



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

# MASSNAHMEN ZUM STROMSPAREN BEI ELEKTRISCHEN ANTRIEBEN

## MARKTANALYSE IN DER INDUSTRIE

### Schlussbericht

Ausgearbeitet durch

**Walter Baumgartner, Basics AG**  
Technopark, 8005 Zürich, w.baumgartner@basics.ch  
**Orsolya Ebert Bolla, Basics AG**  
Technopark, 8005 Zürich, o.ebert@basics.ch  
**Pascal Puenzieux, Basics AG**  
Technopark, 8005 Zürich, p.puenzieux@basics.ch

## **Impressum**

Datum: Dezember 2006

**Im Auftrag des Bundesamtes für Energie**, Forschungsprogramm Elektrizität

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

BFE-Projektleiter: Felix Frey, [felix.frey@bfe.admin.ch](mailto:felix.frey@bfe.admin.ch)

Projektnummer: 101429

Bezugsort der Publikation: [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch) und [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	1
Zusammenfassung .....	3
Resumée.....	4
Abstract.....	5
1. Ausgangslage und Aufgabenstellung .....	7
2. Untersuchungsansatz.....	8
2.1 Experteninterviews.....	8
2.2 Industrieumfrage .....	9
2.3 Quantifizierungen .....	12
3. Elektromotoren in der schweizerischen Industrie.....	13
3.1 Bestand .....	14
3.2 Verbrauch.....	19
3.3 Akteure .....	20
4. Sparthemen und Sparpotenziale .....	22
5. Sparhindernisse.....	28
6. Ansatzpunkte für eine Kampagne .....	32
Referenzen .....	39
Anhang 1.....	41
Anhang 2.....	47



## Zusammenfassung

Im Rahmen von EnergieSchweiz ist für die zweite Etappe 2006 – 2010 vorgesehen, im Schwerpunkt "Elektrogeräte" mit einem gezielten Aktionsprogramm dazu beizutragen, dass die bestehenden Sparpotenziale bei Elektromotoren besser ausgeschöpft werden. Im Rahmen der vorliegenden Marktanalyse wurde für die Industrie ein Teil der hierfür nötigen Grundlagen erarbeitet. Die Erkenntnisse sind direkt in die parallel laufenden Arbeiten der Schnyder Ingenieure AG eingeflossen, welche mit der Konkretisierung der möglichen Aktionen beauftragt war.

Die Marktuntersuchung basiert empirisch auf einer kleinen Umfrage in der Industrie sowie verschiedenen Experteninterviews. Die nötigen Quantifizierungen wurden mit dem Nachfragemodell von Basics vorgenommen. Die wichtigsten Resultate lassen sich wie folgt zusammenfassen:

In der schweizerischen Industrie sind mehr als 2 Millionen Elektromotoren mit energetisch relevanten Laufzeiten und Leistungen installiert, welche zusammen etwas mehr als 12'000 GWh Strom verbrauchen. Tatsächlich besteht für die Industrie ein wirtschaftliches Sparpotenzial in der Größenordnung von schätzungsweise 15 Prozent oder rund 2000 GWh. Dieses Sparpotenzial bezieht sich auf insgesamt neun unterschiedene Massnahmengruppen, die von der Optimierung der Stromversorgung, über die Wirkungsgradverbesserung des einzelnen Motors, über die Prozessoptimierung bis hin zur Rückgewinnung der Energie in speziellen Antrieben reichen.

Wirtschaftlichkeit des Sparpotenzials bedeutet, dass dieses nicht von heute auf morgen, sondern über einen längeren Zeitraum ausgeschöpft wird. Denn im Allgemeinen sind die Energiekosten für ein Unternehmen zu klein, um für sich allein ein (vorzeitiger) Investitionsauslöser zu sein. Beispielsweise wird ein Motor mit einem schlechten Wirkungsgrad durch einen etwas teureren effizienteren Motor in der Regel nur dann ersetzt, wenn ohnehin ein Ersatz ansteht. Oder eine energetische Optimierung eines Prozesses wird in der Regel nur anlässlich einer aus andern Gründen notwendigen Prozessanpassung durchgeführt.

Weitere wichtige Sparhindernisse ergeben sich aus Opportunitätsüberlegungen bei grundsätzlich immer beschränkten Investitionsbudgets, zu hohen Transaktionskosten, restriktiven internen Pay-Back-Vorgaben (im Mittel liegen diese bei rund 4 Jahren) oder aus der Angst, mit energetisch motivierten Eingriffen laufende Prozesse zu stören. Dazu kommen Hindernisse die sich aus Informationsmangel und geteilten Verantwortlichkeiten ergeben.

Aus Sicht der befragten Unternehmen müsste ein Aktionsprogramm primär bei der technischen Leistung und den für Betrieb und Unterhalt sowie die technische Planung zuständigen Funktionen ansetzen. Besonders vielversprechende Ansätze für die Kampagne sind in der Bereitstellung von Analyseinstrumenten zur einfachen Feststellung von Sparpotenzialen und in der Schaffung von geeigneten Weiterbildungsangeboten zu sehen. Eine kostengünstige (eventuell gar unentgeltliche) Initialberatung und die Gewährung von Effizienztarifen durch die Elektrizitätsversorger (als Belohnung für nachgewiesene Sparanstrengungen) werden als sehr wirkungsvoll betrachtet.

Diese Einschätzung wird auch von den befragten Experten geteilt, wobei diese zusätzlich grosses Gewicht auf die Einbettung in bestehende Programme und Aktivitäten legen, die in einer oder andern Form den industriellen Energieverbrauch im Visier haben. Die neue Kampagne sollte diese bestehenden "Vertriebskanäle" nutzen. Alles andere wäre mit beträchtlichen Effizienzeinbussen verbunden.

## Resumée

La deuxième étape (de 2006 à 2010) de SuisseEnergie prévoit le lancement, dans le domaine des appareils électriques, d'un programme d'action ciblé visant à mieux exploiter le potentiel d'économies des moteurs électriques. La présente analyse de marché constitue en partie les bases dont on aura besoin à cet effet. Ses conclusions ont ainsi été directement reprises dans les travaux menés en parallèle par Schnyder Ingenieure AG, dont le mandat consistait à concrétiser les diverses actions entrant en ligne de compte.

Cette étude de marché se base empiriquement sur une petite enquête menée dans l'industrie et sur diverses interviews d'experts. Les quantifications ont ensuite été effectuées à l'aide du modèle de demande de Basics. Les résultats essentiels peuvent être résumés de la façon suivante:

Plus de deux millions de moteurs électriques sont installés dans l'industrie suisse. Leur consommation totale de courant, compte tenu de leur temps de marche et de leur puissance, dépasse 12 000 GWh. Le potentiel de rationalisation énergétique dans l'industrie est estimé à 15 % ou 2000 GWh. Ce potentiel d'économies se fonde au total sur neuf groupes de mesures, allant de l'optimisation de l'approvisionnement électrique à la récupération de l'énergie dans des moteurs spéciaux, en passant par l'amélioration du rendement de chaque moteur et par l'optimisation des processus.

Des considérations économiques font toutefois que ce potentiel d'économies ne sera pas exploité du jour au lendemain, mais à plus long terme. En effet, les coûts énergétiques d'une entreprise sont généralement trop faibles pour justifier d'anticiper des investissements spécifiques. A titre d'exemple, un moteur ayant un mauvais rendement n'est généralement remplacé par un moteur plus efficient mais plus coûteux qu'au moment où son remplacement devient nécessaire. De même, l'optimisation énergétique d'un processus n'intervient habituellement que lorsque d'autres raisons exigent d'adapter ce processus.

D'autres obstacles significatifs aux économies d'énergie découlent de considérations d'opportunité. Ce sont en particulier les budgets toujours limités, des coûts de transaction trop élevés, des directives internes restrictives sur la période de recouvrement des investissements (de l'ordre de 4 ans ici), ou la crainte de perturber les processus par des interventions axées sur une optimisation énergétique. A cela s'ajoutent le manque d'information et la dilution des responsabilités.

Aux yeux des entreprises interrogées, un programme d'action devrait être avant tout ciblé sur la direction technique et les fonctions liées à l'exploitation, à l'entretien ainsi qu'à la planification technique. Une approche particulièrement prometteuse pour la campagne consisterait à élaborer des instruments d'analyse permettant d'identifier aisément les potentiels d'économies, ainsi qu'à proposer des cours de perfectionnement. Une offre avantageuse (voire même gratuite) de conseil initial et la mise en place par les fournisseurs électriques de tarifs basés sur l'efficience (pour récompenser les efforts d'économies avérés) sont également considérés comme très efficaces.

Les experts interrogés sont du même avis. Ils recommandent toutefois d'intégrer les nouvelles mesures dans les programmes et activités qui, aujourd'hui déjà, ont trait à la consommation d'énergie dans l'industrie. La nouvelle campagne devrait donc mettre à profit les «canaux de distribution» existants, au risque de perdre en efficience.

## **Abstract**

The second phase (2006 – 2010) of EnergieSchweiz focus on “electrically powered machinery” aims to contribute to an improvement in the current potential for saving electricity in electric motors through a specific action plan. Some of the necessary basics for industry have been acquired within the framework of this market analysis. The results have flowed directly into the ongoing work of Schnyder Ingenieure AG who have been commissioned to convert the options into concrete measures.

The market analysis is empirically based on a small-scale survey of industries as well as on various interviews with experts. The necessary quantifications were made according to Basics' surveying model. The main results can be summarized as follows:

Over 2 million electric motors with energy-relevant running times and output are installed in Swiss industry, consuming a little over a total of 12'000 GWh of electricity. There is indeed an economic potential for saving energy in industry within the range of an estimated 15% or about 2000 GWh. This potential consists of a total of nine different groups of measures which range from optimizing the supply of electricity to improving the efficiency of each motor to process optimizing to reclaiming energy in special motors.

The prerequisite profitableness of this energy saving potential means that it cannot be exploited by tomorrow but only over a longer period of time because the energy costs of a company are generally too low to initiate (prior) investments on their own. For example, a motor with a poor level of efficiency will usually only be replaced by a more expensive and more efficient motor when a replacement is due. Similarly, the optimizing of a process' energy will only be carried out in the course of necessary adjustments of the process for other reasons..

Further important obstacles to saving energy result from opportunistic considerations under basically constantly restricted investment budgets, too high transaction costs, restrictively set internal pay back periods (on the average about 4 years) or from fear of disturbing running processes through interventions motivated by energy issues. Additional obstacles stem from lack of information and split responsibilities.

From the point of view of the surveyed companies an action plan primarily should begin with the technical management and those functions responsible for running and maintenance. Especially promising approaches for the campaign are: making analytical instruments available for easily assessing potentials for saving energy and creating appropriate further educational opportunities. Cheap (possibly even free) initial counseling and rewarding efficiency in proven economizing efforts by reducing electricity bills through the suppliers can be viewed as very effective.

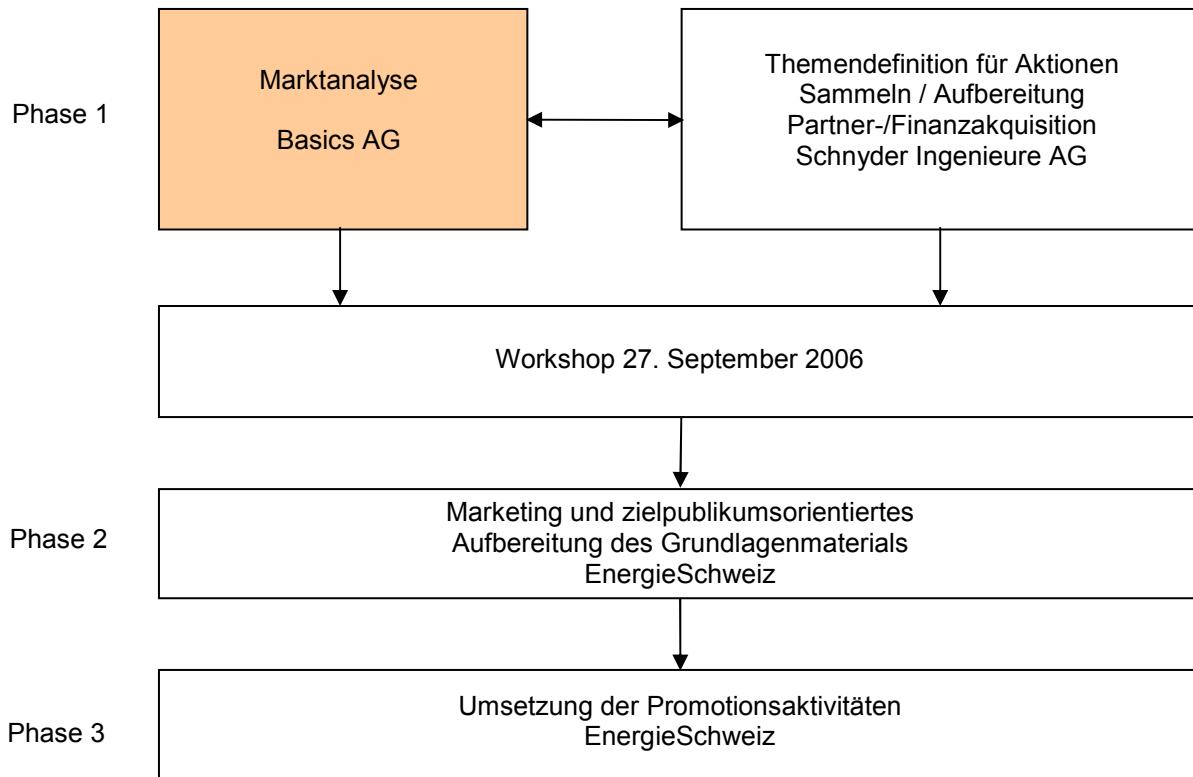
These estimations are also shared by the interviewed experts, whereby they additionally emphasize the importance of measures being embedded in existing programs and activities which in one form or another target industrial energy consumption. The new campaign should utilize these existing channels. Any other means would be coupled with a considerable loss in efficiency.



## 1. Ausgangslage und Aufgabenstellung

In der Schweiz wird das technisch-ökonomische Sparpotenzial bei Elektromotoren allein im Industriesektor auf über 20 Prozent, d.h. auf über 2500 GWh geschätzt. Selbst der klar wirtschaftliche Teil dieses Potenzials wird aber kaum ausgeschöpft. Die Gründe hierfür sind mannigfaltig, sie reichen vom reinen Nichtwissen, über blosse Trägheit bis hin zum bewussten Vorziehen anderer lukrativerer oder stärker im Kerngeschäft angesiedelten Investitionen.

