Compressed Air Anlagen verursacht werden. Von diesem Anteil sind knapp 30 % Verluste, die vermieden werden könnten. Auch ein im vorliegenden Programm mitunterstütztes Projekt zeigt ebenfalls ein grosses Einsparpotential auf. Diesbezüglich sind deshalb zwei konkrete Projekte vorgesehen:
 - Im Rahmen einer **Studie ist eine detaillierte Auslegeordnung der in der Schweiz installierten Druckluftsysteme und deren Komponenten** durchzuführen. Damit soll einerseits das mutmassliche Einsparpotential pro Branche quantifiziert resp. abgeschätzt und andererseits die energierelevanten Bereiche identifiziert werden. Ebenfalls sind aufgrund der Ergebnisse konkrete Projekte/Massnahmen vorzuschlagen.
 - Im Sinne von **guten Beispielen** könnten parallel und aufbauend auf den Ergebnissen der vorerwähnten Studie punktuell Sanierungsprojekte bezüglich Messungen und Ausarbeitung von Umsetzungsmaterial unterstützt werden, um flankierende Beispiele zur Verfügung zu haben. Zudem stehen damit auch Informationen für den Promotions- und Umsetzungsprozess mit konkreten Beispielen zur Verfügung. Eine entsprechende Koordination mit den E2000-Tätigkeiten ist sicherzustellen.
 - **Ersatz von hydraulischen und pneumatischen Antrieben**: Neue Antriebskonzepte wie Linearmotor oder Transversalflussmotor lassen es zu, nicht energieeffiziente Antriebe wie insbesondere hydraulische und pneumatische Antriebe, 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) 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.

7. Teilbereich Informations- / Kommunikationstechnik und Automaten

7.1. Informations- und Kommunikationstechnik

7.1.1. Generelle Uebersicht und technisches Umfeld

7.1.1.1. Einleitung

Technologische Fortschritte in allen Bereichen der Informations- und Kommunikationstechnik, fallende Preise trotz erweiterter Funktionalitäten in neusten Gerätegenerationen und der generelle Trend der Digitalisierung bewirken eine immer stärkere Marktdurchdringung von elektronischen Geräten. Dies betrifft längst nicht mehr nur die professionellen Anwender in Industrie, Dienstleistungsbetrieben und Gewerbe. Auch der private Bereich (Haushalte) nutzt verstärkt die technischen Möglichkeiten der modernen Informations- und Kommunikationstechnik. So schätzt 1999 das britische *Departement of the Environment, Transport and the Regions*, dass innerhalb der nächsten zehn Jahre allein der erwartete Boom bei Set Top Boxen für das digitale TV in Grossbritannien die Elektrizitätsproduktion eines mittleren Kraftwerkes verbrauchen wird. Damit wächst – kaum beachtet – auch der Energieverbrauch weltweit. Durch die massive Verbreitung dieser Technologien wird mehr Energie verbraucht, und insbesondere aufgrund der teilweise nur suboptimalen Auslegung der Technologien im Stand-by zu einem grossen Teil auch unnötigerweise.

In der systematischen Uebersicht auf der nächsten Seite werden die diversen Systeme und Geräte strukturiert zusammengefasst.

7.1.1.2. Haushaltsbereich (Home Electronics)

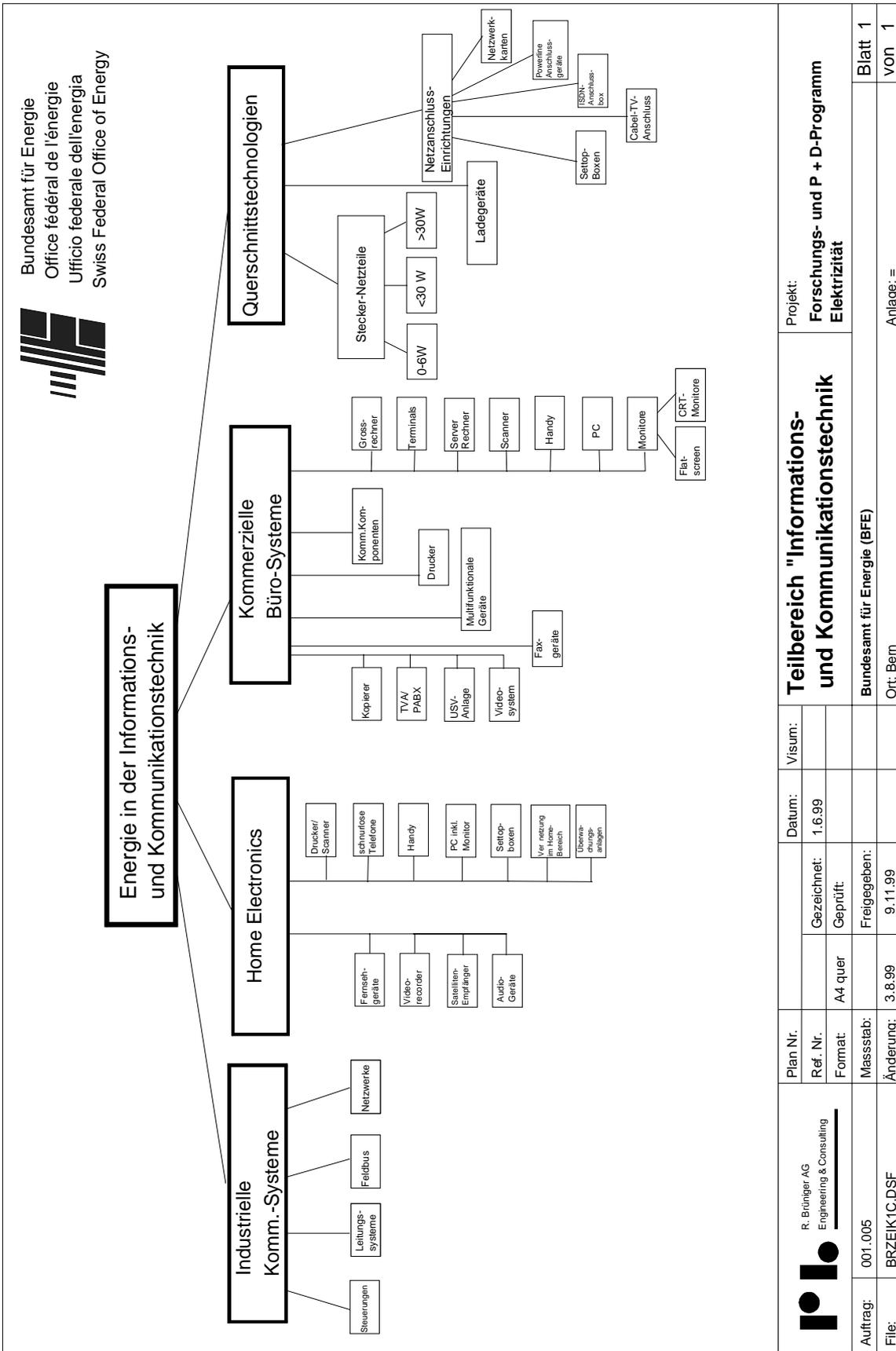
Schnurlose Telefone, Telefonbeantworter, Handys, Baby-Überwachungseinrichtungen, Fernseher und Videorecorder inkl. Satelliten-Empfänger, Stereoanlagen, Kassettenrecorder und CD-Players sind Geräte, die heute in den meisten Haushaltungen anzutreffen sind. Nicht zuletzt wegen des starken Internet-Booms ist auch ein oder mehrere Personal Computer im Haushalt je länger je mehr eine Selbstverständlichkeit. Alle diese Geräte haben gemeinsam, dass sie in der Regel auch dann Energie verbrauchen, wenn sie nicht gebraucht werden.

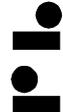
Bereits zeigen Anbieter von Haushalt- und Bürogeräten die Verschmelzung verschiedenster Gerätekategorien zum "intelligenten Haushalt" auf. An der Domotechnika in Köln und der CeBIT in Hannover, den beiden wohl bedeutendsten europäischen Messen in diesen Bereichen,

gehören miteinander kommunizierende Haushaltgeräte ebenso zum Standard wie E-Commerce via Kühlschrank oder Mikrowelle. Daneben bedingt die zunehmende Einbruchskriminalität eine stetig steigende Nachfrage nach elektronischen Einbruchsicherungen, Überwachungskameras für Garagen und Eingangsbereiche, für Kinderzimmer, Küche und Wohnbereich.