Im Rahmen von EnergieSchweiz ist deshalb für die zweite Etappe 2006 – 2010 vorgesehen, im Schwerpunkt "Elektrogeräte" ein gezieltes Aktionsprogramm durchzuführen, um die bestehenden Sparpotenziale bei Elektromotoren besser ausschöpfen zu können. Im Rahmen der vorliegenden Marktanalyse soll ein Teil der für dieses Aktionsprogramm nötigen Grundlagen bereitgestellt werden (vgl. Abbildung 1-1).



**Abbildung 1-1:** Ablauf zur Schaffung eines Aktionsprogrammes im Bereich Elektromotoren. Das vorliegende Dokument fasst die Resultate der von Basics durchgeführten Marktanalyse zusammen.

Mit der Marktanalyse sollen als Input für die weiterführenden Arbeiten der Schnyder Ingenieure AG im Wesentlichen die folgenden Fragen beantwortet werden:

- (1) Wie viele Motoren sind überhaupt in der schweizerischen Industrie installiert? Wie ist der Bestand nach Leistungsklassen, Drehzahlregulierung und anderen Merkmalen zu differenzieren?
- (2) Welches ist der Elektrizitätsverbrauch dieser Motoren? Wie verteilt sich dieser auf die energetisch massgeblichen Branchen? Welches ist der Anteil der KMU's?
- (3) Welche wirtschaftlichen Sparpotenziale bestehen, differenziert nach Branchen und Typen von Sparmassnahmen?
- (4) Welche Hindernisse verhindern die Realisierung dieser Sparpotenziale?

- (5) Welches könnten die Leitplanken zur Überwindung dieser Hindernisse im Rahmen einer Kampagne zur Förderung des effizienten Elektrizitätseinsatzes bei Elektromotoren in der Industrie darstellen? Welches sind die relevanten Akteure und wie könnten diese am besten erreicht werden?

Nicht Gegenstand der Untersuchung war u.a. eine Wirkungsanalyse verschiedener möglicher Aktionen und die Bestimmung derer Fördereffizienz (was aber Thema der Arbeiten der Schnyder Ingenieure AG ist). Entsprechend werden hier auch keine Vorschläge für ein in sich stimmiges Aktionsprogramm formuliert. Es werden lediglich einige zu beachtende "Leitplanken" thematisiert.

Der Bericht ist wie folgt aufgebaut: Kapitel 2 stellt den Untersuchungsansatz dar, d.h. es wird gezeigt, wie die notwendigen Informationen beschafft und ausgewertet wurden. Kapitel 3 liefert dann einen Überblick über den Bestand an Elektromotoren in der schweizerischen Industrie, samt einem Exkurs über die verschiedenen Akteure. Kapitel 4 fasst die Resultate zu den Sparthemen und Sparpotenzialen zusammen. Kapitel 5 thematisiert die wichtigsten Sparhindernisse. Kapitel 6 liefert schliesslich einige Leitplanken für die zu schaffende Kampagne des Bundes.

Die Darstellung ist im Übrigen resultatorientiert, d.h. es wird darauf verzichtet, eine ausführliche Einführung ins Thema zu geben oder die Details der Berechnungen darzustellen.

## 2. Untersuchungsansatz

Die vorliegende Untersuchung entspricht nur in Teilbereichen einer klassischen Marktanalyse im Hinblick auf die Lancierung eines (neuen) Produktes<sup>1</sup>. Ihr Schwerpunkt liegt auf der Bestimmung der "Marktgrösse" und der "Marktsegmentierung", d.h. auf der Bereitstellung entsprechender Entscheidungsunterlagen. Wichtig bei der Arbeit war – wie schon angetönt – die enge Verzahnung mit der z.T. parallel laufenden Untersuchung der Schnyder Ingenieure AG, in der es darum ging, auf den Resultaten der Marktuntersuchung aufbauend technische Themen zu definieren sowie diese zu möglichen konkreten Aktionen zusammenzufassen.

Vor allem zur in Kapitel 1 genannten Untersuchungsfrage (4) zu den Sparhemmnissen gibt es bereits eine recht umfangreiche schweizerische und internationale Literatur. Im Rahmen dieses Projektes wurde diese, soweit nötig aufgearbeitet. Diese Arbeit lieferte einerseits punktuelle Zusatzinformation, andererseits diente sie zur Plausibilisierung unserer eigenen Erkenntnisse. Die wichtigsten von uns zu Rate gezogenen Dokumente sind in der Referenzliste zusammengefasst.

Die methodischen Eckpfeiler der vorliegenden Untersuchung stellten aber ausführliche Experteninterviews, eine Industriumfrage und eine modellbasierte Quantifizierung dar. Darauf wird im Folgenden etwas näher eingegangen.

### 2.1 EXPERTENINTERVIEWS

Einen wichtigen Input zu den Untersuchungsfragen ergab sich aus den Experteninterviews. Gesamthaft sind 22 ausführliche und einige kürzere Interviews u.a. mit Vertretern der folgenden Institutionen/Vereinigungen durchgeführt worden (vgl. Anhang 2):

- Bundesamt für Energie (BFE) und EnergieSchweiz sowie beauftragte Experten
- Energieagentur der Wirtschaft (EnAW)
- Motor Challenge Program
- Swiss Technology Network (swissT.net, ehemals SAP)
- div. Beratungsbüros (in und ausserhalb der "Energieszene")

---

<sup>1</sup> Vgl. etwa Kubr 1998

- div. Elektrizitätsversorger
- div. Motorenhersteller
- div. Industrievertreter.

Im Rahmen der Interviews, die entlang eines einfachen "Leitfadens" durchgeführt wurden, kamen in der Regel die folgenden Themen zur Sprache (abgesprochen mit der Schnyder Ingenieure AG):

- Grösse der Sparpotenziale
- Distributionskanäle
- Marktsegmentierung
- Wirtschaftlichkeitsfragen
- Fördermodelle (inkl. DMS / LCP)<sup>2</sup>
- Wirkungsketten (inkl. etwaige Mitnahmeeffekte)
- Daten- und Informationsquellen

Die Auswertung der Interviews erfolgte themenzentriert auf qualitativer Basis. Eine Zuordnung bestimmter Aussagen zu bestimmten Interviewpartnern wird aus Vertraulichkeitsgründen nicht gemacht.

## 2.2 INDUSTRIEUMFRAGE

Im Kern unserer Untersuchung steht eine Umfrage in der Industrie selbst. Ursprünglich war vorgesehen gewesen, 100 Betriebe bzw. Unternehmen zu befragen, tatsächlich haben wir schliesslich von 125 Betrieben Auskunft erhalten. 122 gingen in die effektive Auswertung rein. Die Auswahl der Betriebe orientierte sich an der energetischen Bedeutung der jeweiligen Branche, und genügte bestimmten Repräsentativitätskriterien<sup>3</sup>. Dabei haben wir uns wesentlich auf die Systematik des Energienachfragermodells von Basics gestützt (Basics 2006; vgl. auch Abschnitt 2.4), in welchem 16 Branchen unterschieden werden (vgl. Tabelle 2-1). Die Basics-Branche 16 ("Übrige") wurde für das vorliegende Projekt zusätzlich aufgeteilt nach "Holz", "Druck", "Gummi und Kunststoffe" sowie "Rest". Die Branchengliederung passt zur Allgemeinen Systematik der Wirtschaftszweige (NOGA) des Bundesamtes für Statistik.

Auch wenn die Stichprobe nur 122 Unternehmen bzw. Unternehmensteile umfasst, betrifft sie gesamthaft doch 2.7 Prozent der Beschäftigten und 4.8 Prozent des Elektrizitätsverbrauchs für Elektromotoren in der Industrie (vgl. Tabelle 2-2). Der Verbrauch für Elektromotoren musste allerdings für einige Unternehmen von Basics geschätzt werden, so dass die entsprechenden Zahlen deutlich weniger genau sind als die Zahl der Beschäftigten (die direkt auf den Angaben der Befragten beruht). Die Stichprobe ist durch die erwähnte Schichtung zwar nicht im statistischen Sinne repräsentativ für die Industrie als Ganzes; sie stellt aber gleichwohl einen breit gestreuten Querschnitt durch die Industrie dar. Deshalb wurde bei einigen Auswertungen der Einfachheit halber ausdrücklich auf eine Branchengewichtung verzichtet.

---

<sup>2</sup> DMS ist eine Abkürzung für "Demand Side Management", LCP für "Least Cost Planning". Beide Ansätze zielen im Kern darauf ab, dass sich ein Elektrizitätsversorgungsunternehmen nicht auf den Energieverkauf beschränkt, sondern im Sinne einer Gesamtoptimierung die Nachfrageseite ebenfalls aktiv bewirtschaftet.

<sup>3</sup> Tatsächlich haben wir eine so genannte geschichtete Stichprobe aller Industrieunternehmen in der Schweiz gezogen. Die Schichtung bezog sich auf Branchenzugehörigkeit wie auch Unternehmensgröße. Schichtübergreifend wurden die ausgewählten Unternehmen in eine Zufallsreihenfolge gebracht und den Befragern zur Abarbeit in dieser Reihenfolge übergeben.

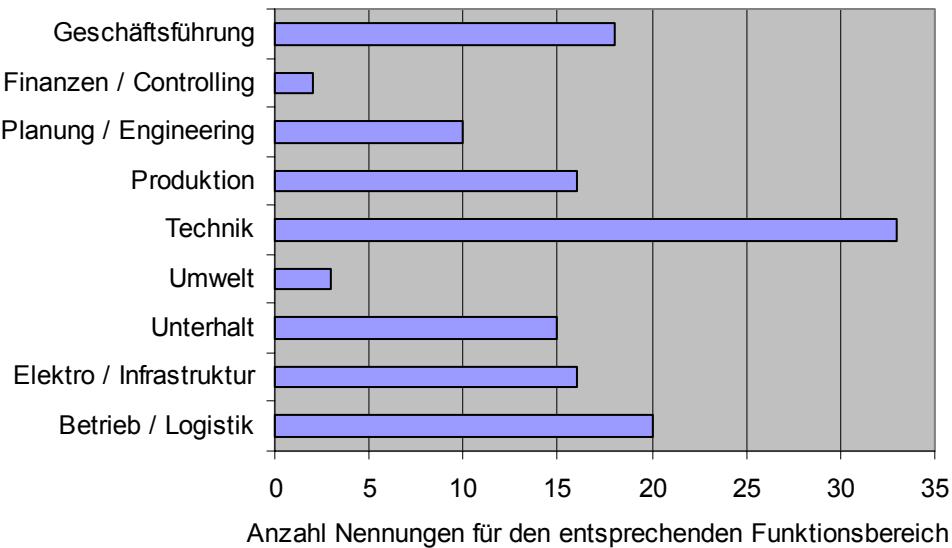
Nummer	Branche (Kurztitel)	Abteilung, Gruppe, Art (NOGA)
01	Nahrung, Getränke, Tabak	15, 16
02	Bekleidung	17, 18, 19
03	Papier und Karton	21
04	Chemie	24
05	Glas	26.1
06	Keramik und Ziegel	26.2, 26.3, 26.4
07	Zement	26.5
08	Übrige nichtmetallische Mineralien	26.6, 26.7, 26.8
09	Metalle, Giessereien	27.1, 27.2, 27.3, 27.5
10	Nichteisen-Metalle	27.4
11	Metallerzeugnisse	28
12	Maschinenbau, Fahrzeugbau	29, 34, 35
13	Geräte	30, 31, 32, 33
14	Energie, Wasser	23, 40, 41
15	Baugewerbe	45
16.1	Holz	20
16.2	Druck	22
16.3	Gummi und Kunststoffe	25
16.4	Rest	10, 11, 12, 13, 14, 36, 37

**Tabelle 2-1:** Branchenaufteilung für die Industriebefragung und die darauf basierenden Auswertungen (Details in Basics 2006).

Nummer	Stichprobe (-)	Beschäftigte		Elektrizitätsverbrauch für Elektromotoren	
		Anteil am Industrietotal (%)	Stichprobe (GWh)	Anteil am Industrietotal (%)	
01	3'482	6.2	71	6.1	
02	433	2.0	9	1.2	
03	1'500	10.5	136	7.6	
04	9'095	14.8	242	10.0	
05	0	0.0	0	0.0	
06	110	3.0	3	2.5	
07	0	0.0	0	0.0	
08	1'212	12.1	9	15.2	
09	175	1.7	4	0.6	
10	300	5.7	8	4.4	
11	1'383	1.7	24	7.2	
12	1'973	1.6	7	0.8	
13	1'647	1.2	14	2.9	
14	160	0.7	0	0.1	
15	1'819	0.7	2	0.2	
16	2'905	2.0	79	4.5	
Total	26'194	2.7	608	4.8	

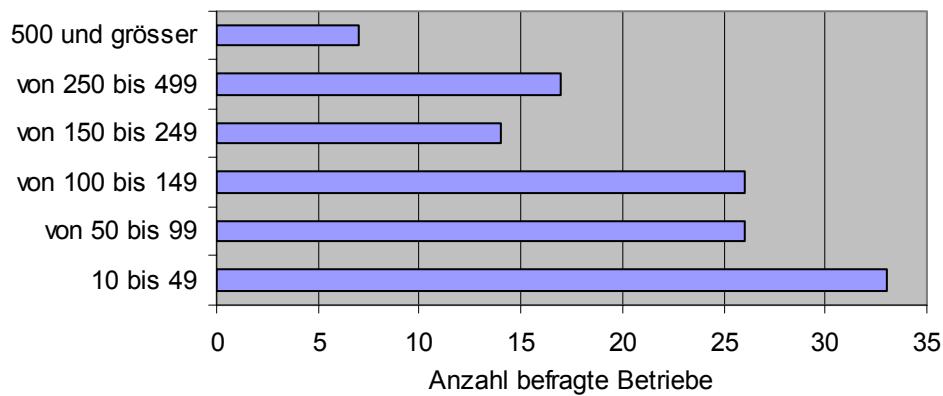
**Tabelle 2-2:** Anteil der Beschäftigten und Anteil des Elektrizitätsverbrauchs für Elektromotoren der befragten Unternehmen an den Branchentotalen sowie am Gesamttotal. Die Branchen 5 ("Glas") und 7 ("Zement") als thermisch dominierte Branchen waren in der Stichprobe a priori ausgeschlossen worden.