Untersuchungen in Haushalten verschiedener Länder (Schweden, Frankreich, USA und Japan) haben gezeigt, dass heute ein durchschnittlicher Haushalt durch die verschiedenen, vorerwähnten Kommunikations- und Informationsgeräte etwa 70 – 80 Watt Standby-Verluste verursacht. Überträgt man diesen durchschnittlichen Wert auf schweizerische Verhältnisse, ergeben sich bei geschätzten drei Millionen Schweizer Haushalten Standby-Verluste von etwa 1'840 Mio. kWh, was den Elektrizitätsverbrauch der Stadt Basel (1'500 Mio. kWh) übertrifft. Nur am Rande sei vermerkt, dass die Standby-Verluste nach Schätzungen von Experten weltweit etwa ein Prozent der CO₂-Emissionen verursachen.

Eine europäische Studie von Ende 1998, welche den Stromverbrauch bei TV-Geräten im On-Mode untersuchte [11], schätzt, dass bis ins Jahr 2010 bei Verwendung der bestmöglichen Technik im Vergleich zum heutigen verbreiteten Technologiestand Einsparungen von etwa 16'000 GWh pro Jahr erzielt werden können, was etwa einem Drittel des schweizerischen Stromverbrauchs entspricht. Diese Studie zeigt damit deutlich auf, dass neben der Verminderung der Standby-Verluste auch verstärkt dem On-Mode-Status dieser Geräte Aufmerksamkeit zu schenken ist.



 R. Brüniger AG Engineering & Consulting	Plan Nr.	Datum:	Visum:	Teilbereich "Informations- und Kommunikationstechnik"	Projekt: Forschungs- und P + D-Programm Elektrizität
	Ref. Nr.	Gezeichnet: 1.6.99			
Auftrag: 001.005	Format: A4 quer	Geprüft:		Bundesamt für Energie (BFE)	Blatt 1 VON 1
File: BRZEIK1C.DSF	Massstab: 3.8.99	Freigegeben: 9.11.99		Ort: Bern	Anlage: =
	Änderung:				

Figur Informations- und Kommunikationstechnik

7.1.1.3. Kommerzielle Büro-Systeme (Office Equipment)

Aufbauend auf dem anfangs der 90-iger Jahren veröffentlichten Klassiker *Die heimlichen Stromfresser* wurden in den letzten Jahren im Bereich *Energie und Office Equipment* sowohl national wie auch international diverse Aktivitäten durchgeführt. Neben der sukzessiven Reduktion des Stromverbrauchs von einzelnen Komponenten wie PC, Drucker, Kopierer u.a., die vor allem mit den Mitteln Labeling (Energie 2000 Label, Energy Star), Zielwerten (CH-Zielwerte) und Corporate Procurement (IEA-Aktivitäten) vorangetrieben wurden, wurde verstärkt dem Stromverbrauch durch die Vernetzung Beachtung geschenkt. Zu erwähnen sei etwa die Entwicklung zweier Prototypen von Energiemanagern, mit denen Server und zentrale Netzkomponenten über Nacht und am Wochenende kontrolliert ausgeschaltet werden können und damit den Stromverbrauch um etwa 50% vermindern [27, 28].

Grössere EDV-Einrichtungen verursachen oft einen substantiellen, zusätzlichen Stromverbrauch durch notwendige Hilfseinrichtungen im Bereich Kühlung und USV-Anlagen (unterbrechungsfreie Stromversorgung). Zudem konnte nachgewiesen werden, dass der gemessene Stromverbrauch bei Netzwerkkomponenten lediglich einen Viertel bis einen Drittel der Produkteangaben betragen, was zu Ueberdimensionierungen von diesen Infrastrukturanlagen führt [10]. Auch diesbezügliche Grundlagenarbeiten und entsprechende Umsetzungsaktivitäten sind durchgeführt worden [29, 13].

Im Rahmen eines umfangreichen Forschungsprojekts [9] wurde an der ETH die Entwicklung des Energieverbrauchs in 100 Bürogebäuden untersucht und analysiert. Die Ergebnisse zeigten, dass der Stromverbrauch in den letzten 10 Jahren gesamthaft um etwa 5 % abgenommen hat. Zwei Drittel der kumulierten verbrauchssenkenden Wirkung ging auf die Stilllegung von zentraler EDV (Outsourcing) zurück. Bezüglich Wachstum verursachte gleichermassen die zentrale EDV mit gegen 50% der energiesteigernden Massnahmen die wirkungsträchtigsten Ereignisse. Zentrale EDV war damit der alles überragende Energieverbraucher und die beherrschende Komponente bez. Veränderungen im Zeitraum 1986 – 1996. Der Ausbau der Arbeitsplatz-Informatik bewirkte schliesslich eine verbrauchssteigernde Wirkung um 15% und war neben dem Ausbau und der Stilllegung zentraler EDV die energetisch dritt wirksamste Komponente. Ferner wurde statistisch ermittelt, dass die Bürogeräte einen Anteil von etwa 9% und die zentralen Einheiten (zentrale EDV, USV-Verluste, Küchen etc.) von etwa 24% des Elektrizitätsverbrauchs ausmachen.

Obwohl das simple Ausschalten von Bürogeräten eine effiziente und einfache Massnahme zur Stromverbrauchsreduktion darstellt, haben Untersuchungen gezeigt, dass

in verschiedenen Bereichen dies noch nicht erfolgt. So wurde in der US-Studie „It's Midnight ... Is your Copier on?: Energy Star Copier Performance“ nachgewiesen, dass in den USA 30% der Energy Star Kopierer in der Nacht „on“ sind – genau so häufig wie die älteren Geräte. Offensichtlich wurde bei diesen 30% das eingebaute Power Management deaktiviert. Vielerorts läuft auch der Arbeitsplatz-PC inkl. Bildschirm immer noch unterbrechungsfrei 24 Stunden einschliesslich der Wochenenden durch. Aufklärende Massnahmen sind deshalb unverändert von entscheidender Bedeutung.

7.1.1.4. Industrielle Informations- und Kommunikationssysteme

Auch im industriellen Bereich wächst der Kommunikations- und Informationsbedarf. Die Automatisierung von Prozessen in den verschiedensten Bereichen führt vermehrt zur Marktdurchdringung von Steuerungs- und Leitungssystemen. Rechner, speicherprogrammierbare Steuerungen, Kommunikationsgeräte u.a. werden dadurch immer bedeutungsvoller.

Im Gegensatz zu den Büro- und Unterhaltungselektronikgeräten stehen diese Anlagen oft 24 Stunden im Einsatz, wodurch der mutmassliche Standby-Anteil nur noch eine marginale Grösse ausmacht. Erwähnenswert seien z.B. Leitsysteme für die Ueberwachung von Kraftwerken und Verteilstationen, Steuerungen von Strassen und Strassentunnelsystemen (Beleuchtungssteuerung, Belüftungssteuerung, Verkehrssteuerung) u.a., die ununterbrochen im Einsatz stehen müssen. Zudem ist das Einsatzgebiet sehr heterogen und die Systeme verfügen trotz gleichen Grundkomponenten (Steuerungen, Rechner) über unterschiedliche prozessorientierte Eigenheiten. Weil dadurch auch ein allfälliger Multiplikationseffekt beschränkt ausfallen dürfte, sind keine diesbezüglichen Aktivitäten vorgesehen.

7.1.1.5. Querschnittstechnologien

Viele Geräte benötigen entweder Netzteile oder Ladegeräte zum bedarfsgerechten Betreiben. Neuste Ladegeräte von Handys weisen bereits einen Standby-Verlust von lediglich noch 100 mW auf, was im Vergleich zu älteren Modellen (1998) einer Reduktion von gegen 90 % entspricht.

Auch Netzteile weisen oftmals noch schlechte Wirkungsgrade und einen inakzeptablen Leistungsfaktor auf, was zu indirekten Verlusten und allenfalls Mehrinvestitionen im Infrastrukturbereich führt. Eine schweizerische Grossbank hat in Zusammenarbeit mit dem BFE bei der Beschaffung ihrer neuen LCD-Monitore harte Vorgaben für die Netzteile bez. Standby-Verluste, Leistungsfaktor im Leerlauf und unter Last, zu überbrückende Netzunterbrechungszeit und Wirkungsgrad im Nennbetrieb festgelegt. Interes-

santerweise hat die Industrie positiv reagiert und ist mit weltweiten Auswirkungen auf die entsprechenden Forderungen eingegangen.

7.1.1.6. Quantifizierung des Energieverbrauchs

Um für die Schweiz statistisch einigermaßen gesicherte und aktuelle Werte zur Verfügung zu haben, wurde im Rahmen einer durch das Bundesamt für Energie beauftragten Studie der Energieverbrauch im Standby und im effektiven Betrieb von Unterhaltungselektronikgeräten und Bürogeräten erhoben [8]. Die untenstehende Tabelle fasst die Studienergebnisse zusammen.

Abschliessend kann festgehalten werden, dass die Büro- und Unterhaltungselektronikgeräte mit etwa 2'370 GWh pro Jahr knapp 5% des Stromverbrauchs ausmachen und allein der *Standby-Verbrauch* einen Anteil davon von etwa 750 GWh verursacht, was wiederum etwa 1,5% des Stromverbrauchs ist. Ferner ist erkennbar, dass bei den Unterhaltungselektronikgeräten der Standby-Anteil höher ist als der Betriebsanteil, was hauptsächlich daher kommt, dass diese Geräte durchschnittlich nur wenige Stunden pro Tag genutzt werden und meist im Standby-Modus laufen. Zwar ist bei den Bürogeräten der Verbrauch durch den Betrieb höher als der Standby-Anteil. Trotzdem macht der Standby-Anteil immer noch über 20% des Gesamtverbrauchs aus.

CH-Stromverbrauch Unterhaltungselektronikgeräte:

Geräteart	Verbrauch in GWh pro Jahr			
	Ausgeschaltet	Standby	Betrieb	Total
Videorecorder	—	130	2	132
HiFi-Geräte	58	76	106	240
Fernsehgeräte	0	63	251	314
Satelliten-Receiver	—	16	4	20
Mobiltelefone	—	12	15	27
Cordless Phones	—	7	15	22
Netzteile, -geräte	—	107	1	108
Total:	58	411	394	863

7.1.2. Nationale und internationale Aktivitäten

National konzentrieren sich viele Aktivitäten unter der Führung und Begleitung des Bundesamts für Energie. So ist die Festlegung von Zielwerten gemeinsam mit der Industrie, die Labeling-Aktivitäten und weitere Arbeiten im vorliegenden BFE-Programm weitgehende Grundlage für die entsprechende Themenaufbereitung und Themenumsetzung. Ferner führt die *Forschungsgruppe Energieanalysen* der ETH Zürich auf diesem Gebiet neben den Arbeiten im Rahmen des Kompetenzzentrums „Energie und Informationstechnik“ weitere diesbezügliche Arbeiten auf nationaler und internationaler Ebene durch. Vom „Abnehmermarkt“ her sind grosse Einkäufer verstärkt daran, konkrete energetische Vorgaben bei Offertanfragen zu spezifizieren, wodurch sich ein entsprechender Druck auf die Industrie ergibt. Schliesslich leisten im Rahmen der Begleitgruppen-Aktivitäten auch die Hersteller ihren konstruktiven Beitrag.

International sind auf diesem Gebiet grosse Aktivitäten im Gange. Im folgenden seien auf wesentliche Arbeiten hingewiesen:

- Die US *Environment Protection Agency* (EPA), welche unter anderem für die Einführung des Energy Star Labels verantwortlich zeichnet, deckte im Heimbereich bis anhin die Fernseh- und Videogeräte sowie Audiogeräte ab. Allein mit dem TV/Recorder-Programm werden etwa 440 GWh pro Jahr eingespart, was in den USA einer Verminderung des CO₂-Ausstosses von 80'000 Tonnen entspricht. Im Jahr

CH-Stromverbrauch Bürogeräte:

Geräteart	Verbrauch in GWh pro Jahr			
	Ausgeschaltet	Standby	Betrieb	Total
Computer-Netzwerkgeräte	—	52	548	600
USV-Anlagen (bis 1 kW)	—	4	<1	5
TVA	—	—	67	67
PC (ohne Bildschirm)	24	82	151	257
Bildschirme	12	56	256	324
Drucker	46	53	8	107
Kopierer	1	72	50	123
Faxgeräte	—	21	1	22
Total:	83	340	1082	1505

2000 beabsichtigt die EPA, weitere Heimbereichsgeräte ins Energy Star Programm aufzunehmen: Set Top Boxen, Satelliten-Receiver, WEB-TV-Geräte, Videogames, Telefongeräte (inkl. Handys) und Telefonbeantworter sowie Netzgeräte.

- Europa- und weltweit stellt die Reduktion der Standby-Verluste ein aktuelles Thema dar. Dies hauptsächlich auch aufgrund der Tatsache, dass rund 30% des gesamten CO₂-Ausstosses auf elektrische Energie entfällt. So wird in einer Mitteilung der Kommission an den Rat und das europäische Parlament über die politischen Instrumente zur Verringerung von Standby-Energieverlusten bei Heimelektronik-Geräten (Februar 1999) berichtet. Der Rat der europäischen Union hat in seiner Sitzung am 11. Mai 1999 entsprechende Schlussfolgerungen betreffend den politischen Instrumenten zur Verringerung von Leerlauf-Energieverlusten bei elektronischen und elektrischen Geräten gezogen, und dabei insbesondere die vorerwähnten Mitteilungen der Kommission begrüsst.
- Die europäische Kommission ist, basierend auf der vorerwähnten Mitteilung und den Schlussfolgerungen der Kommission und des Rates daran, verschiedene Aktivitäten vorzubereiten und durchzuführen. So beabsichtigt man einen sogenannten Code of good Practise gemeinsam mit der Industrie zu vereinbaren, in dem jährlich festgelegte Zielwerte für Standby-Verluste bei verschiedenen Geräten (z.B. Ladegeräte, Netzgeräte, integrierte Empfänger, Decoders für digitale TV) definiert werden. Ebenfalls ist eine Simulations-Software (EPOLIS) verfügbar, mit der die energetischen Auswirkungen verschiedener Massnahmen national oder europaweit modelliert werden können.
- Nach einer etwas über einjährigen informellen Diskussion wurde durch die IEA (internationale Energie Agentur) anfangs 1999 in Paris die sogenannte „1 Watt-Initiative“ vorgeschlagen, welche es sich zum Ziel setzt, den Standby-Verbrauch aller Geräte bis spätestens im Jahre 2010 unter ein Watt zu drücken. Anlässlich eines Workshops im Januar 1999 in Paris wurde gemeinsam mit Experten und Industrievertretern diskutiert, welche erste Schritte für eine internationale politische Initiative bezüglich der Standby-Verlust-Verminderung durchzuführen seien. Im Gegensatz zu Europa sind aber offenbar die USA und Japan zögernd, die Verluste auf max. 1 Watt zu limitieren.
- Die Group for Efficient Appliances (GEA), von der die Schweiz aktives Mitglied ist, stellt eine Gruppe von staatlichen Vertretern, Energieagenturen und anderen Organisationen dar, die in enger Kooperation mit der einschlägigen Industrie das gemeinsame Ziel

verfolgen, ein europaweit einheitliches Vorgehen zur Verbrauchsreduktion im Bereich Büroautomation und Unterhaltungselektronik zu koordinieren. Dazu hat die GEA das freiwillige Qualitätslabel GEA Label etabliert, welches voll mit dem US Energy Star, dem deutschen GED-Label und dem schweizerischen Energy 2000 Label abgestimmt ist. Die GEA arbeitet auf der Basis eines „Memorandum of Understanding“ im Rahmen des „European Energy Network“.

- Im Newsletter der IDEA, der International Network for Domestic Energy-Efficient Appliances, werden periodisch aktuelle Informationen über energie-effiziente Massnahmen und Aktivitäten publiziert. Der Newsletter wird durch verschiedene europäische Institutionen analog der GEA herausgegeben. Die Schweiz ist ebenfalls Mitglied der Trägerschaft.
- Das deutsche Umweltbundesamt ist sehr aktiv bezüglich der Reduzierung von Standby-Verlusten und gibt periodische, gut aufbereitete Informationen ab. Ebenfalls werden darin auch durchgeführte Programme und Anlässe beschrieben.