Abbildung 2-3 zeigt die Verteilung der Interviewpartner auf die verschiedenen Unternehmensfunktionen (mit Mehrfachzuordnungen). Zumeist wurden die Leiter oder die stellvertretender Leiter des jeweiligen Bereiches befragt.



**Abbildung 2-3:** Verteilung der Funktionsbereiche bei den befragten Industrievertretern (Mehrfachzuordnungen möglich ( $N = 119$ )).

Die von uns befragten Betriebe oder Betriebsteile zeigen des weiteren einen typischen Querschnitt in Bezug auf die Anzahl der Beschäftigten (vgl. Abbildung 2-4). Die kleinste Einheit umfasste 10 Beschäftigte, die grösste gar rund 7000. Klammt man diese grösste Unternehmung aus, dann kommen auf jeden befragten Betrieb bzw. jede befragte Betriebseinheit knapp 160 Beschäftigte.



**Abbildung 2-4:** Verteilung der Betriebsgrößen in der Industriebefragung ( $N = 122$ ). Das grösste Unternehmen umfasst rund 7000, das kleinste Unternehmen 10 Beschäftigte, was gleichzeitig die untere Erhebungsschranke darstellte.

Die Befragung kreiste u.a. um die folgenden Themen (der vollständige Fragebogen ist im Anhang 1 wiedergegeben):

- Ausstattung der Unternehmung mit Elektromotoren
- Art der Einbindung dieser Elektromotoren in Geräte, Maschinen
- Lieferantenbeziehungen, Distributionskanäle
- Investitionspraxis im Unternehmen
- Stellenwert der Energiekosten im Unternehmen
- "Marktfähigkeit" verschiedener Aktionen.

Gesamthaft wurde mit 346 Unternehmen Kontakt aufgenommen; daraus resultierten schliesslich 122 auswertbare Fragebogen. Die Details zeigt Tabelle 2-5. Angesichts einer weit verbreiteten grossen Befragungsmüdigkeit muss diese Erfolgsquote als überraschend hoch eingestuft werden. Sie wurde wohl aus zwei ganz unterschiedlichen Gründen möglich: Zum einen haben die Befrager sehr intensiv auf der Durchführung der Interviews bestanden, alle möglichen Hilfeleistungen angeboten (Inhaltliche Unterstützung, Antwort am Telefon, per Fax oder per Mail) und bei säumigen Interviewpartnern immer wieder nachgestossen, bis der ausgefüllte Fragebogen dann doch noch bei Basics eintraf. Zum andern ist in der Industrie eine gewisse Sensibilisierung für das EnergietHEMA tatsächlich vorhanden, die Bereitschaft, bei klaren Spielregeln etwas zum sparsamen Umgang mit Energie beizutragen, ist unverkennbar.

Item	Anzahl
Kontaktierte Unternehmen	346
Ablehnung wegen / weil ...	
Keine Zeit, kein Interesse	104
Nur Auskunft an staatliche Stellen	15
Ferienabwesenheit zuständiger Person	17
Kein Produktionsbetrieb (mehr)	52
Auskunft nur gegen Geld	5
Überforderung der Befragten	13
Andere Gründe	18
Fragebogen nicht zurückgeschickt	4
Fragebogen nicht auswertbar	3
Fragebogen auswertbar	122

**Tabelle 2-5:** Industriebefragung: Vom Kontakt bis zum auswertbaren Fragebogen

### 2.3 QUANTIFIZIERUNGEN

Wie schon angedeutet, wurde für die Quantifizierung der Sparpotenziale und die Modellierung ihrer zeitlichen Ausschöpfung das Industrie-Nachfrage-Modell von Basics verwendet (Basics 2006). Es kann hier selbstverständlich keine erschöpfende Beschreibung dieses Modells gegeben werden; wir beschränken uns deshalb auf einige wenige Anmerkungen.

Die Grundidee des Modells besteht darin, die Vielfalt des industriellen Energieverbrauchs im Sinne eines so genannten Bottom-up-Ansatzes auf einzelne Prozesse aufzuteilen. Gesamthaft werden im Modell 143 industrielle Prozesse unterschieden, z.B. das Kochen, Blanchieren usw. in der Nahrungsmittelindustrie, das Klinkerbrennen in der Zementindustrie, das Pressen von Profilen, Rohren, Stangen usw. in der Metallindustrie. Zu diesen "typischen" Industrieprozessen kommen weitere 64 Prozesse, die die energetischen Aufwendungen für Raumheizung, Warmwasser, Büro usw. beschreiben. Im Modell werden 13 verschiedene Energieträger unterschieden.

Jeder dieser Prozesse wird mengenmässig über einen "Hochrechnungsfaktor" und energetisch über einen spezifischen Verbrauch beschrieben. Hochrechnungsfaktoren sind z.B.: Bier (hl), Rohaluminium (t), Papier (t), Zement (t), verschiedene Produktionsindices, aber auch Energiebezugsflächen ( $m^2$ ). Durch die Multiplikation von Hochrechnungsfaktor und spezifischem Verbrauchsfaktor ergibt sich der Energieverbrauch für diesen Prozess. Durch Aufaddieren aller dieser Energieverbräuche erhält man schliesslich den gesamtschweizerischen industriellen Energieverbrauch:

$$E(t) = \sum_{\substack{i=1 \text{ bis } 203 \\ j=1 \text{ bis } 12}} HF_i(t) \cdot SV_{i,j}(t)$$

Dabei bedeuten:

- $E(t)$ : Energieverbrauch im Kalenderjahr  $t$
- $HF$ : Hochrechnungsfaktor
- $SV$ : Spezifischer Verbrauchsfaktor
- $t$ : Kalenderjahr
- $i$ : Prozess
- $j$ : Energieträger

Dabei gilt, dass jedem Prozess genau ein Hochrechnungsfaktor zugeordnet ist. Umgekehrt ist diese Eindeutigkeit aber nicht gegeben; so werden etwa in der Papierindustrie verschiedene (energieintensive) Prozesse unterschieden und damit separat modelliert, die sich aber alle auf den gleichen Hochrechnungsfaktor beziehen.

Modellmässig hängen die spezifischen Energieverbräuche über einen komplizierten Kohortenalgorithmus von den Hochrechnungsfaktoren ab: Je mehr produziert werden muss, desto stärker wird zuerst die Auslastung der bestehenden Anlagen zunehmen, und wenn dies nicht mehr reicht, wird der Anlagenpark mit zumeist energetisch besseren Einheiten erweitert. Umgekehrt werden bei Erreichen der "Altersgrenze" von Anlagen oder bei Rückgang der Produktion Anlagen ausgemustert. Damit ist es möglich, nicht nur unterschiedlichste Energiesparpotenziale zu bestimmen, sondern auch ihre Ausschöpfung im Zeitablauf und nach Branchen differenziert darzustellen, sei es statisch (wie im vorliegenden Fall, d.h. ohne Berücksichtigung der Entwicklung der Hochrechnungsfaktoren), sei es dynamisch (d.h. im Sinne einer Prognose, wie etwa bei den zur Zeit laufenden Perspektivarbeiten). Im vorliegenden Fall haben wir das Modell für den Elektrizitätsverbrauch und ihre Anwendungen verwendet.

Die empirische Basis für das Energienachfrage-Modell ist kompliziert. Für eine ganze Reihe von Grössen (wie etwa Gesamtenergieverbräuche, z.T. nach Branchen differenziert, spezifische Verbräuche für bestimmte Prozesse, Anlagenstrukturen u.a.) gibt es gute Daten, für viele andere Grössen aber nur Schätzungen – etwa über ausländische Untersuchungen, die auf die Schweiz übertragen werden können. Diese Schätzungen werden aber – und das ist einer der Vorteile des Modells – durch mathematisch fundierte Ausgleichsrechnungen bestmöglich mit den feststehenden Eckdaten im Sinne eines Gesamtsystems in sich stimmig gemacht.

### 3. Elektromotoren in der schweizerischen Industrie

In diesem Kapitel geht es darum, den Bestand von Elektromotoren in der Industrie nach verschiedenen Kriterien zu durchforsten und zu analysieren. Auch wenn ein Elektromotor an sich ein wohl definiertes technisches System darstellt (also eigentlich gut zu "zählen" wäre), gibt es im statistischen Sinne kaum Informationen dazu, in welchem Umfang welche Motoren bei welchen Prozessen in welchen Branchen usw. effektiv installiert und verwendet werden. Hier helfen deshalb nur Modellüberlegungen weiter, wie sie bei unserem Industriemodell Eingang gefunden haben – ergänzt und aktualisiert durch die quantitativen Resultate unserer Industriebefragung und die qualitativen Resultate der Expertenbefragung.

### 3.1 BESTAND

Wie viele Elektromotoren gibt es überhaupt in der Industrie? Wie sind ihre Leistungen verteilt? Wie lange laufen sie? Wurden sie in eine Anlage integriert erworben (als so genannte OEM-Motoren<sup>4</sup>) oder "separat"? Solche Fragen müssen im Rahmen einer Marktuntersuchung eine Antwort finden. Auch wenn es z.T. nur grobe Schätzungen sein können.

In einem gewissen Sinn weist die Frage nach der Anzahl der in der schweizerischen Industrie installierten Elektromotoren das gleiche Problem auf, wie die Frage nach der Anzahl der 4000er in der Schweiz oder der Länge eines bestimmten Flusses. Auf den ersten Blick erwartet man, dass es hierzu eine klare Antwort geben müsste, aber je genauer man ausmisst und mitzählt, desto unklarer wird das Resultat. Z.B. in Bezug auf die Anzahl 4000er: Wie "gross" muss ein Berg/Gipfel sein, damit er als eigenständiger 4000er gezählt werden darf? Analog bei Elektromotoren: Welche Laufzeit muss ein Motor aufweisen oder wie funktionstüchtig muss er sein, damit man ihn als "installiert" zählen darf/soll? Welches ist leistungs- und/oder verbrauchsmässig die Untergrenze, die zu berücksichtigen ist? In wie fern müssen Ersatzmotoren mitgezählt werden? Wie geht man mit all den Motoren um, die z.B. in einer Druckmaschine installiert sind? Falls diese einzeln gezählt werden müssten: Wer wüsste darüber Bescheid? Usw. Schon allein diese paar Fragen machen klar, dass jedes (wie auch immer gewonnene) Resultat zum Motorenbestand bestenfalls indikativen Charakter haben kann.

Zwar gibt es ein paar statistische Daten (etwa Verkaufszahlen von Motorenherstellern, welche uns aber nicht zugänglich waren) oder die Daten der Import/Exportstatistik. Aber daraus kann man leider keine vernünftige Schätzung über den Bestand machen. Zu viele Imponderabilien sind (zusätzlich zu den oben schon genannten) im Spiel. Wir haben deshalb versucht, im Rahmen unserer Industriebefragung entsprechende Informationen zu generieren und diese mit ausländischen Studien (Ecofys 1994, ISI 1999, de Almeida 2000a und 2000b) zu plausibilisieren. Das in der Tabelle 3-1 zusammengefasste Resultat ist aber nur z.T. befriedigend, indem nicht alle verfügbaren Informationen widerspruchsfrei berücksichtigt werden konnten. Das Resultat beansprucht also nur den Status, ein *best guess* zu sein, entstanden aus einem sehr beschränkten Mitteleinsatz. Um diesen Status zu unterstreichen, werden die Daten nur mit zwei signifikanten Stellen gezeigt.

Leistungskategorie	Anzahl (Mio)	Ø Leistung (kW)	Verbrauch (1000 GWh)
0.75 bis 7.5 kW	1.800	3	2.2
7.5 bis 37.5 kW	0.250	15	1.9
37.5 bis 75 kW	0.075	55	2.5
75 bis 375 kW	0.035	120	3.6
> 375 kW	0.004	550	2.2
Total	2.200	-	12.3

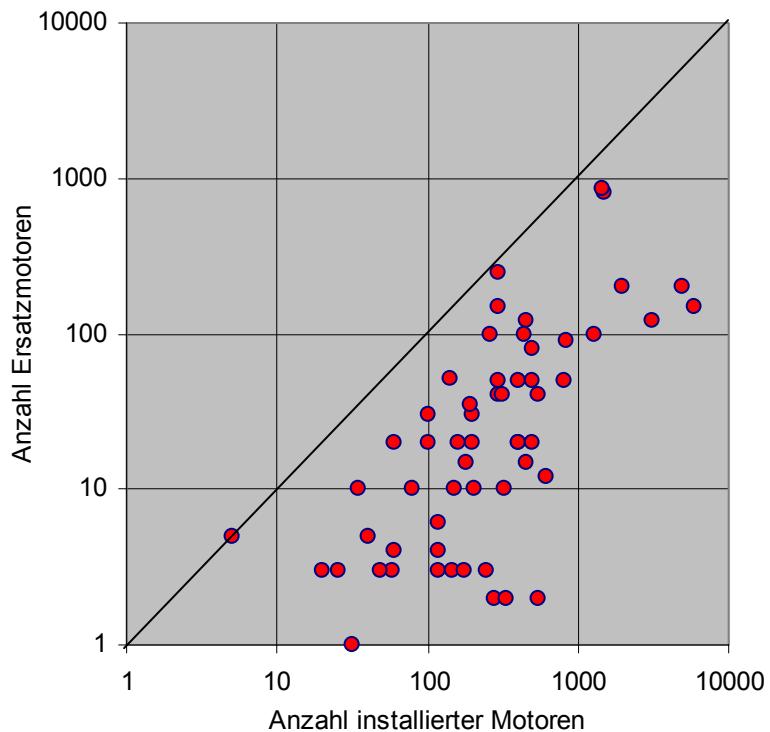
**Tabelle 3-1:** Motorenbestand in der schweizerischen Industrie im Jahr 2006 (installierte Motoren, ohne Motoren mit kurzen und sehr kurzen Laufzeiten). Die Zahlen sind gerundet wiedergegeben und verstehen sich als ganz grobe Schätzung).