7.1.3. Schwerpunktaktivitäten

Die Verminderung oder Vermeidung von Standby-Verlusten sowie auch die Reduktion des Stromverbrauchs im On-Mode sind durch technologische, regulatorische oder andere Massnahmen voranzutreiben. Dazu wurden in enger Koordination und Absprache mit internationalen Gremien verschiedene, sich ergänzende Wege eingeschlagen:

- **Sammeln, Aufbereitung und Weiterverbreiten von einschlägigen Informationen:** Dazu sind die folgenden Massnahmen und Aktivitäten vorgesehen resp. bereits lanciert.
 - Das bereits seit längerer Zeit an der ETH Zürich etablierte Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik wird beibehalten.
 - 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 die Marktteilnehmer 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 durch das BFE ins Leben gerufene, bestens etablierte Begleitgruppe in diesem Bereich, die sich aus namhaften Industrieunternehmen der Informations- und Kommunikationsbranche sowie gewichtigen Benutzern zusammensetzt, wird weiter unterhalten.
- Die zukünftige Informationsgesellschaft wird sich aufgrund der rasanten Technologieveränderungen weiter wandeln. Im Rahmen einer kleinen Studie sollen diesbezügliche Informationen zusammengetragen, verifiziert und vorläufige Schlussfolgerungen gezogen werden. Allfällige energierelevante Massnahmen sind vorzuschlagen.
- Ausbildung und Sensibilisierung von Netzwerkspezialisten: Auf verschiedenen Ebenen soll versucht werden, angehende (Studenten, Schüler) und bestandene Netzwerkspezialisten mit dem Thema der Energieeffizienz vertraut zu machen und zu sensibilisieren.
- **Labeling / Zielwerte:** Im Rahmen des Aktionsprogramms Energie 2000 des Bundesrates hat das Bundesamt für Energie bereits 1994 das Energie 2000 Label eingeführt, mit welchem besonders energieeffiziente Unterhaltungselektronik- und Bürogeräte ausgezeichnet werden. Der Erfolg hat im europäischen Umfeld Nachahmer gefunden. Eine Gruppe europäischer Energieagenturen hat sich gemeinsam mit dem Bundesamt für Energie zur Group for Efficient Appliances (GEA) zusammengefunden, welche das in der Schweiz eingeführte Labeling auf eine europäische Ebene gehoben hat. Mittlerweile hat das Programm weltweit Beachtung gefunden und sogar das weit weniger ambitionöse Labeling-Programm der USA (Energy Star) beeinflusst. Seit Anfang dieses Jahres wurde die Produktpalette des Labels massiv ausgebaut; weitere neue Produkte wie etwa Beleuchtungskörper für den Heimbereich oder Automaten für Cafeterias sollen noch im Laufe dieses Jahres folgen. Die entsprechenden Labeling- und Zielwert-Arbeiten sind unverändert und in enger Koordination mit dem Ausland voranzutreiben. Insbesondere gilt ergänzend:
 - Einbezug beim Labeling und bei den Zielwerten des Themas Netzwerkanschluss. Dazu sind allenfalls vorbereitende Arbeiten (Messprozedur, Status-Definition, u.a.) durchzuführen.
 - Zielwerte für Netzgeräte und Ladegeräte, jeweils abgestimmt auf das angeschlossene Endgerät.
- **Erprobung neuartiger technischer Lösungen / Vorgehensweisen zur Energieeinsparung:** Im Bereich der Forschung werden neuartige, erfolgversprechende Technologien entwickelt, ausgetestet und entweder Richtung Produktionsreife vorangetrieben oder der Industrie der Nachweis erbracht, dass derartige energetische Optimierungen alltagstauglich sind. Im Bereich Pilot- und Demonstrationsanlagen werden neue Technologien in Erstanlagen auf Tauglichkeit und Nützlichkeit hin getestet, ausgemessen und weiter Richtung Marktreife gebracht. 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 in zwei parallelen BFE-Projekten.
 - Verschiedentliche Messungen von Einzelkomponenten haben gezeigt, dass die deklarierten Leistungswerte oft massiv über den effektiven, bezogenen Werten liegen. Als Grundlage sind allenfalls **punktuell weitere Messungen** vorzunehmen.
 - Obwohl der Markt zur Zeit nicht eindeutig ist, ist es eine Tatsache, dass speziell im Low-End-Bereich sogenannte **multifunktionale Geräte** (Drucker, Scanner, Kopierer in einem Gerät) vermehrt verfügbar werden. Um diesem Trend allenfalls im energetischen Bereich rechtzeitig begegnen zu können, ist der mit diesen Geräten verbundene Energie- Mehr- oder Minderverbrauch zu bestimmen.
 - Die **Qualität der Stromversorgungseinheit** (Power Supply Unit) ist sowohl für alleinige Geräte als auch für integrierte Einheiten in verschiedenen Geräten zu definieren und im Markt durchzusetzen. Dazu sind entsprechende Sensibilisierungsmassnahmen durchzuführen.
 - 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 spe-

zifische Zwecke zu bilden, resp. bereits bestehende 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 zur **breiten Nutzung des Advanced Power Managements** durchzuführen.
- Unverändert ist es eine Tatsache, dass das durchschnittliche Benutzerverhalten nicht sehr energiesparsam ist. Es sind deshalb technische oder andersweitige Massnahmen und Vorgehensweisen zur **Beeinflussung des wenig verbrauchsmindernden Benutzerverhaltens** auszuarbeiten und anschliessend umzusetzen (z.B. Testen und Promotion des Wake on LAN-Konzepts).
- Mit der fortschreitenden Technik wird es eine verstärkte **Vernetzung im Haushaltsbereich** geben. Dieser Trend dürfte auch Konsequenzen auf den Stromverbrauch haben. Diese gilt es zu analysieren.

7.2. Automaten

7.2.1. Generelle Uebersicht und technisches Umfeld

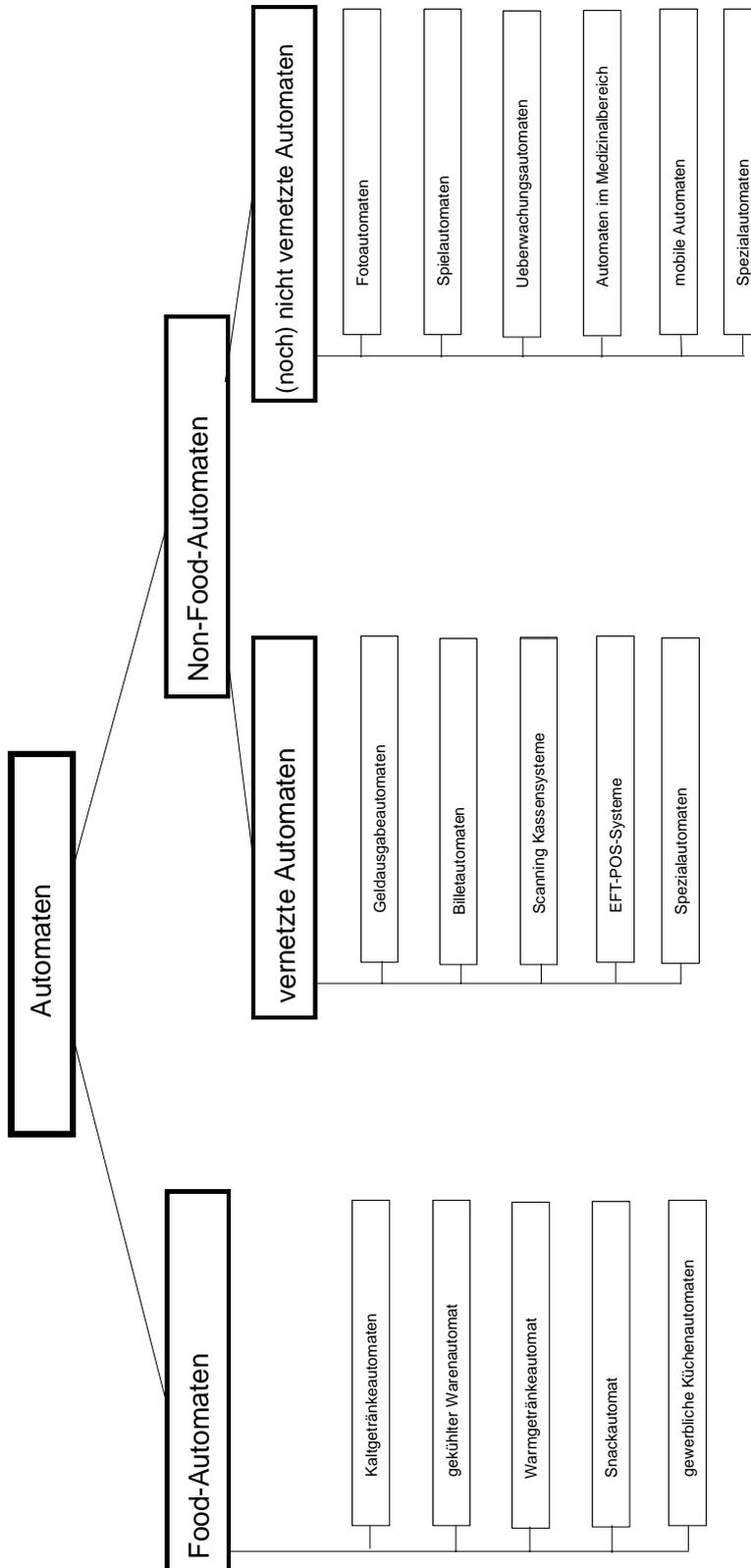
7.2.1.1. Einleitung

Im Auftrag des Bundesamts für Energie hat die Forschungsgruppe Energieanalysen der ETH Zürich gemeinsam mit der Encontrol GmbH im Jahr 1998 eine ausführliche Untersuchung zum Thema „Energieverbrauch von Automaten und Energiesparmöglichkeiten“ [12] durchgeführt. Darin wurden die bis anhin international erfolgten Arbeiten recherchiert, zusätzlich eigene Untersuchungen angestellt und auf diesen Ergebnissen aufbauend, entsprechende Empfehlungen für zukünftige Aktivitäten ausgearbeitet. Das vorliegende Konzept bezieht sich deshalb schwergerichtet auf diese Studienergebnisse.