Gesamthaft kann man ab einer mechanischen Leistung von 750 Watt also von rund 2 Millionen installierten Elektromotoren mit energetisch relevanter Laufzeit ausgehen. Dazu kommen noch sehr viele weitere, vor allem kleinere Motoren, die z.T. nur sehr wenige Betriebsstunden aufweisen und damit energetisch wenig ins Gewicht fallen (und für eine Sparkampagne auch nicht interessant sind). Eine ganz grobe Abschätzung liefert für diese Motoren einen Jahresverbrauch in der Größenordnung von zusätzlich rund 250 GWh. Schliesslich gibt es eine Unzahl von Motoren im Wattbereich, die aber nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sind.

<sup>4</sup> OEM ist eine Abkürzung für "Original Equipment Manufacturer". Gemeint sind im vorliegenden Zusammenhang jene Hersteller von Anlagen und Maschinen, die die nötigen Motoren selber einkaufen und einbauen und damit ein zusammengesetztes Produkt verkaufen.

## Ersatzmotoren

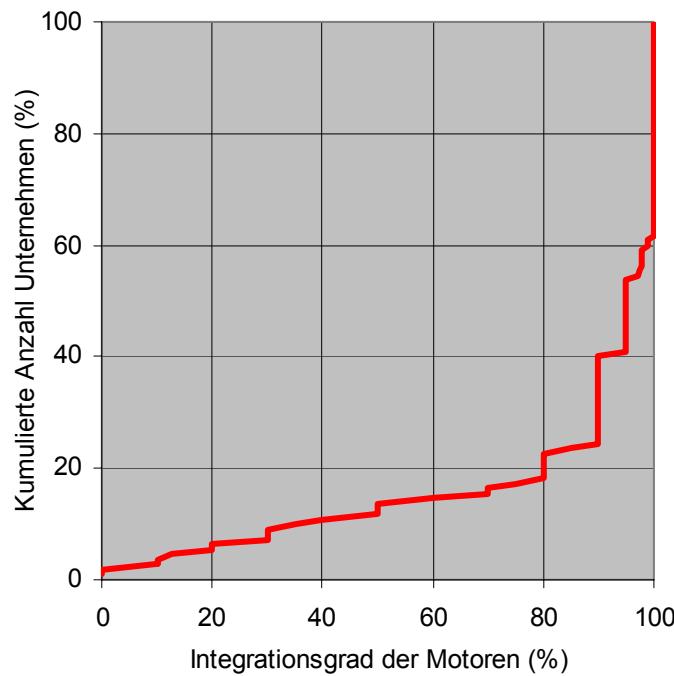
In vielen Unternehmen werden für Anlagen, die eine grosse Verfügbarkeit aufweisen sollen, Ersatzmotoren beورratet, um bei einem Motorenausfall binnen kürzester Zeit einen passenden Ersatzmotor installieren zu können. Gemäss unserer Industrieumfrage verfügen tatsächlich 57 von 117 Unternehmen über solche Ersatzmotoren (vgl. Abbildung 3-2). Natürlich betrifft diese Vorratshaltung nur einen Bruchteil der effektiv installierten Motoren; gesamthaft ergibt sich aber doch ein "Vorratsgrad" von rund 12 % bezogen auf jene Unternehmen mit Vorratshaltung, von rund 9 % in Bezug auf alle Unternehmen. Dies ist vor allem auch deshalb von Bedeutung, indem diese Motoren tendenziell grössere Leistungen und gleichzeitig auch grössere Laufzeiten aufweisen und damit energetisch überproportional ins Gewicht fallen. Dies bedeutet auch, dass für solche Motoren eine ganze Reihe von Sparmassnahmen erst beim nächsten (oder allenfalls gar übernächsten) Kauf eines Ersatzmotors wirksam werden können.



**Tabelle 3-2:** Anzahl Ersatzmotoren gegen Anzahl installierter Motoren bei jenen Unternehmen, die über Ersatzmotoren verfügen. Die diagonale Linie markiert jene Situation, bei der die Anzahl Ersatzmotoren der Anzahl installierter Motoren exakt entspricht, darunter sind es weniger.

## Integrationsgrad

Ein ganz wichtiger Punkt betrifft den Integrationsgrad von Elektromotoren. Elektromotoren sind in aller Regel nicht als separate, einzeln zu optimierende Systeme installiert, sondern integriert in einen Antrieb eine Arbeitsmaschine oder in eine ganze (Produktions-)Anlage. Häufig spricht man in diesem Fall von OEM-Motoren, von Motoren, die durch den so genannten *original equipment manufacturer* selber eingekauft und in die Antriebe seiner Anlagen eingesetzt werden. Je grösser der Anteil dieser Motoren im Bestand ist, desto schwieriger ist es, auf den einzelnen Motor bezogene Sparmassnahmen zu verwirklichen. Abbildung 3-3 zeigt im Sinne einer Summenhäufigkeitskurve den Integrationsgrad der Elektromotoren. Als Mittelwert ergibt sich (ungewichtet) 85 Prozent; d.h. rund fünf Sechstel aller (energetisch) relevanten Motoren sind OEM-Motoren. Der Median liegt bezogen auf die Unternehmen noch höher, bei 95 Prozent. Dies bedeutet, dass 50 Prozent der antwortenden Unternehmen einen Integrationsgrad aufweisen, der 95 Prozent oder mehr beträgt.

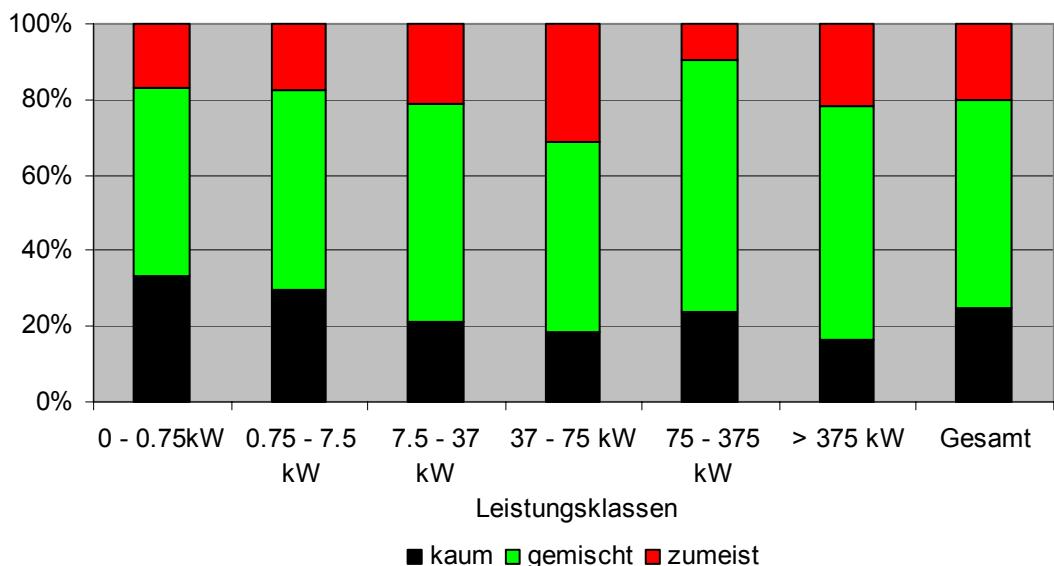


**Abbildung 3-3:** kumulierte Häufigkeiten der Integrationsgrade der Elektromotoren in der Industrie. Lesebeispiel:  
Einen Integrationsgrad von bis zu 40 Prozent weisen nur etwa 12 Prozent der Unternehmen auf, bzw. umgekehrt:  
einen Integrationsgrad von 40 und mehr Prozent weisen etwa 88 Prozent der Unternehmen auf.

Im Hinblick auf das Design einer Sparkampagne ist es nebst den Bestandszahlen wichtig zu wissen, wie dieser Bestand in Bezug auf energetisch relevante Parameter grob zu charakterisieren ist. Untersucht wurden die Verteilung der Teillastzustände, die Betriebsart in zeitlicher Hinsicht sowie die Ausstattung mit Drehzahlregulierung. Leider war es aus untersuchungsökonomischen Gründen nur möglich, die jeweiligen Randhäufigkeiten zu befragen.

### Teillastzustände

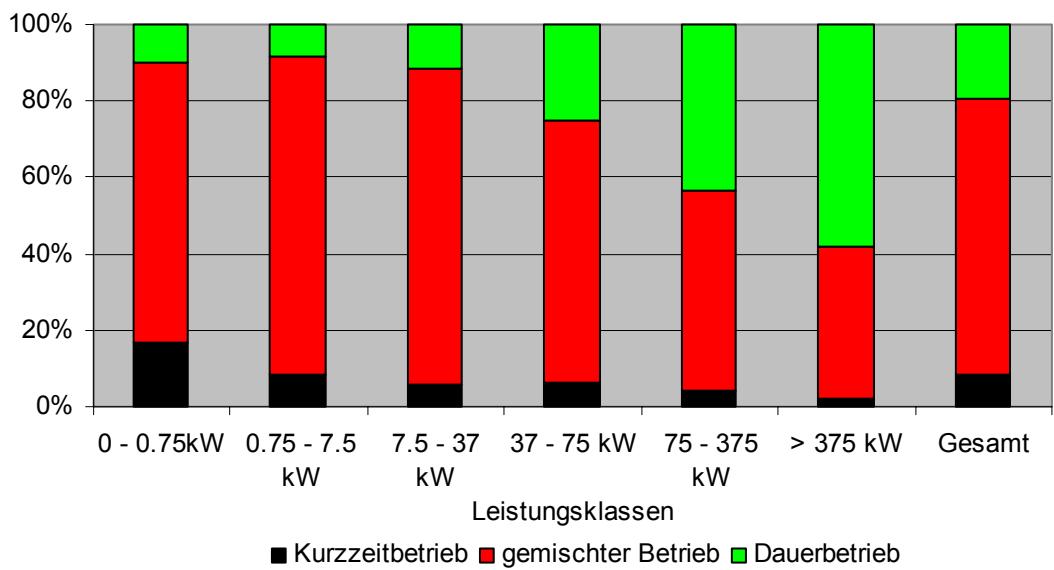
Teillastzustände können den an sich sehr hohen Wirkungsgrad von Elektromotoren erheblich reduzieren. Tatsächlich sind diese Zustände offenbar weit verbreitet. Nur rund 20 Prozent der Motoren laufen "kaum" im Teillastbereich, alle andern Motoren "zumeist" (ebenfalls rund 20 Prozent) oder in einem "gemischten" Regime. Die Abhängigkeit von der Leistung zeigt bezüglich der Teillast eher wenig Struktur (vgl. Abbildung 3-4).



**Abbildung 3-4:** Verteilung der Teillastzustände in Abhängigkeit von der Leistungsklasse (die Anteile beziehen sich gesamthaft auf rund 16000 Motoren, für die entsprechende Informationen aus der Industriebefragung zur Verfügung stehen).

### Betriebsarten

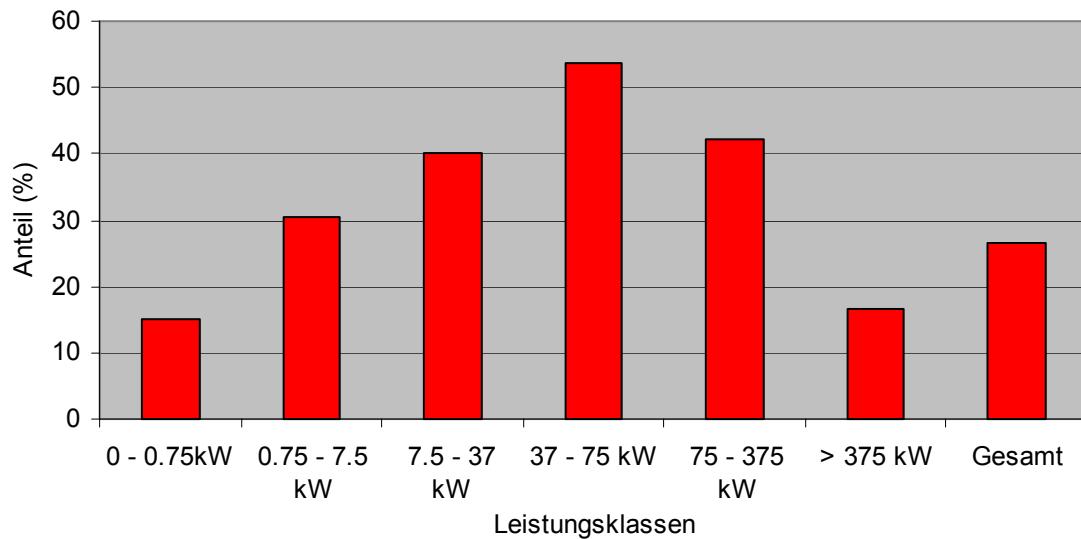
Die Betriebsarten bestimmen wesentlich das Ausmass des jeweiligen Elektrizitätsverbrauchs. Motoren, die nur kurzzeitig laufen, brauchen in der Regel deutlich weniger Energie als Dauerläufer. Abbildung 3-5 zeigt die Verteilung der Betriebsarten nach "Kurzzeitbetrieb", "Dauerbetrieb" und "gemischtem Betrieb". Abgesehen von der kleinsten Motorenkategorie (bis 750 W) zeigt sich ein klares Muster: Je grösser der Motor, desto stärker ist der "Dauerbetriebsanteil". Dies passt einigermassen zusammen mit der in der Tabelle 3-1 angegeben durchschnittlichen Laufzeiten (auch wenn ein direkter Vergleich eigentlich nicht statthaft ist).



**Abbildung 3-5:** Verteilung der Betriebszustände in Abhängigkeit von der Leistungsklasse (die Anteile beziehen sich gesamthaft auf rund 16000 Motoren, für die entsprechende Informationen aus der Industriebefragung zur Verfügung stehen).

## Drehzahlregulierung

Die Drehzahlregulierung stellt bei dominierenden Teillastverhältnissen eine wichtige Energiesparmaßnahme dar, denn sie erlaubt es die Wirkungsgradreduktion weitgehend zu verhindern (da die dafür nötige Frequenzumwandlung einen sehr hohen Wirkungsgrad aufweist). Von daher ist es eine wichtige Information zu wissen, welches denn schon heute der Anteil der drehzahlregulierten Motoren ist. Tatsächlich ergibt sich aus der Industriebefragung (vgl. Abbildung 3-6), dass bereits etwa ein Viertel aller energetisch relevanten Motoren drehzahlreguliert ist. Dies ist deutlich mehr, als man bislang basierend auf europäischen Angaben aus dem Jahre 1996 bei typischen Anwendungen für die Schweiz schätzte (einige Prozentpunkte, vgl. Rigassi 2005, S. 44). Aus der Befragung ergibt sich auch, dass vor allem die mittleren Leistungsbereiche mit einer Drehzahlregulierung ausgestattet sind. Auch wenn möglicherweise die Befragten im Durchschnitt den Anteil der drehzahlregulierten Motoren etwas überschätzen dürften (hierzu gibt es ein paar indirekte, aber quantitativ nicht belegbare Hinweise), muss man davon ausgehen, dass die Drehzahlregulierung in der Schweiz zwar noch nicht Standard, aber doch schon ziemlich stark verbreitet ist.