Automaten sind beim Energieverbrauch und speziell beim Stromverbrauch allgegenwärtig. Wollte man alle Arten von Automaten abdecken, müsste der Betrachtungskreis sehr weit gefasst werden. Im vorliegenden Fall beschränken sich die Betrachtungen auf diejenigen mehr oder weniger automatisierten und elektronisch gesteuerten Geräte, welche dank der Automation erst existieren.

In der folgenden systematischen Uebersicht werden die in die Betrachtung eingeschlossenen Systeme und Geräte strukturiert zusammengefasst.


Bundesamt für Energie
 Office fédéral de l'énergie
 Ufficio federale dell'energia
 Swiss Federal Office of Energy



 R. Büninger AG Engineering & Consulting	Plan Nr.	Datum:	Projekt:	
	Ref. Nr.	1.6.99	Forschungs- und P + D-Programm	
Format: A4 quer	Gezeichnet:	KS	"Elektrizität"	
Massstab: 3.8.99	Geprüft:			
Änderung: 9.11.99	Freigegeben:			
Auftrag: 001.005			Blatt 1	
File: BRZEF1.C.DSF			VON 1	
			Anlage: =	
			Teilbereich Automaten Bundesamt für Energie (BFE) Ort: Bern	

7.2.1.2. Energieverbrauch und Einsparmöglichkeiten

Die erste Tabelle zeigt den Energieverbrauch der gekühlten Waren- und Kaltgetränkeautomaten in der Schweiz und die aus früheren Studien bekannten Stromverbräuche für verschiedene andere Automaten in der Schweiz. Die Liste ist aber unvollständig. Bezogen auf den heutigen durchschnittlichen Energieverbrauch pro Gerät und Jahr sind für alle Automatenkategorien deutliche Einsparmöglichkeiten möglich. Die zweite Tabelle gibt dazu einen Überblick.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass mit Abstand der grösste Energieverbrauch mit knapp 43 GWh/Jahr durch Kaltgetränkeautomaten verursacht wird. Untersuchungen zeigen zudem, dass bezogen auf den heutigen durchschnittlichen Energieverbrauch Einsparungen durch technische und betriebliche Massnahmen von über 50% erwartet werden können. Von einigen wichtigen Automaten, wie zum Beispiel den Heissgetränkeautomaten, ist der Energieverbrauch in der Schweiz leider nicht bekannt. Geldausgabeautomaten und Billettautomaten stellen diejenige Kategorie dar, die zwar gesamtschweizerisch wesentlich weniger Energie verbrauchen, die aber dennoch über ein beachtliches Einsparpotential verfügen.

7.2.2. Nationale und internationale Aktivitäten

National sind die folgenden wesentlichen Aktivitäten auf

diesem Gebiet bekannt.

- Vernetzte Kassensysteme wurden im Rahmen von RAVEL detailliert untersucht [13] und verschiedene Initiativen für die Umsetzung der erkannten Stromsparmassnahmen auch auf andere vernetzte Systeme ergriffen [14, 15].
- Der Energieverbrauch und die Einsparmöglichkeiten bei Geldausgabeautomaten sind seit 1994 dokumentiert. Die Initiative, ein Pilotgerät in der Praxis auszutesten, ist kürzlich wieder aufgenommen worden. Eine Arbeitsgruppe mit Vertretern von verschiedenen Firmen und dem Bundesamt für Energie hat ein Pflichtenheft für Geldausgabeautomaten (GAA) mit geringer Standby-Leistung erarbeitet [16]. Eine Befragung [30] von mehreren hundert grösseren Industrie- und Dienstleistungsbetrieben in Genf ergab, dass in 79.5% aller Betriebe mindestens ein Heissgetränkeautomat steht. Bei Kaltgetränkeautomaten liegt der Anteil bei 39.2%.
- Eine Studie zu den Stromsparmöglichkeiten bei Billettautomaten [17] führt zu konkreten Vorschlägen, die bisher nicht aufgenommen wurden.
- Im Rahmen der Aktion Stromsparen beim Bund wurden energetische und ökologische Kriterien für Erfrischungsräume in der allgemeinen Bundesverwaltung erarbeitet.

Typ	Anzahl Geräte	Energieverbrauch (GWh/Jahr)
Geldausgabeautomat	3233	8.4
Billettautomat	5000	7.3
Scanning-Kasse	2000	2.3
andere elektrische Kassen	23000	3.4
EFT-POS	7000	0.5
Kaltgetränke-Automat	13000	42.7
Snackautomat	1200	1.8
gekühlter Waren-Automat	1700	5.5

Typ	rel. Einsparungen (%)
Heissgetränkeautomat	30 – 60
Kaltgetränkeautomat	>50
Geldausgabeautomat	75
Billettautomat	10 – 40
Scanning-Kasse	>50

Anzahl und Energieverbrauch von Automaten in der Schweiz

Einsparmöglichkeiten bei heutigen Automaten

- Im Rahmen von RAVEL wurde der Energieverbrauch von gewerblichen Küchenautomaten erstmals systematisch und detailliert untersucht [18]. In der Folge wurde diese Arbeit von mehreren Seiten weiterverfolgt. So wurde an einem Seminar an der ETH die Aktivität der von Küchenplanern, verschiedenen Betreibern von Verpflegungsstätten und dem BFE ins Leben gerufenen Arbeitsgruppe ENAK (Energetische Anforderungen an Küchengeräte) vorgestellt. Ebenfalls bieten zwei grosse Elektrizitätswerke ihren Kunden Unterstützung bei Energiesparmassnahmen in den gewerblichen Küchen, u. a. bei der Auswahl von energieeffizienten Geräten, an. Im Förderprogramm des Bundes, welches zur Zeit vom BFE ausgearbeitet wird, und welches gegebenenfalls ab dem Jahr 2001 ausgeführt werden kann, bilden die gewerblichen Kühlgeräte, Waschmaschinen und Wäschetrockner einen Schwerpunkt. Die Ausarbeitung erfolgt in Zusammenarbeit mit der ENAK.
 - In der Schweiz wurde ein Messverfahren für Verpflegungsautomaten erarbeitet.
 - Der Energieverbrauch eines Kaffeeautomaten kann durch eine Absenkung der Temperatur im Standby-Betrieb um die Hälfte reduziert werden. In Zusammenarbeit mit allen relevanten Akteuren (Einkäufer, Bund, Hersteller) wird auf freiwilliger Basis eine Verbesserung der Energieeffizienz aller Geräte auf dem Markt angestrebt. Ein selbstlernender Schalter (Memo Switch) wird hier erstmals angewendet [19]. Veröffentlichung eines Merkblatts [20], wo die progressive Einführung des Memo Switch bei den Kaffeeautomaten des Bundes angekündigt wird.
 - Die Projektdatenbank der UBS [1994] enthält Listen von Automaten – aufgeteilt nach Betriebsgeräten, Beleuchtung und Infrastruktur – die in Verwaltungsgebäuden im Bankensektor üblich sind. Für die wichtigsten Gerätetypen ist der Leistungsbezug von verschiedenen in der Bank gebrauchten Modellen (ev. in verschiedenen Betriebszuständen) aufgeführt.
 - Die UBS rüstete alle Getränkeautomaten mit Memo Switch oder Schaltuhren aus [21].
- International** sind verschiedene Studien und Projekte durchgeführt worden. Einige davon werden nachfolgend kurz beschrieben.
- Eine Studie in Kanada [22] bestimmt Anzahl und Energieverbrauch aller Verkaufsautomaten aufgeteilt in 13 Gruppen, schätzt das Einsparpotential ab und empfiehlt, wenigstens für zwei Typen von Münzautomaten: "hot beverage – single cup" und "canned soft drink" die Einführung von Energieverbrauchsstandards in Erwägung zu ziehen. Der CSA C804 Standard für warme und gekühlte/tiefgefrorene Waren ist im Jahre 1996 in Kraft gesetzt worden. In der Zwischenzeit sind auch die zwei ASHRAE Standards 32.1 und 32.2 überarbeitet worden (ASHRAE = American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers).
 - Für Kaffeeautomaten wird in Grossbritannien [23] ein durchschnittlicher Standby-Verbrauch von 150 W gemessen, der mit der Kompensation von Wärmeverlusten und dem Betrieb von weiteren Verbrauchern (Licht, Ventilatoren und Elektronik) erklärt wird. In der Schweiz wird bei einer Messung von Automaten in einer Grossbank ein Tagesverbrauch von 3.3 bis 8.2 kWh/Tag für kleine und mittlere Kaffeeautomaten gemessen.
 - Eine amerikanische Studie [24] bestimmt den Energieverbrauch eines typischen Automaten auf 3000 kWh/Jahr, wovon 2/3 für das Kühlsystem und 1/3 für die Beleuchtung gebraucht werden. Elf technische Verbesserungen werden vorgeschlagen. Die meisten Automaten gehören den Herstellern von Getränken, aber die Energiekosten fallen im Gebäude an, wo das Gerät aufgestellt ist.
 - In einer weiteren amerikanischen Studie wird u.a. darauf hingewiesen, dass mehr und mehr Verkaufsgeräte elektronisch vernetzt werden. Der Hauptgrund ist ein besserer und kostengünstigerer Unterhalt. Das bedingt zwar einen kleinen Mehrverbrauch für Elektronik und eventuell Sensoren und Aktoren. Damit sind aber auch Energieeinsparungen und vor allem Spitzenlastmanagement möglich, die bei den "Utilities" auf Interesse stossen.
 - Im Rahmen von Annex III des DSM-Agreements der internationalen Energieagentur (IEA) wurde untersucht, ob die Energieeffizienz von Getränkeautomaten mit Hilfe einer international koordinierten Beschaffungsaktion verbessert werden kann. Dazu wurde in einem ersten Schritt eine Studie durchgeführt zur Abklärung der heutigen Ausgangslage und der technischen Verbesserungsmöglichkeiten [25]. In einem zweiten Bericht [25] wurden vorwiegend Fragen behandelt, die den Marktmechanismus betreffen, wie Entscheidungsträger, Anforderungen und Hemmnisse.
 - In einem typischen Kopierbetrieb in Deutschland wurden rund 2/3 des Stromverbrauchs für den Betrieb der Kopierer gebraucht. Ein Konzept für "Umweltentlastung" in Kopierbetrieben wird vorgeschlagen. Übertragen auf die Schweiz werden mögliche Energie 2000 Projekte in der Kopierbranche vorgeschlagen [26].