**Abbildung 3-6:** Anteil der drehzahlregulierten Motoren in Abhängigkeit der Leistungsklassen (die Anteile beziehen sich gesamthaft auf rund 16000 Motoren, für die entsprechende Informationen aus der Industriebefragung zur Verfügung stehen).

## Effizienzklassen von Normmotoren

Schliesslich wurde im Rahmen der Expertengespräche die Frage diskutiert, wie sich der Motorenbestand von Normmotoren in den Leistungskategorien 1.1 bis 90 kW nach Effizienzklassen (eff1, eff2 und eff3) aufteilen liesse. Tatsächlich haben ja das Bundesamt für Energie und der (damals noch so benannte) Schweizer Automatik-Pool (SAP) eine "Vereinbarung zur Effizienzsteigerung im Elektromotorenbereich" im Dezember 2004 unterzeichnet (vgl. Medienmitteilung des BFE vom 17. Dezember 2004 und die Grundlagenstudie von G. Schnyder (2004)). Die Vereinbarung setzt das Ziel, den Anteil der abgesetzten eff1-Motoren von 8 Prozent (im Jahr 2003) auf 19 Prozent (im Jahr 2009) zu steigern. Gesamteuropäisch hat der Anteil der eff1-Motoren an allen eff-klassierten Motoren für das Jahr 2004 7 Prozent erreicht, wobei 85 Prozent der abgesetzten Motoren zur eff2-Klasse gehören (Brunner 2006). Dem Vernehmen nach hat der Anteil der eff1-Motoren am Absatz in den Jahren 2004 und 2005 in der Schweiz gegen 10 Prozent erreicht.

### 3.2 VERBRAUCH

Aus der Elektrizitätsstatistik ist der elektrische Gesamtverbrauch bekannt. Weiter kann man basierend auf einer im Auftrag des Bundesamtes für Energie jährlich durchgeführten Erhebung eine ungefähre Aufteilung nach 12 Branchen bzw. Branchengruppen abschätzen (BFE 2006). Keine im eigentlichen Sinne statistische Information liegt für die Aufteilung des Verbrauchs nach Verwendungszwecken vor. Hierzu mussten wir deshalb ganz auf das Energieverbrauchsmodell von Basics abstellen, welches über einen Bottom-up-Ansatz den Elektrizitätsverbrauch bestimmten Prozessen und bestimmten Branchen zuordnet (Details z.B. in Basics 2006).

Die für das Jahr durchgeführten Analysen sind resultatmässig in der Tabelle 3-7 zusammengefasst. Danach entfallen rund zwei Drittel des Elektrizitätsverbrauchs auf motorische Anwendungen (allerdings ohne Kleinstmotoren und Stellantriebe); der Rest betrifft den Verbrauch für thermische und galvanische Prozesse, für die Beleuchtung und schliesslich die elektronische Datenverarbeitung (inkl. Kommunikation usw.). Wichtig dabei ist, dass in den Zahlen für den motorischen Verbrauch auch der Verbrauch von Umwälzpumpen für die Heizung, für Prozesswärme, Ventilation usw. enthalten ist.

Nr.	Branche (Kurztitel)	Elektrizitätsver- brauch 2004 (GWh; Quelle: Statistik BFE und Industriemodell Basics)	Elektrizitätsver- brauch für motorische Anwendungen (GWh; ohne Kleinstmotoren, Stellantriebe etc. Quelle: Industrie- modell Basics)	Davon KMU's (Arbeitsstätten kleiner 250 Beschäftigte)
01	Nahrung, Getränke, Tabak	1'379	1'166	762
02	Bekleidung	951	747	715
03	Papier und Karton	1'958	1'780	849
04	Chemie	3'371	2'428	1'040
05	Glas	387	299	221
06	Keramik und Ziegel	137	119	96
07	Zement	410	332	316
08	Übrige NE-Mineralien	118	62	46
09	Metalle, Giessereien	1'527	663	416
10	NE-Metalle	1'342	180	80
11	Metallerzeugnisse	715	337	330
12	Maschinenbau, Fahrzeugbau	1'336	858	558
13	Geräte	1'030	500	298
14	Energie, Wasser	522	456	335
15	Baugewerbe	1'273	897	796
16.1	Holz	746	672	1472*
16.2	Druck	244	200	-
16.3	Kunststoff, Gummi	672	446	-
16.4	Übrige	524	418	-
Total		18'642	12'560	8'331

\* Die angegebene Zahl bezieht sich auf die gesamte Branchengruppe 16.

**Tabelle 3-7:** Differenzierung des Elektrizitätsverbrauchs (in GWh) nach den im Verbrauchsmodell von Basics unterschiedenen 16 Branchen. Die Subbranchen "Holz", "Druck", "Kunststoff, Gummi" wurden eigens für die vorliegende Untersuchung aus der Kategorie 16 "Übrige" ausgesondert. Im Industriemodell von Basics wird die Branchengruppe 16 nur gesamthaft ausgewiesen.

Zusätzlich ist in der Tabelle auch der mutmassliche Anteil des Verbrauchs, der den KMU's zugeordnet werden müsste, ausgewiesen. Die Zuordnung bezieht sich allerdings auf Arbeitsstätten, nicht auf Unternehmen. Gesamthaft entfallen rund zwei Drittel des Verbrauchs für Elektromotoren auf Arbeitsstätten, die weniger als 250 Beschäftigte umfassen. Bei den quantitativen Angaben ist zu beachten, dass die einzelnen Zahlen sehr unterschiedlich genau sind. Bei einigen Branchen ist die Datenbasis tatsächlich relativ dünn (oder widersprüchlich). Gesamthaft gesehen zeichnet das wiedergegebene Mengengerüst aber ein durchaus plausibles Bild.

### 3.3 AKTEURE

Um eine Sparkampagne zielgruppengerecht vorbereiten zu können, müssen die relevanten Akteure und ihre quantitative Bedeutung (sowohl direkt wie auch im Sinne von Multiplikatoren) mindestens größenordnungsmässig bekannt sein. Gerade im Motorenmarkt ist dies aber besonders schwierig, weil das "Motoren-System Schweiz" hochgradig mit dem Ausland verknüpft ist (vgl. Abbildung 3-8). So kann ein Motor tatsächlich in der Schweiz produziert, dann aber exportiert, im Ausland in eine Anlage eingebaut und dann über die Anlage wieder reimportiert werden. Selbstverständlich sind beliebige andere Kombinationen möglich.

Folgende Akteurgruppen sind zu unterscheiden:

- (1) Motorenhersteller inkl. Grosshandel, sowohl für Standardmotoren wie Sonderanfertigungen (Beispiele: ABB, Elektromotorenwerk Brienz, Elektron, Flender, HS-Antriebssysteme, Landert, Leumann & Uhlmann, Rockwell Automation, Siemens)
- (2) Komponentenhersteller, d.h. Hersteller von Arbeitsmaschinen wie Pumpen, Ventillatoren, Kompressoren, die als OEM's Motoren in die Komponenten einbauen (Beispiele: Biral, Burckhardt Compression, Colasit, Emile Egger, GreenField, Häny, MAN Turbo, Meidinger, NSB, Rütschi Fluid, Stäfa-Wirz Ventilator, Sulzer, ...)
- (3) Anlagenbauer (Beispiele: ABB, Rieter, Siemens)
- (4) Beauftragte externe Ingenieur- und Planungsbüros (Beispiel: BMG Engineering)
- (5) Endabnehmer bzw. Endkonsumenten in der Industrie
- (6) Motorenwickler: Ab etwa 15 kW kann sich die Neuwicklung eines Motors gegenüber einem Neukauf lohnen. Schweizweit sind zur Zeit etwa 100 Motorenwickler aktiv (wobei die effektive Neuwicklung vermutlich zu einem grösseren Anteil im Ausland erfolgt).

Zu beachten ist ferner, dass die verschiedenen Akteurgruppen durchaus den gleichen Firmen angehören können. So tritt beispielsweise ABB als Motorenhersteller auf, gleichzeitig aber auch als Anlagenbauer, der ganze Anlagen schlüsselfertig dem Käufer übergibt.

Idealerweise sollte man für eine Marktuntersuchung sämtliche landesinternen wie die ins Inland weisende Pfeile in der Abbildung 3-8 mit quantitativen Werten belegen können und zwar sowohl im Sinne von Fluss- wie auch Bestandsgrössen. Leider war dies im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht zu leisten, sowohl aus Aufwandsgründen, wie auch aus Geheimhaltungsgründen.<sup>5</sup>

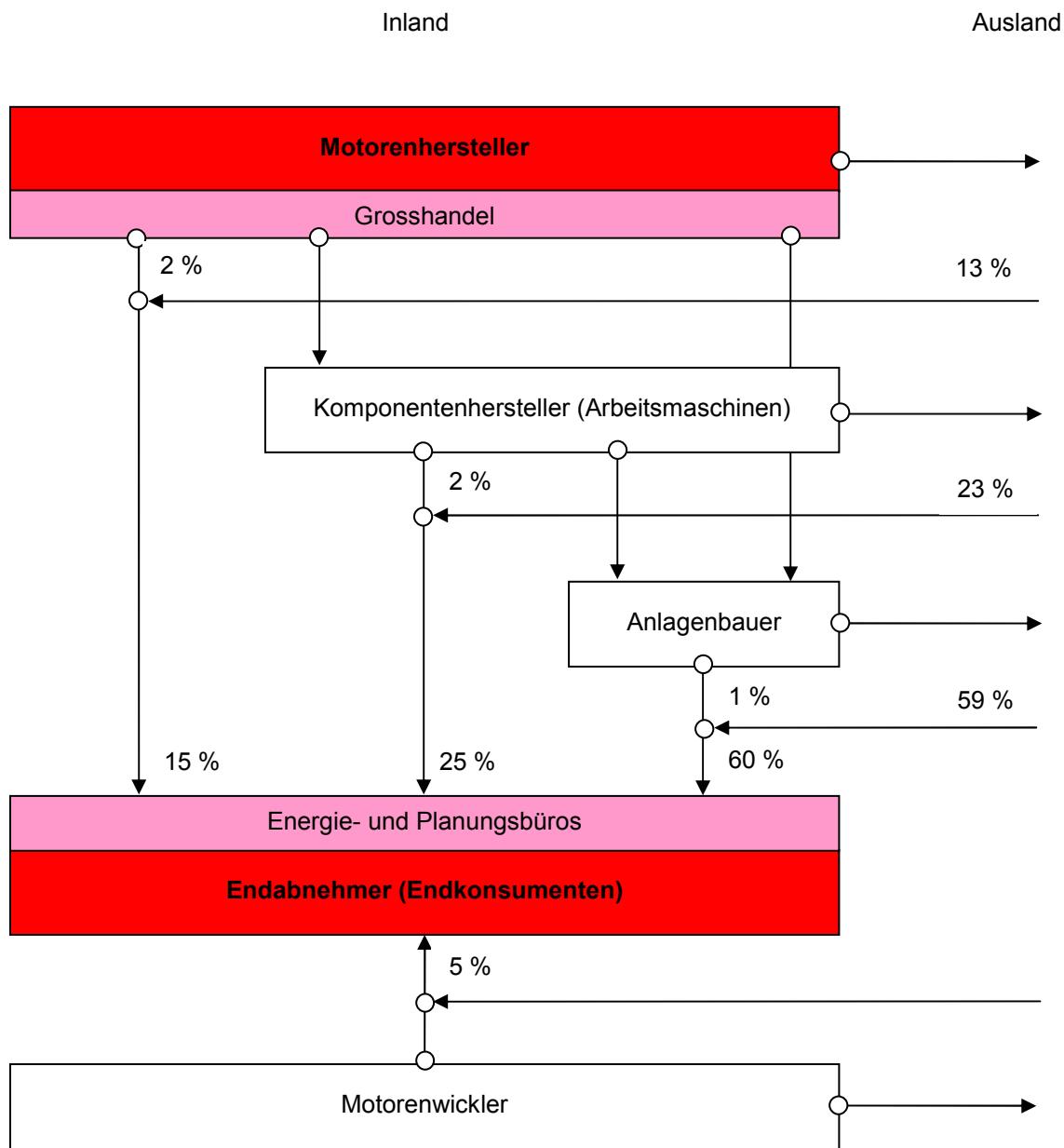
Nach übereinstimmenden Expertenschätzungen ist nur ein ganz geringer Prozentsatz der installierten Motoren schweizerischer Provenienz (vielleicht 5 Prozent<sup>6</sup>). Für eine auf Freiwilligkeit basierende Sparkampagne bedeutet dies, dass die relevanten Akteure tatsächlich nur die Endkonsumenten (samt den beauftragten Ingenieur- und Planungsbüros) sein können. Alle andern Akteure bieten hierfür einfach zu wenig "Angriffsfläche". Anders wäre es bei nichtfreiwilligen Massnahmen, etwa in Bezug auf Wirkungsgradvorschriften von Elektromotoren. Dann wären sämtliche Akteure im Fokus und müssten ihren Beitrag leisten. Etwa der Anlagenbauer müsste dafür besorgt sein, dass nur

---

<sup>5</sup> Für Teilbereiche scheint es relativ gute Daten zu geben, die aber für Externe nicht einsehbar sind.