7.2.3. Schwerpunktaktivitäten

Die Effizienzsteigerung bei Automaten ist durch technologische, betriebliche, regulatorische oder andere Massnahmen voranzutreiben. Die folgenden Stossrichtungen werden aufgrund des geschätzten mutmasslichen Einsparpotentials mit massvollem finanziellem Engagement verfolgt:

Vertiefte Untersuchungen/Studien:

- Überblick über Automaten in allen Verbrauchersektoren auf Landesebene:** Bis anhin ist der Stromverbrauch von Automaten im Dienstleistungssektor nur ansatzweise geschätzt worden. Der Stromverbrauch der Automaten für alle Verbrauchersektoren Haushalte, primärer, sekundärer und tertiärer Sektor, Verkehr auf Landesebene, ist noch nie bestimmt worden. Um eine präzisere Basis zur Beurteilung des bestmöglichen Handlungsbedarfs und zur Planung von eventuellen Massnahmen zu verbessern, wäre ein *Überblick über die Automaten in allen Verbrauchersektoren auf Landesebene* zu erstellen. Eine minimale Übersicht könnte bestehen aus einer fundierten und nachvollziehbaren Schätzung des heutigen Energieverbrauchs der Automaten in den vier Verbrauchersektoren: Haushalte, primärer, sekundärer und tertiärer Sektor, Verkehr und aus einer Charakterisierung dieses Verbrauchs nach der Verwendung der Energien (z. B. mit oder ohne Wärme/Kälte). Der Dienstleistungssektor dürfte eine dominierende Rolle spielen, und deshalb ist dort eine Aufteilung nach Wirtschaftsbranchen anzustreben.
- Vertiefte Analyse von Heissgetränkeautomaten und die 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. Die folgende Tabelle zeigt den Wissensstand bei wichtigen Automatenkategorien auf, wobei aufgrund von vorläufigen Einschätzungen *Heissgetränke- und Fo-*

toautomaten energetisch im Vordergrund stehen.

Konkrete Umsetzungsaktivitäten

- Umsetzungsaktivitäten bei gekühlten Warenautomaten:** Bei gekühlten Warenautomaten besteht schon etwelches Grundlagenwissen. Zudem haben diese Automaten eine grosse Verbreitung und ein hohes Marktwachstum. Folgende Aktivitäten sind deshalb in separaten oder zusammengeführten Projekten vorgesehen:
 - In Zusammenarbeit mit einer Betreiber-Firma sollte ein Pilot- und Demonstrationsprojekt mit einem Energiespar-Automaten gestartet werden.
 - Für die „Standort-Verleiher“ sollten Daten über die Betriebskosten für Strom und Wasser erarbeitet und kommuniziert werden. Dazu ist ein Merkblatt zu erarbeiten.
 - Von Interesse wäre auch der Einfluss des Standortes (besonnt, beschattet) auf den Strombedarf für einen gekühlten Warenautomaten. Aus den Resultaten wären Empfehlungen abzuleiten für die Standortwahl oder eventueller Beschattungsvorrichtungen für aussen aufgestellte gekühlte Automaten.
- Umsetzungsaktivitäten bei Billettautomaten von Verkehrsbetrieben:** Bei Billettautomaten besteht ebenfalls 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 Pilot- und Demonstrationsprojekt 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

bereits untersuchte Automaten	ungenügend untersuchte Automaten
Billettautomat	Heissgetränkeautomat
Geldausgabeautomat	Fotoautomat
Kaltgetränkeautomat	mobile Automaten
elektronische Kassen	Spielautomat
Teilnehmervermittlungsanlagen (TVA)	Automaten im Medizinbereich
	Überwachungsautomat

den Betrieb von Automaten sind in Angriff zu nehmen. Im E2000-Programm werden die entsprechenden Betriebe oder Organisationen angesprochen, und die energetischen Auswirkungen im Bereich Automaten sollten in die Programme von E2000 aufgenommen werden.

- **Förderprogramm:** Im Förderprogramm des Bundes, welches zur Zeit vom BFE ausgearbeitet wird und welches gegebenenfalls ab dem Jahr 2001 ausgeführt werden kann, sollen Heissgetränkeautomaten und gekühlte Warenautomaten, welche bestimmte Energiekriterien erfüllen, durch finanzielle Beiträge gefördert werden.

Labeling / Zielwerte:

- Im Rahmen des Aktionsprogramms Energie 2000 des Bundesrates hat das Bundesamt für Energie bereits 1994 das Energie 2000 Label eingeführt. Mittlerweile hat das Programm weltweit Beachtung gefunden und sogar das weit weniger ambitionöse Labeling-Programm der USA (Energy Star) beeinflusst. Seit Anfang dieses Jahres wurde die Produktpalette des **Labels** massiv ausgebaut; weitere neue Produkte wie **Automaten für Cafeterias** sollen noch im Laufe des Jahres 2000 folgen. Die entsprechenden Labeling- und Zielwert-Arbeiten sind deshalb unverändert und in enger Koordination mit dem Ausland voranzutreiben.

8. Trendwatching/ Begleitgruppen

8.1. Ziel und Zweck der Trendwaching- / Begleitgruppe

Die BFE-Programmleitung hat im 1997 resp. 1998 für die definierten Fachbereiche sogenannte Trendwaching/Begleitgruppen etabliert. Diese Gruppen bestehen aus Vertretern der Industrie, der Hochschule und 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, wobei auf eine gewisse Ausgewogenheit geachtet wird.

Die im vorliegenden Bericht integrierten Teilkonzepte der Schwerpunkte wurden in mehreren Workshops mit den entsprechenden Begleitgruppen erarbeitet. Nach mehreren Sitzungen und Ueberarbeitungen haben alle Mitglieder jeder Gruppe die im vorliegenden Konzept vorgeschlagene Stossrichtungen befürwortet.

Im Bereich Hochtemperatur-Supraleitung wurde ein jährlich durchzuführendes HTSL-Statusseminar initiiert. Dabei werden die einschlägigen Vertreter aus Industrie, Forschung und Hochschule jeweils eingeladen.

8.2. Trendwatching-Gruppe „Uebertragung / Verteilung“

Folgende Mitglieder gehören zur Zeit (Stand per ca. Mitte 2000) den folgenden Trendwatching-Gruppen an:

Industrie / Ingenieurbüro:

R. Bacher; Bacher Consulting
T. Gysel, NOK, PSEL-Vertreter
A. Kara; ABB Hochspannungstechnik AG
K. Odermatt; EW Nidwalden
J. Rhyner; ABB Forschungszentrum
R. Scheidegger; AEK Energie AG
G. Schnyder, Schnyder Ingenieure AG
D. Westermann; ABB Hochspannungstechnik AG

Hochschulen:

H. Glavitsch; ETH Zürich (emeritiert)
G. Andersson; ETH Zürich
M. Höckel, Fachhochschule Biel

Bundesamt für Energie:

R. Brüniger

8.3. Trendwatching-Gruppe „Elektrische Antriebe“

Folgende Mitglieder gehören zur Zeit (Stand per Mitte 2000) der Trendwatching-Gruppe an:

Industrie / Ingenieurbüro:

S. Berchten; LEAG Antriebstechnik AG
R. Gloor; Gloor Engineering
J. Nipkow; ARENA
G. Schnyder; Schnyder Ingenieure AG
A. Stoev; IDS AG
F. Spycher; ABB Normelec AG
M. Thalmann; Fuji Electric GmbH
R. Tanner; Semafor AG

Hochschulen:

M. Jufer; EPF Lausanne
K. Reichert; ETZ Zürich (emeritiert)

Bundesamt für Energie:

R. Brüniger

8.4. Trendwatching-Gruppe „Informations- und Kommunikationstechnik“

Folgende Mitglieder gehören zur Zeit (Stand per ca. Mitte 2000) der Trendwatching-Gruppe an:

Industrie / Ingenieurbüro:

K.H. Becker; UBS
Th. Fierz; Compaq Computer AG
B. Oldani; IBM Schweiz
D. Singy; Swisscom AG
B. Isenegger; Compaq Computer AG
B. Kneubühler; Siemens Schweiz AG
A. Huser, Encontrol GmbH

Hochschulen:

B. Aebischer, CEPE, ETH Zürich

Bundesamt für Energie:

R. Brüniger

9. Interessante Links

<http://iamest.jrc.it/projects/eem/eurodeem.htm>

<http://www.ademe.fr>

<http://www.blauer-engel.de>

<http://www.e2000.ch>

<http://www.electricity-research.ch>

<http://www.energeavia.org>

<http://www.energielabel.ch>

<http://www.energy-research.ch>

<http://www.epa.gov>

<http://www.epri.com>

<http://www.eren.doe.gov>

<http://www.eus.de>

<http://www.iea.org>

<http://www.motor.doe.gov>

<http://www.mtprog.com>

<http://www.novem.org>

<http://www.oee.nrcan.gc.ca>

<http://www.psel.ch>

10. Literaturverzeichnis

- [1] Technologietrends bei der elektrischen Verteilung: Tagungsunterlagen zum gleichnamigen BFE-Workshop vom 29. Oktober 1998 (R. Brüniger AG, 1998)
- [2] Supraleitende Testspule, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Technische Rundschau Nr. 16, 1999
- [3] Aspekte des Einsatzes der Supraleitung in der elektrischen Energieversorgung, Dr. Ing. H. Lenertz, Hannover, VDI Berichte Nr. 733, 1989
- [4] Anwendungsmöglichkeiten von Hochtemperatur-Supraleitern im Bereich der elektrischen Energieversorgung, Gernot Funk, Elektrizitätswirtschaft, 1993, Heft 25
- [5] Directory of Superconducting Device Projects bearing upon Electric Power Sector, R. F. Giese, Argonne National Laboratory, USA, November 1997
- [6] Anwendung der Supraleitung in elektrischen Netzen, Systemstudie, Dr. G. Schnyder, Dr. J. Rhyner, D. Politano und M. Sjöström, 1999
- [7] Massnahmen zur Förderung der rationellen Energienutzung bei elektrischen Antrieben, Endbericht zum Forschungsauftrag 1998 an das Bundesministerium für Wirtschaft (Fraunhofer Institut und ebök Ingenieurbüro, 1999)
- [8] Bestimmung des Energieverbrauchs von Unterhaltungselektronikgeräten, Bürogeräten und Automaten in der Schweiz (Meyer & Schaltegger, März 1999)
- [9] Energieverbrauch in Bürogebäuden (ETH Zürich, Amstein + Walther AG, Mai 1999)
- [10] Energieverbrauch von Netzwerkkomponenten (Basler & Hofmann AG, Teleinform, 1997)
- [11] Analysis of Energy Consumption and Efficiency Potential for TVs in on-mode (NOVEM, November 1999)
- [12] Energieverbrauch von Automaten und Energiesparmöglichkeiten (Forschungsgruppe Energieanalysen, ETH Zürich und Encontrol GmbH, Niederrohrdorf, Juni 1998)
- [13] Moser R., RAVEL in Rechner und Kommunikationsanlagen des Detailhandels, Material zu RAVEL, 1993, (EDMZ 724.397.13.53 D)
- [14] Aebischer B., Moser R., RAVEL in vernetzten Systemen. Rationelle Stromanwendung in vernetzten Kassensystemen und anderen vernetzten elektronischen Anlagen, 1995 (EDMZ 724.339 D)
- [15] Aebischer B., RAVEL bei vernetzten POS-Systemen: Erfolg und Misserfolg – und trotzdem Breitenwirkung, Beitrag in „RAVEL zahlt sich aus“ 4. RAVEL-Tagung (EDMZ 724.300.4 d/f)
- [16] Schmitz R. BFE, Pflichtenheft für Geldausgabeautomaten mit geringer Standby-Leistung, 1997
- [17] Huser A. DURENA, Strommanagement bei Billettautomaten von Verkehrsbetrieben, 1996
- [18] Perincioli L., Fallstudie „Testküche“, RAVEL Untersuchungsprojekt 13.52, 1991 / Küche und Strom (EDMZ 724.322 d/f) 1993 / Energiemanagement in der Hotellerie (EDMZ 724. 326 d) 1994
- [19] Kyburz V., Infoenergie, Selflearning, energy saving device for vending machines, CADDET Energy efficiency Newsletter No. 3/1995
- [20] Ihr intelligenter Kaffeeautomat, Energie 2000, Stromsparen beim Bund, August 1997
- [21] Becker KH., Aktivitäten bei der UBS im Bereich Getränkeautomaten, Mitteilung 28.10.97, Zürich 1997
- [22] Caneta Research Inc., Energy Standards for Vending Machines, 1993
- [23] Hill P., Vending Machines, Extract from „Energy efficient office equipment, UK 1993
- [24] Westphalen D., Arthur D. Little Inc. Energy Savings Potential for Commercial Refrigeration Equipment, USDOE 1996
- [25] Munter P. SEAS Energy Advisory Services, Cold & Hot Drinks Automatic Vending Machines – Preliminary Project on Improved Energy Efficiency, 1995 – Continual Project on Improved Energy Efficiency, 1996
- [26] Schilter T., Energieeffizienz in Kopierbetrieben, Referat vom 28.8.96 Energie 2000 Ressort Gewerbe, Zürich 1996
- [27] Energiemanagement in einem Novell-Netzwerk (R. Brüniger AG, 1996)
- [28] Energiemanagement im EDV-Netzwerk des BFE (BFE, Februar 1997)

- [29] Studie und Merkblatt: Risikofreier Betrieb von klimatisierten EDV-Räumen bei 26 Grad Raumlufttemperatur (AEK, 1995)
- [30] Chevalier H., Malatesta D., La Consommation d'énergie électrique des activités économiques et des administrations à Genève, IREC, EPFL, 1997

11. Beilagen

Beilage A : Priorisierungsmatrix

Beilage B: Schätzung Elektrizitätsverbrauch

BFE-Programm "Elektrizität" Priorisierungsmatrix

Bewertung/Kriterien	Programm- zuständigkeit		Heutige Energierelevanz		Zukünftige Energierelevanz		Marktbeeinflus- sung durch BFE		Wirtschaftlich- keit		Aktivitäten der Privatwirtschaft		Duplizierbarkeit		Priorisierung / Wichtigkeit	
	A: ja=2 teilweise=1 nein=0	B: hoch=3 mittel=2 tief=1 keine=0	C: steigend=3 konstant=2 ungewiss=1 fallend=0	D: hoch=2 gering=1 keine=0	E: ja=0 fallweile=1 nein=2	D: hoch=2 gering=1 keine=0	E: ja=0 fallweile=1 nein=2	F: hoch=0 gering=1 keine=2	G: ja=2 beschränkt=1 nein=0	A x (B+C+D+E+F+G)						
Erzeugung																
<i>Erneuerbare Energien</i>																
Kleinwasserkraftwerke	0															0
Photovoltaik	0															0
Windenergie	0															0
Geothermie	0															0
Biomasse / Holz	0															0
																0
<i>Erschöpfliche Energien</i>																0
Thermoelektrische Erzeugung	2	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	12	12
Thermionische Erzeugung	2	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	12	12
Kernenergie	0															0
Kernfusion	0															0
Brennstoffzellen	0															0
Oelthermische Energie / Verbrennung	0															0
Wärme-Kraft-Kopplung	0															0
																0
<i>Begleitende/relevante Aspekte</i>																0
Politische Diskussion bez. Wasserkraft	0															0
Liberalisierung des E-Marktes	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
Energieabgaben	0															0
																0