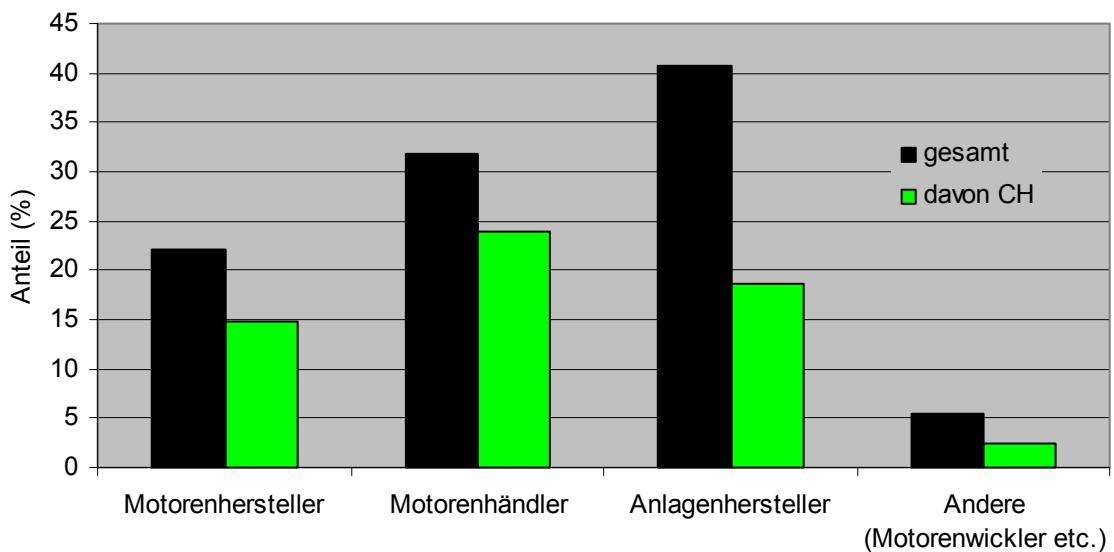
<sup>6</sup> Ein Experte meinte gar, dass bei den Standardmotoren der Anteil bloss 1 Prozent betrage.

zugelassene Motoren eingebaut würden usw. Da das Schwergewicht der Kampagne aber auf freiwilligen Massnahmen beruhen dürfte, ist die Fokussierung der vorliegenden Untersuchung auf die Endkonsumenten gerechtfertigt.



**Abbildung 3-8:** Markstruktur und Akteure des schweizerischen Motorenmarktes in der Industrie. Die Prozentangaben beziehen sich auf Motoranzahlen und sind lediglich indikative Größenordnungen, wie sie sich aus den Expertengesprächen ergeben haben (Darstellung in Anlehnung an eine analoge Darstellung in ISI 1999).

Im Sinne einer Gegenprobe zur Abbildung 3-8 wurde in der Industriebefragung nach dem Ansprechpartner gefragt, wenn ein Motor aus technischen und / oder betrieblichen Gründen ersetzt werden müsste. Abbildung 3-9 fasst die Antworten zusammen. Unterschieden wurde nach inländischen und ausländischen Kontakten. Gesamthaft sind diese etwa hälftig verteilt; allerdings muss beachtet werden, dass viele ausländische Lieferanten einen in der Schweiz domizilierten Ansprechpartner aufweisen, aber nur mit beschränkter Funktionalität. Die Anlagenhersteller dominieren zwar, aber klar weniger deutlich, als es gemäss Abbildung 3-8, d.h. gemäss den Experten, der Fall sein müsste. Hingegen passt die geringe Nennung der "Anderen" (vornehmlich der Motorenwickler) deutlich besser.



**Abbildung 3-4:** Verteilung der Ansprechpartner für die Unternehmen, wenn aus technischen oder betrieblichen Gründen ein Motor ersetzt werden müsste.

#### 4. Sparthemen und Sparpotenziale

Eine Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs bei Elektromotoren lässt sich *technisch* gesehen über drei Typen von Massnahmen erreichen:

- (1) Erhöhung des Wirkungsgrades
- (2) Einbau von Frequenzumrichtern zur Drehzahlregulierung von Elektromotoren mit variabler Last
- (3) Komponenten- und Anlagenoptimierung, d.h. Verbesserung der Abstimmung aller Komponenten eines Gesamtsystems unter Berücksichtigung der effektiven Betriebszustände

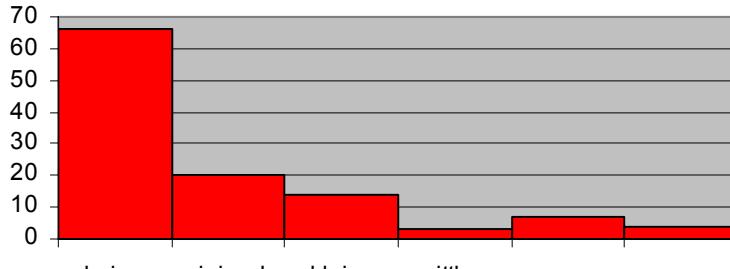
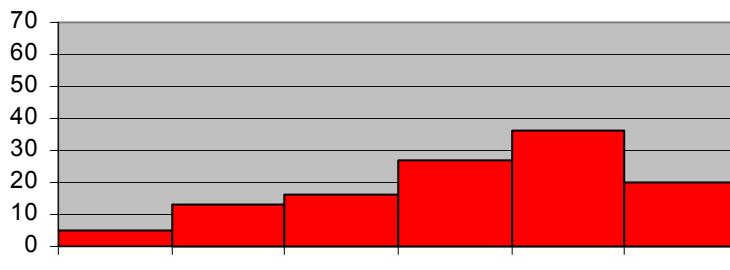
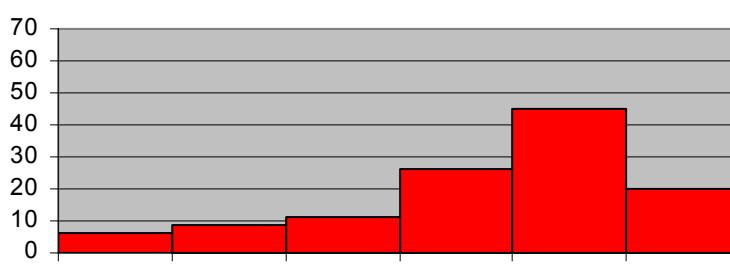
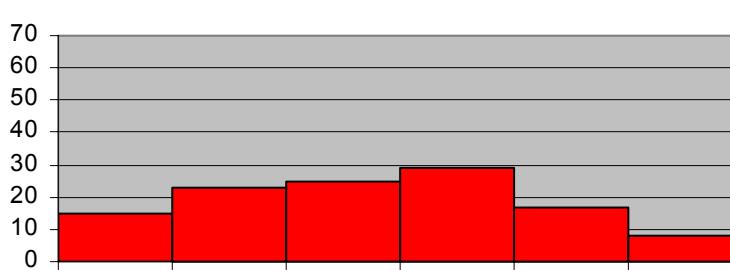
Ausgehend von der vom Fraunhoferinstitut für Innovationsforschung erarbeiteten Massnahmensystematik (vgl. ISI 1999) haben wir die in Tabelle 4-1 zusammengestellten Massnahmengruppen unterschieden. Die angegebenen Einsparpotenziale beziehen sich auf "typische" Fälle. In Einzelfällen können die Sparmöglichkeiten grösser oder auch kleiner sein. Grundsätzlich sind wirtschaftliche Sparmöglichkeiten gemeint. Wie gross ein wirtschaftliches Sparpotenzial in Bezug auf eine konkrete Anlage effektiv ist, hängt entscheidend davon ab in welcher Phase des Investitionszyklus sich die Anlage befindet. Bereits getätigte, noch unabgeschriebene Investitionskosten können eine (zusätzliche) Sparmassnahme absolut unwirtschaftlich werden lassen. Oder wenn gerade eine Neuinvestition ansteht, dann kann eine (zusätzliche) Sparmassnahme sehr wirtschaftlich sein. Und ebenfalls wichtig: Diese Potenziale werden im Laufe der Zeit zum Teil von selbst realisiert. Wir werden darauf noch zurückkommen (vgl. Kapitel 6). Die einzelnen Massnahmengruppen sind nach der relativen Grösse der jeweiligen Sparpotenziale sortiert. Wie sich diese (relativen) Potenziale in der Schweizer Industrie absolut positionieren, wird weiter unten gezeigt. Schliesslich wurde bei jeder Massnahmengruppe die (technische) Realisierbarkeit angegeben. So ist etwa der Ersatz von Motoren mit schlechtem Wirkungsgrad durch solche mit einem besseren Wirkungsgrad (Gruppe (5)) technisch gesehen eine einfache Massnahme, die energetische Optimierung von ganzen Prozessen (Gruppe (2)) kann hingegen sehr schwer sein.

Nr.	Definition Massnahmengruppe	Typische Einsparpotenziale für Elektrizität	Realisierbarkeit
(1)	Rückgewinnung der mechanischen Prozessenergie bei speziellen Antrieben (wie Zentrifugen; Aufzügen usw.)	10 – 50 %	mittel / schwer
(2)	Energetische Optimierung von ganzen Prozessen (z.B. Dimensionierung von Ventilationssystemen, Rohrleitungen, Vermeidung von Leckagen bei Kompressionen usw.)	5 – 50 %	mittel / schwer
(3)	Anpassung des Betriebes der Anlage an tatsächlichen Bedarf: Abschalten bei Nichtgebrauch, Drehzahlregulierung mit Frequenzumrichter usw.	15 – 40 %	einfach / mittel
(4)	Wirkungsgradverbesserungen bei Arbeitsmaschinen (Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren usw.)	2 – 20 %	mittel
(5)	Richtige Dimensionierung von Motoren und Antriebsmaschinen	6 – 9 %	einfach / mittel
(6)	Wirkungsgradverbesserungen bei Motoren	1 – 9 %	einfach
(7)	Minimierung der mechanischen Verluste im System, Wartung	3 – 7 %	mittel / schwer
(8)	Wirkungsgradverbesserungen bei der Kraftübertragung (Riemen, Getriebe)	3 – 7 %	mittel
(9)	Optimierung der Stromversorgung	1 – 5 %	mittel

**Tabelle 4-1:** Massnahmengruppen und typische Sparpotenziale (Quelle: ISI 1999)

Im Rahmen der Industriebefragung fragten wir nach der Bedeutung dieser Massnahmengruppen für das einzelne Unternehmen in den nächsten fünf Jahren. Mit dieser Einschränkung auf einen überschaubaren Zeitraum sollte erreicht werden, dass sich die Befragten in Bezug auf einigermassen konkrete Vorhaben äussern mussten. Sie konnten den Massnahmen eine "Note" zwischen 1 (gar keine Bedeutung) und 6 (sehr grosse Bedeutung) zuordnen. Abbildung 4-2 zeigt das Resultat in Form von Häufigkeitsdiagrammen, welche die zum Teil recht grosse Streuung der Antworten aufzeigen. Die Antworten sind hier ungewichtet und für alle Branchen zusammengenommen dargestellt. Für die weiter unten dargestellte Quantifizierung der Sparpotenziale wurde aber eine nach Branchen differenzierte Auswertung durchgeführt.

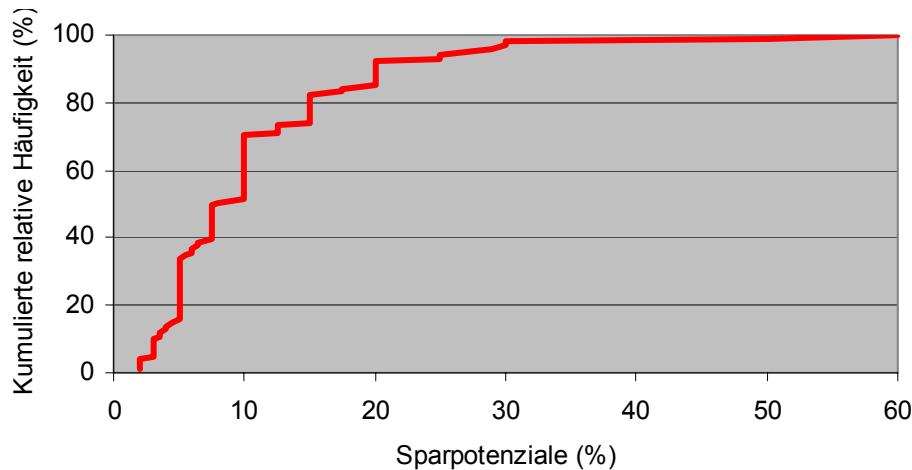
Aus den Antworten ergibt sich ein überraschend klares Bild: Was für die Befragten wirklich eine grosse Bedeutung hat sind Massnahmen die um das "System als Ganzes" kreisen, nämlich um die Anpassung des Betriebes der Anlage an den tatsächlichen Bedarf inklusive Drehzahlregulierung sowie die energetische Optimierung ganzer Prozesse. Dann folgen die richtige Dimensionierung von Motoren und Antriebsmaschinen, die Verbesserung des Wirkungsgrades von Arbeitsmaschinen, die Minimierung mechanischer Verluste und die Wirkungsgradverbesserungen von Antriebsmaschinen. Dann folgt die Wirkungsgradverbesserung bei Motoren (sprich Ersatz von weniger effizienten durch effizientere Motoren). Schliesslich ist nur für wenige der Befragten in der Industrie die Optimierung der Stromversorgung eine Massnahme mit Bedeutung.