BFE-Programm "Elektrizität" Priorisierungsmatrix

Bewertung/Kriterien	Programm-zuständigkeit		Heutige Energierelevanz		Zukünftige Energierelevanz		Marktbeeinflussung durch BFE		Wirtschaftlichkeit		Aktivitäten der Privatwirtschaft		Duplizierbarkeit		Priorisierung / Wichtigkeit	
	A: ja=2 teilweise=1 nein=0	B: hoch=3 mittel=2 tief=1 keine=0	C: steigend=3 konstant=2 ungewiss=1 fallend=0	D: hoch=2 gering=1 keine=0	E: ja=0 fallweile=1 nein=2	F: hoch=0 gering=1 keine=2	G: ja=2 beschränkt=1 nein=0	A x (B+C+D+E+F+G)								
Gebiete und Themen																
Verteilung & Speicherung																
<i>Speicherung</i>																
Schwungrad	2	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	8	0
Druckluft	2	0	0	0	0	0	2	0	2	2	2	2	0	0	8	0
Wasserspeicherung	2	3	3	0	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	14	0
SMES	2	0	1	0	1	0	2	0	2	1	1	2	2	2	12	0
Dezentrale Speicherung im Verteilnetz	2	0	3	1	3	1	1	1	1	1	1	2	2	2	16	0
Elektro-Chemische Speicherung	0														0	0
Thermochemie	0														0	0
Wasserstofftechnologie	0														0	0
															0	0
<i>Verteilung</i>															0	0
Transformatoren	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	10	0
HTSL-Transformator	2	3	2	1	2	1	0	1	0	2	2	0	0	0	16	0
FACTS-Themen im Verteilnetz	2	0	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	16	0
Deregulierung Stromnetz	2	0	3	0	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	8	0
Lastmodellierung	2	3	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	12	0
Verlustminimierung	2	3	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	14	0
Netzführung und -betrieb	2	3	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	12	0
Netzqualität	2	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	10	0
Spitzenlastmanagement	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4	0
Kabel/Freileitungen															0	0

BFE-Programm "Elektrizität" Priorisierungsmatrix

Bewertung/Kriterien	Programm-zuständigkeit		Heutige Energierelevanz		Zukünftige Energierelevanz		Marktbeeinflussung durch BFE		Wirtschaftlichkeit		Aktivitäten der Privatwirtschaft		Duplizierbarkeit		Priorisierung / Wichtigkeit		
	A: ja=2 teilweise=1 nein=0	B: hoch=3 mittel=2 tief=1 keine=0	C: steigend=3 konstant=2 ungewiss=1 fallend=0	D: hoch=2 gering=1 keine=0	E: ja=0 fallweile=1 nein=2	F: hoch=0 gering=1 keine=2	G: ja=2 beschränkt=1 nein=0	A x (B+C+D+E+F+G)									
Gebiete und Themen																	
HTSL-Energie-Kabel																	0
<i>Begleitende/relevante Aspekte</i>																	0
Konfliktlösungsgruppe Uebertragung	0																0
Deregulierungsprozess	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	3
																	0

BFE-Programm "Elektrizität" Priorisierungsmatrix

Bewertung/Kriterien	Programm- zuständigkeit		Heutige Energierelevanz		Zukünftige Energierelevanz		Marktbeeinflus- sung durch BFE		Wirtschaftlich- keit		Aktivitäten der Privatwirtschaft		Duplizierbarkeit		Priorisierung / Wichtigkeit
	A: ja=2 teilweise=1 nein=0	B: hoch=3 mittel=2 tief=1 keine=0	C: steigend=3 konstant=2 ungewiss=1 fallend=0	D: hoch=2 gering=1 keine=0	E: ja=0 fallweile=1 nein=2	F: hoch=0 gering=1 keine=2	G: ja=2 beschränkt=1 nein=0	A x (B+C+D+E+F+G)							
Gebiete und Themen															
Nutzung															
<i>Elektrische Motoren/Antriebssysteme</i>	2	3	3	2	1	1	2	1	1	1	2	2	24	0	
<i>Automaten</i>	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	28		
<i>Informations- und Kommunikationstechniken</i>															
Home Electronic	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24		
Komm.-Netzwerke	2	2	3	1	2	2	1	2	2	2	2	2	24		
TVA/PABX	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	12		
Netzladegeräte	2	2	3	2	3	3	2	2	1	1	2	2	22		
Informatik-Endgeräte	2	3	3	2	3	3	2	2	2	1	2	2	26		
													0		
													0		
													0		
<i>Haushaltsgeräte</i>	2	3	3	1	3	3	1	1	1	1	2	2	22		
													0		
													0		
<i>Wärmeerzeugung (Wärme, Wasser, Luft)</i>	1	3	3	1	3	3	1	1	1	1	1	1	10		
<i>Industrieprozesse</i>															

BFE-Programm "Elektrizität" Priorisierungsmatrix

Bewertung/Kriterien	Programm- zuständigkeit		Heutige Energierelevanz		Zukünftige Energierelevanz		Marktbeeinflus- sung durch BFE		Wirtschaftlich- keit		Aktivitäten der Privatwirtschaft		Duplizierbarkeit		Priorisierung / Wichtigkeit	
	A: ja=2 teilweise=1 nein=0	B: hoch=3 mittel=2 tief=1 keine=0	C: steigend=3 konstant=2 ungewiss=1 fallend=0	D: hoch=2 gering=1 keine=0	E: ja=0 fallweile=1 nein=2	F: hoch=0 gering=1 keine=2	G: ja=2 beschränkt=1 nein=0	A x (B+C+D+E+F+G)								
Gebiete und Themen																
<i>Licht</i>	2	2	1	1	0	0	2	12								
öffentliche Beleuchtung																
Innen-Beleuchtungen																
<i>Verkehr</i>	0															
Verkehr (Bahn, Tram, Bus, Auto, andere)																
Verkehrsnetze (Bahn, Tram, Bus)																
<i>Begleitende/relevante Aspekte</i>																
Hochtemperatur-Supraleitung	2	0	3	1	2	1	2	18								
Leistungselektronik	2	2	3	0	1	0	2	16								
Internationale Kontakte	2	2	2	2	1	1	2	20								
Einfluss von el.-mag. Felder auf Mensch	1	0	0	0	2	1	2	5								
DSM-Aktivitäten	0															
Sozioökonomische Betrachtungen	0															
Marktverhalten	2	3	1	1	1	1	0	12								
Innovative Projekte	2	3	3	2	2	2	2	28								

**Bundesamt für Energie: Programm „Elektrizität“
Schätzung des Elektrizitätsverbrauchs**

Fachorientiert (geschätzt)	Wärme und Kühlung	elektrische Motoren	Licht	Automaten	Haushalts- geräte	Info./ Komm. Technik
Verbrauchsorientiert (gemäss CH-Statistik)	30 %	43 %	9 %	1 %	9 %	8 %
Haushalt inkl. Primär Sektor (Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau) 32,5 %	Raumluftkonditionierung: Heizen, Lüften, Klimatisieren, Wärmepumpen	Motoren für Pumpen und Ventilatoren, Steuerantriebe, Personenlifte	Beleuchtung	Food-Automaten, Photoautomaten, Spielautomaten etc.	Kaffeemaschinen, Waschmaschinen, Tumbler, Kochherd, Backofen, Kühl- und Tiefkühlschrank, etc.	Unterhaltungselektronik, private EDV, Handy
Dienstleistungen 26 %	Warmwasseraufbereitung, Elektroheizungen	Motoren für Pumpen und Ventilatoren, Steuerantriebe, Personenlifte	Beleuchtung	Vernetzte Automaten, Food-Automaten,		Bürogeräte, Terminals, PC's , Handy, Kopierer, etc.
Industrie und verarbeitendes Gewerbe 33,5 %	Prozesswärme (Widerstand, Lichtbogen, HF, Infrarot, Induktion) Grossküchen, Kühlanlagen, etc.	Motoren für Industrieprozesse, Pumpen, hydraulische, pneumatische Antriebe, etc.	Beleuchtung	Foodautomaten, spezielle Non-Foodautomaten		Bürogeräte, EDV-Anlagen, Terminals, PC's , Handy, Kopierer, etc. Steuerungen, Automatisierung, Sicherheitsanlagen
Verkehr - Bahnen - Oeff. Beleuchtung - Übriger Verkehr 8 %	Tunnelbelüftung, Wagenklimatisierung	Traktion, Antriebe von Förderanlagen	Öffentliche Beleuchtung, Tunnelbeleuchtung	Billett-Automaten		Energieversorgung und -umformung, Signalisation