Nr.	Massnahme	Massnahme hat ... Bedeutung														
(1)	Rückgewinnung der mechanischen Prozessenergie bei speziellen Antrieben (wie Zentrifugen; Aufzügen usw.) (N = 114; Mittelwert = 1.9)	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Prozent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>keine</td><td>~68</td></tr> <tr><td>minimale</td><td>~18</td></tr> <tr><td>kleine</td><td>~15</td></tr> <tr><td>mittlere</td><td>~5</td></tr> <tr><td>grosse</td><td>~5</td></tr> <tr><td>s. grosse</td><td>~2</td></tr> </tbody> </table>	Kategorie	Prozent	keine	~68	minimale	~18	kleine	~15	mittlere	~5	grosse	~5	s. grosse	~2
Kategorie	Prozent															
keine	~68															
minimale	~18															
kleine	~15															
mittlere	~5															
grosse	~5															
s. grosse	~2															
(2)	Energetische Optimierung von ganzen Prozessen (z.B. Dimensionierung von Ventilationssystemen, Rohrleitungen, Vermeidung von Leckagen bei Kompressionen usw.) (N = 117; Mittelwert = 4.2)	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Prozent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>keine</td><td>~5</td></tr> <tr><td>minimale</td><td>~12</td></tr> <tr><td>kleine</td><td>~18</td></tr> <tr><td>mittlere</td><td>~25</td></tr> <tr><td>grosse</td><td>~35</td></tr> <tr><td>s. grosse</td><td>~15</td></tr> </tbody> </table>	Kategorie	Prozent	keine	~5	minimale	~12	kleine	~18	mittlere	~25	grosse	~35	s. grosse	~15
Kategorie	Prozent															
keine	~5															
minimale	~12															
kleine	~18															
mittlere	~25															
grosse	~35															
s. grosse	~15															
(3)	Anpassung des Betriebes der Anlage an tatsächlichen Bedarf: Abschalten bei Nichtgebrauch, Drehzahlregulierung mit Frequenzumrichter usw. (N = 117; Mittelwert = 4.3)	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Prozent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>keine</td><td>~5</td></tr> <tr><td>minimale</td><td>~10</td></tr> <tr><td>kleine</td><td>~12</td></tr> <tr><td>mittlere</td><td>~25</td></tr> <tr><td>grosse</td><td>~42</td></tr> <tr><td>s. grosse</td><td>~15</td></tr> </tbody> </table>	Kategorie	Prozent	keine	~5	minimale	~10	kleine	~12	mittlere	~25	grosse	~42	s. grosse	~15
Kategorie	Prozent															
keine	~5															
minimale	~10															
kleine	~12															
mittlere	~25															
grosse	~42															
s. grosse	~15															
(4)	Wirkungsgradverbesserungen Arbeitsmaschinen (N = 117; Mittelwert = 3.3)	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Prozent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>keine</td><td>~15</td></tr> <tr><td>minimale</td><td>~22</td></tr> <tr><td>kleine</td><td>~22</td></tr> <tr><td>mittlere</td><td>~25</td></tr> <tr><td>grosse</td><td>~15</td></tr> <tr><td>s. grosse</td><td>~5</td></tr> </tbody> </table>	Kategorie	Prozent	keine	~15	minimale	~22	kleine	~22	mittlere	~25	grosse	~15	s. grosse	~5
Kategorie	Prozent															
keine	~15															
minimale	~22															
kleine	~22															
mittlere	~25															
grosse	~15															
s. grosse	~5															
(5)	Richtige Dimensionierung von Motoren und Antriebsmaschinen (N = 117; Mittelwert = 3.6)	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Prozent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>keine</td><td>~15</td></tr> <tr><td>minimale</td><td>~15</td></tr> <tr><td>kleine</td><td>~20</td></tr> <tr><td>mittlere</td><td>~20</td></tr> <tr><td>grosse</td><td>~20</td></tr> <tr><td>s. grosse</td><td>~5</td></tr> </tbody> </table>	Kategorie	Prozent	keine	~15	minimale	~15	kleine	~20	mittlere	~20	grosse	~20	s. grosse	~5
Kategorie	Prozent															
keine	~15															
minimale	~15															
kleine	~20															
mittlere	~20															
grosse	~20															
s. grosse	~5															

Nr.	Massnahme	Massnahme hat ... Bedeutung														
(6)	Wirkungsgradverbesserungen bei Motoren (N = 117; Mittelwert = 2.7)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Häufigkeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>keine</td><td>~30</td></tr> <tr><td>minimale</td><td>~25</td></tr> <tr><td>kleine</td><td>~30</td></tr> <tr><td>mittlere</td><td>~15</td></tr> <tr><td>grosse</td><td>~5</td></tr> <tr><td>s. grosse</td><td>~5</td></tr> </tbody> </table>	Kategorie	Häufigkeit	keine	~30	minimale	~25	kleine	~30	mittlere	~15	grosse	~5	s. grosse	~5
Kategorie	Häufigkeit															
keine	~30															
minimale	~25															
kleine	~30															
mittlere	~15															
grosse	~5															
s. grosse	~5															
(7)	Minimierung der mechanischen Verluste im System, Wartung (N = 115; Mittelwert = 3.3)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Häufigkeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>keine</td><td>~15</td></tr> <tr><td>minimale</td><td>~15</td></tr> <tr><td>kleine</td><td>~15</td></tr> <tr><td>mittlere</td><td>~35</td></tr> <tr><td>grosse</td><td>~10</td></tr> <tr><td>s. grosse</td><td>~5</td></tr> </tbody> </table>	Kategorie	Häufigkeit	keine	~15	minimale	~15	kleine	~15	mittlere	~35	grosse	~10	s. grosse	~5
Kategorie	Häufigkeit															
keine	~15															
minimale	~15															
kleine	~15															
mittlere	~35															
grosse	~10															
s. grosse	~5															
(8)	Wirkungsgradverbesserungen bei der Kraftübertragung (Riemen, Getriebe) (N = 113; Mittelwert = 2.8)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Häufigkeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>keine</td><td>~25</td></tr> <tr><td>minimale</td><td>~30</td></tr> <tr><td>kleine</td><td>~25</td></tr> <tr><td>mittlere</td><td>~20</td></tr> <tr><td>grosse</td><td>~10</td></tr> <tr><td>s. grosse</td><td>~5</td></tr> </tbody> </table>	Kategorie	Häufigkeit	keine	~25	minimale	~30	kleine	~25	mittlere	~20	grosse	~10	s. grosse	~5
Kategorie	Häufigkeit															
keine	~25															
minimale	~30															
kleine	~25															
mittlere	~20															
grosse	~10															
s. grosse	~5															
(9)	Optimierung der Stromversorgung (N = 114; Mittelwert = 3.0)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Häufigkeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>keine</td><td>~25</td></tr> <tr><td>minimale</td><td>~25</td></tr> <tr><td>kleine</td><td>~25</td></tr> <tr><td>mittlere</td><td>~10</td></tr> <tr><td>grosse</td><td>~20</td></tr> <tr><td>s. grosse</td><td>~5</td></tr> </tbody> </table>	Kategorie	Häufigkeit	keine	~25	minimale	~25	kleine	~25	mittlere	~10	grosse	~20	s. grosse	~5
Kategorie	Häufigkeit															
keine	~25															
minimale	~25															
kleine	~25															
mittlere	~10															
grosse	~20															
s. grosse	~5															

**Abbildung 4-2:** Bedeutung der neun Massnahmengruppen in der Industrie für die kommenden fünf Jahre. Da nicht immer alle Befragten alle Massnahmengruppen bewertet haben, ergeben sich jeweils leicht unterschiedliche Gesamtzahlen für die Nennungen. Die angegebenen Mittelwerte ergeben sich aus folgender Quantifizierung der Bedeutung: keine Bedeutung = 1, minimale Bedeutung = 2, kleine Bedeutung = 3, mittlere Bedeutung = 4, grosse Bedeutung = 5 und sehr grosse Bedeutung = 6.

In der Abbildung 4-3 sind die kumulierten Häufigkeiten der von den Befragten genannten Sparpotenziale dargestellt. Sie beziehen sich auf 99 auswertbare Nennungen. Die Spanne der Potenziale reicht von 2 bis 60 Prozent; 0 Prozent wurde nie genannt (was in der ökonometrischen Extrapolation auch keinen Sinn machen würde!). Der Median der Sparpotenziale liegt bei 7.5 Prozent; d.h. 50 Prozent der Befragten haben ein kleineres, 50 Prozent ein grösseres Potenzial genannt. Als mittleres Potenzial ergibt sich verbrauchsungewichtet knapp 11 Prozent, gewichtet man die Potenziale mit dem Verbrauch, dann reduziert sich der Mittelwert deutlich auf 7.6 Prozent.



**Abbildung 4-3:** Dargestellt ist die kumulierte relative Häufigkeit der von den Befragten genannten Sparpotenziale in ihrem Unternehmens (Eigeneinschätzung). Lesebeispiel: Ein Sparpotenzial von bis zu 15 Prozent weisen etwa 80 Prozent der Unternehmen auf, bzw. umgekehrt: ein Sparpotenzial von 15 und mehr Prozent weisen etwa 20 Prozent der Unternehmen auf.

Wichtig an diesem Befund sind zwei Aspekte:

- (1) Die Sparpotenziale gemäss Eigeneinschätzung streuen stark. Mit andern Worten: Das durchschnittliche Sparpotenzial ist überhaupt nicht "typisch".
- (2) Ein paar Prozentpunkte Sparpotenzial sind allemal vorhanden, aber richtig grosse (wirtschaftliche) Sparpotenziale sind – mindestens in der Eigeneinschätzung der Befragten – die Ausnahme. Allerdings muss dabei an die in der Regel sehr restriktiven Pay-Back-Zeiten erinnert werden.

Mit dem Nachfrage-Modell von Basics lassen sich nun – unter Verwendung der Befragungsresultate – nach Branchen und Massnahmengruppen differenzierte Sparpotenziale ausweisen. Die Rechnung läuft – grob vereinfacht – etwa wie folgt. Modellmäßig gegeben sind wirtschaftliche, auf die 16 Branchen bezogene Bruttopotenziale in der Größenordnung von 25 Prozent, samt ihrer Verteilung nach Lebensdauern. Die Lebensdauer meint dabei die aus heutiger Sicht anzunehmende Lebensdauer der Massnahmen, die zur Realisierung dieser Potenziale getroffen werden müssten. Wirtschaftlich meint, dass sich die Massnahme während ihrer Lebensdauer zu einem Zinssatz von 5 Prozent finanzieren lässt. Diese Potenziale werden nun mittels der Befragungsresultate sukzessive reduziert (die genaue Darstellung des Rechenganges würde den Rahmen des vorliegenden Dokumentes aber sprengen, weshalb wir uns auf ein paar Anmerkungen beschränken):

- (1) Zuerst werden branchenspezifisch einige Korrekturen an den Bruttopotenzialen vorgenommen.
- (2) Dann wird die Vorratshaltung der Elektromotoren berücksichtigt.
- (3) Eine weitere Reduktion ergibt sich durch Berücksichtigung der bereits heute mit einer Drehzahlregulierung ausgestatteten Motoren.

- (4) Weiter werden die in der Befragung der Industrievertreter ermittelten Pay-Back-Zeiten so berücksichtigt, dass grundsätzlich eine Pay-Back-Zeit von zwei Dritteln der (technischen) Lebensdauer der Massnahmen angenommen wird.
- (5) Schliesslich wird die nach Branchen differenzierte unterschiedliche Bedeutung der verschiedenen Massnahmengruppen berücksichtigt.

Als Resultat ergibt sich die in Tabelle 4-4 dargestellte Desaggregation der Sparpotenziale nach Branchen und Massnahmengruppen (Marktsegmentierung).

Nr.	Branche (Kurztitel)	Elektrizitätssparpotenziale nach technischen Massnahmengruppen (1) bis (9) in GWh (Quelle: Industriemodell Basics, aktuelle Industriebefragung, Experteninterviews); Achtung: Die Potenziale dürfen wegen Überlappungen nicht addiert werden!									Total
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
01	Nahrung, Getränke, Tabak	43	72	79	17	12	6	12	11	4	176
02	Bekleidung	38	66	75	19	16	7	10	7	5	168
03	Papier und Karton	45	111	104	24	17	14	12	7	7	230
04	Chemie	89	350	181	63	27	18	18	17	22	437
05	Glas	*	*	*	*	*	*	*	*	*	39
06	Keramik und Ziegel	*	*	*	*	*	*	*	*	*	15
07	Zement	*	*	*	*	*	*	*	*	*	41
08	Übrige NE-Mineralien	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9
09	Metalle, Giessereien	37	62	56	21	12	7	6	6	5	151
10	NE-Metalle	3	21	21	5	2	1	2	1	1	36
11	Metallerzeugnisse	9	38	32	14	6	4	4	3	2	73
12	Maschinenbau, Fahrzeugbau	32	61	75	20	14	8	8	8	6	157
13	Geräte	7	24	29	7	6	3	4	4	2	57
14	Energie, Wasser	*	*	*	*	*	*	*	*	*	60
15	Baugewerbe	22	34	38	11	18	12	15	12	6	130
16.1	Holz	17	41	41	14	11	7	7	6	3	107
16.2	Druck	3	10	11	4	2	1	1	2	1	24
16.3	Kunststoff, Gummi	10	22	25	6	4	2	2	3	1	50
16.4	Übrige	8	20	21	7	5	3	3	3	2	53
Total		389	1017	867	257	166	99	109	95	72	2011

**Tabelle 4-4:** Sparpotenziale differenziert nach den neun Massnahmengruppen (vgl. Tabelle 4-1) und den unterschiedenen Branchen. In den mit "\*" gekennzeichneten Feldern sind die zur Verfügung stehenden Daten zu ungenau (etwa wegen einer zu geringen Zahl befragter Unternehmen) und werden deshalb nicht explizit angegeben. In der Total-Zeile (ohne Überlappungen) rechts aussen und in der Total-Zeile über die Gesamtindustrie sind diese Werte aber berücksichtigt.

In Bezug auf Tabelle 4-4 sind folgende Punkte speziell zu erwähnen:

- (1) Auch wenn die Sparpotenziale auf GWh genau angegeben werden, muss betont werden, dass die Zahlen primär Grössenordnungen meinen.
- (2) Grundsätzlich verstehen sich die Sparpotenziale als *wirtschaftliche* Potenziale. Diese Sparpotenziale sind aber nur realisierbar, wenn sie im Rahmen der üblichen Investitionszyklen investiv wirksam werden (mehr dazu in Kapitel 6).
- (3) Die Abschätzung der Potenziale ist in dem Sinne konservativ, als sie – geeignete Anstrengungen vorausgesetzt – tatsächlich realisiert werden könnten. Technisch wären sehr viel grössere Einsparungen möglich.

- (4) Für die Chemie als grossem Verbraucher ergibt sich auch ein grosses Sparpotenzial. Es muss aber berücksichtigt werden, dass hier dem Explosionschutz ein besonders grosses Gewicht zukommt und damit Einschränkungen bei der Realisierbarkeit der Sparpotenziale zu erwarten sind.
- (5) Umgekehrt wird z.B. für die Branche Energie<sup>7</sup> und Wasserversorgung nur ein kleines Sparpotenzial ausgewiesen, welches aber relativ leicht realisiert werden könnte. Denn in vielen dieser Anlagen sind Elektromotoren praktisch kontinuierlich in Betrieb. Solche Anlagen wären damit prädestiniert, unter Beachtung der so genannten *life cycle costs* effiziente(re) Elektroantriebe eingesetzt zu erhalten.
- (6) Zusammenfassend ergibt sich für die *Industrie allein* ein gesamtes Sparpotenzial von rund 2000 GWh oder rund 15 Prozent des industriellen Elektrizitätsverbrauchs durch Elektromotoren, also etwa das Doppelte dessen, was sich als Mittelwert des direkten Befragungsresultates ergibt. Bezogen auf den gesamtschweizerischen Elektrizitätsverbrauch von 56'170 GWh (2004) machen die erwähnten 2000 GWh immerhin noch rund 3.6 % aus.

## 5. Sparhindernisse

Hier ist nicht der Ort, das Thema Sparhindernisse erschöpfend abzuhandeln. Es gibt für die Schweiz und erst recht international schon eine Vielzahl von Untersuchungen dazu, speziell sei auf eine von BHP (1999) hingewiesen, die anhand konkreter (realisierter und nicht realisierter) Investitionen in der Schweizer Papierindustrie die Sparhindernisse ausgeleuchtet hat. Hier geht es nur darum, die aufgrund der Expertengespräche und der Resultate der Industriebefragung wichtigsten Erkenntnisse im Hinblick auf die zu konzipierende Kampagne zu rekapitulieren.

### Opportunitäten

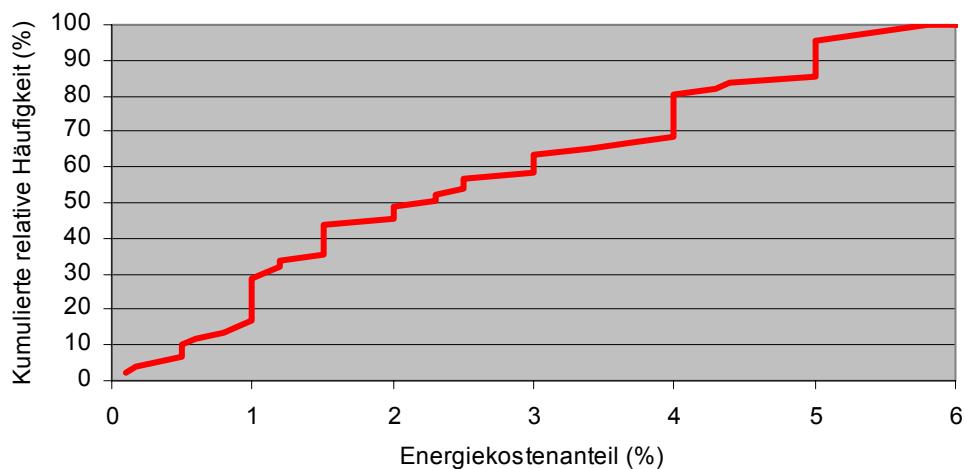
Wenn man das eine macht, kann man das andere nicht tun (im ökonomischen Kontext spricht man dann von Opportunitäten). Auch Sparinvestitionen stehen immer in Konkurrenz zu andern Investitionen, die für das Unternehmen lukrativer oder stärker im Kerngeschäft angesiedelt sind. Und selbst wenn das Geld nicht die Restriktion darstellen sollte: Zur Zeit herrscht in vielen Branchen (so vor allem in der Maschinenindustrie) nach einer Zeit des Gesundschumpfens und Rationalisierens regelrecht Hochkonjunktur, so dass die relevanten Akteure völlig überlastet sind und gar keine Zeit für die Anliegen des Energiesparens haben.

### Geringe Bedeutung der Energiekosten

Ein wichtiges Hemmnis stellt die in der Regel geringe Bedeutung der relativen Energiekosten an sich dar (vgl. Abbildung 5-1). Wenn die Energiekosten nur einen kleinen Teil der eigentlichen Produktionskosten ausmachen, dann wird kaum eine Energiesparmassnahme in der Erfolgsrechnung wirklich sichtbar (auch wenn man argumentieren kann, dass rein rechnerisch jeder nicht für die Energie gebrauchte Franken dem Unternehmensgewinn zu Gute kommt). Und: Für die allermeisten Unternehmen ist die Frage, ob die Energiekosten 2.0 oder 2.2 Prozent ausmachen deutlich weniger wichtig, als eine sichere, qualitativ hochstehende Energieversorgung an sich.

---

<sup>7</sup> Gemeint ist der Energiesektor als Endkonsument, d.h. als Konsument von Energie für die Raumheizung, Beleuchtung, EDV usw. Die Umwandlungsverluste bei der Elektrizitätsproduktion bzw. deren Reduktionspotenziale sind hier nicht berücksichtigt (das gilt auch für alle andern Branchen, soweit sie z.B. über Wärme-Kraft-Kopplung Strom erzeugen).



**Abbildung 5-1:** Die Abbildung zeigt die kumulierten relativen Häufigkeiten der Energiekostenanteile. Die Energiekosten beziehen sich nicht nur auf die Elektrizität, sondern auf alle Energieträger. In der Regel dominieren aber die Elektrizitätskosten die Energiekosten. Lesebeispiel: Einen Energiekostenanteil von 2 Prozent oder weniger weisen rund 35 Prozent aller in der Untersuchung befragten Unternehmen auf.<sup>8</sup>

Die nachfolgende Tabelle 5-2 unterstreicht auf andere Art die geringe Bedeutung der Energiekosten. In ihr wird dargestellt, welche Bedeutung die Energie als Auslöser für Investitionen in den letzten fünf Jahren bei den befragten Unternehmen hatte. Die Aufteilung bezieht sich auf *alle* Investitionen der befragten Unternehmen. 55 Prozent der Unternehmen hatten noch nie Energie als Auslöser (bzw. gaben einen nullprozentigen Anteil an). Interessanterweise besteht überhaupt keine Korrelation zwischen der Rolle der Energie bei Investitionsentscheiden und den Sparpotenzialen ( $r^2 = 0.02$ ), aber immerhin eine schwache Korrelation zum Energiekostenanteil ( $r^2 = 0.21$ ).

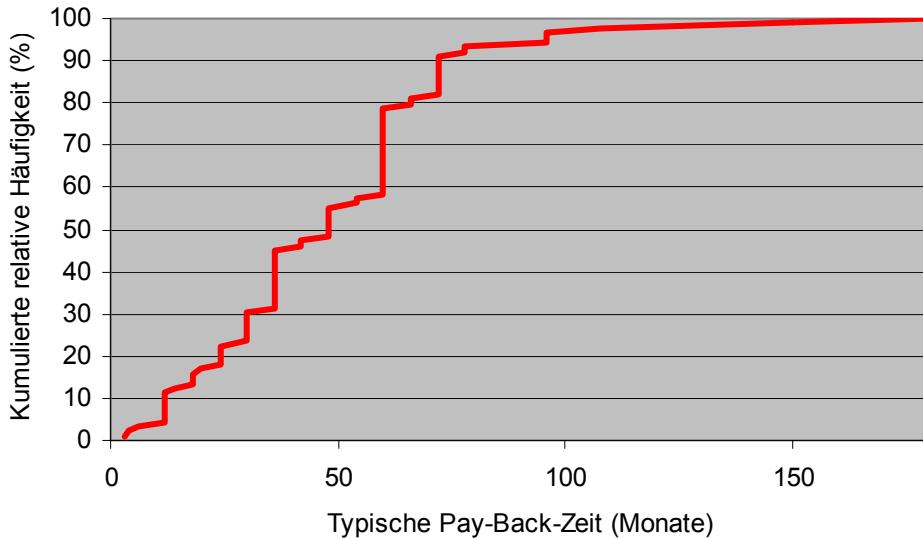
Bedeutung der Energie	Anteil Investitionen
Energie bzw. Energiekosten waren ohne Bedeutung bei Investitionsplanung und -entscheidung	46.2
Energie bzw. Energiekosten hatten eine kleine aber doch berücksichtigte Bedeutung bei den Investitionsentscheiden	30.0
Energie bzw. Energiekosten hatten eine grössere oder gar zentrale Bedeutung bei den Investitionsentscheiden	17.0
Energie bzw. Energiekosten waren der Auslöser des Investitionsentscheides	6.7
Alle Investitionen	100.0

**Tabelle 5-2:** Der Einfluss der Energie bzw. der Energiekosten auf Investitionsentscheide (gemittelte Daten für 116 Unternehmen)

<sup>8</sup> Vergleicht man diese Energiekostenanteile mit den vom Bundesamt für Statistik (BFS) erhobenen Buchhaltungsergebnissen auf Unternehmensebene und mit denen der nationalen Buchhaltung, dann kann man sich als neutraler Beobachter des Eindrucks nicht erwehren, dass die Energiekostenanteile von den Befragten tendenziell sogar *überschätzt* werden.

### **Restriktive Pay-Back-Vorgaben**

Ein wichtiges Sparhindernis stellt in vielen Unternehmen eine restriktive Pay-Back-Vorgabe dar, die bei Energiesparinvestitionen eingehalten werden muss. Die Abbildung 5-3 fasst die Antworten von 89 Unternehmen zur Frage nach der durchschnittlich zu erreichenden Pay-Back-Zeit für solche Investitionen zusammen (33 Gesprächspartner konnten oder wollten keine konkrete Zahl nennen). Die kleinste Nennung lag bei drei Monaten, die grösste bei 15 Jahren. Der Median liegt bei ziemlich genau vier Jahren. Dies bedeutet: Bei 50 % der antwortenden Unternehmen werden nur Sparmassnahmen realisiert, deren (statische) Pay-Back-Zeit vier Jahre nicht überschreitet. Tatsächlich liegt die Lebensdauer von vielen Energiesparmassnahmen aber deutlich höher (vgl. Abbildung 5-3). Interessant ist dabei, dass die zu erreichende maximale Pay-Back-Zeit im Quervergleich der Unternehmen praktisch unabhängig vom Anteil der Energiekosten an den Produktionskosten ist.



**Abbildung 5-3:** Die Abbildung zeigt die kumulierten relativen Häufigkeiten der genannten Pay-Back-Zeiten. Lesebeispiel: Eine Pay-Back-Zeit von 25 oder weniger Monaten wird von rund 20 % der Unternehmen gefordert.

### **Überdimensionierung bringt Sicherheit**

Grössere Sparpotenziale ergeben sich daraus, dass Motoren, Pumpen usw. überdimensioniert sind. Dies hat nämlich zur Folge, dass diese dann praktisch nie bei Volllast betrieben werden, woraus zum Teil sehr schlechte (Gesamt-)Wirkungsgrade resultieren. Diese Überdimensionierung hat in der Regel zwei Gründe: Zum einen eine ungenaue oder unzureichende Kenntnis darüber, was prozessseitig wirklich die Anforderungen sind, zum andern ein ausgeprägtes Sicherheitsdenken bei infrastrukturellen Einrichtungen.

### **Keine Störung / Beeinträchtigung laufender Prozesse**

Wenn die Steigerung der Energieeffizienz einen grösseren Eingriff in einen ansonsten laufenden Prozess erforderlich macht, dann sind Störungen und Beeinträchtigungen nicht auszuschliessen. Angesichts der kostenseitig geringen Bedeutung der Energie, sind die wenigsten Betriebe willens, die damit verbundenen Risiken in Kauf zu nehmen. Wichtigste Ausnahme: Wenn ein Prozess ohnehin generalüberholt wird, dann hat die Energie eine reale Chance, beachtet zu werden (wenigstens deuten das unsere Umfrageresultate und auch die Experteninterviews an).

### **Man kauft Anlagen nicht Motoren**

Zwar leuchtet es unmittelbar ein: Ein effizienterer Motor bringt unmittelbar eine (wenn auch möglicherweise kleine) Einsparung. Aber die meisten Betriebe kaufen keine einzelnen Motoren, sondern Arbeitsmaschinen (Pumpen, Kompressoren usw.) oder gar ganze Anlagen. Insofern ist der Motor an sich nicht im Fokus der Endkonsumenten.

Dazu kommt, dass die Systemeffizienz einer Arbeitsmaschine oder gar einer ganzen Anlage um ganz andere Größenordnungen gesteigert werden kann als die Effizienz des das System antreibenden Motors. In de Keulenaer (2005) findet man ein klassisches, schon fast "didaktisch" zu nennendes Beispiel zu einem Pumpensystem: Vor der Optimierung des Gesamtsystems beträgt der Systemwirkungsgrad 30.9 Prozent, nach der Optimierung hingegen 71.5 Prozent (vgl. Tabelle 5-6). Wie man durch Nachrechnen leicht feststellen kann, bringen dabei die (eher etwas optimistisch angenommen) 5 Prozentpunkte Wirkungsgradverbesserung beim Motor tatsächlich aber nur 3.8 Prozentpunkte Wirkungsgradverbesserung für das Gesamtsystem.<sup>9</sup>

Von daher ist es im Übrigen nur folgerichtig, dass in der Industriebefragung die Bedeutung des Sparthemas "Motorenwirkungsgrad" gegenüber den andern Sparthemen (insbesondere gegenüber der Anlagen- und Prozessoptimierung) als weniger wichtig angesehen wird. Allerdings: Während bei prozessorientierten Massnahmen fast immer auch ein Prozessrisiko besteht, ist dieses bei einer rein motorbezogenen Sparmassnahme nicht vorhanden.

	Wirkungsgrade vor Optimierung (%)	Wirkungsgrad nach Optimierung (%)
Frequenzumrichter*	100	96
Motor	90	95
Kupplung	98	99
Pumpe	77	88
Drossel**	66	100
Reibung im Rohr	69	90
Gesamt	30.9	71.5

\* vor der Optimierung nicht vorhanden

\*\* nach der Optimierung nicht mehr nötig

**Tabelle 5-6:** Steigerung der Systemeffizienz durch eine Reihe von aufeinander abgestimmten Einzelmaßnahmen (Quelle: de Keulenaer (2005))

### Informationsmangel

Sowohl von Vertretern aus der Industrie wie auch von einer ganzen Reihe von Experten wurde auf einen weit verbreiteten Informationsmangel hingewiesen. Oft ist gar nicht bekannt, wo man wie zu welchem Preis Energie sparen könnte. Deshalb auch der hohe Stellenwert von einfachen Analyseinstrumenten und von Aus- und Weiterbildung in der Industriebefragung (siehe nachfolgendes Kapitel).

### Transaktionskosten

In aller Regel werden die Transaktionskosten (d.h. die Kosten für Abklärungen, für das Einholen und Überprüfen von Offerten, für die Entscheidungsfindung, für Vertragsverhandlungen usw., nicht aber für die eigentliche Investition) unterschätzt – gerade bei kleinen Investitionen. Hier können sie leicht ein Mehrfaches des eigentlichen Investitionsbetriffenisses ausmachen und in einer vollständigen Nachkalkulation eine zunächst wirtschaftlich erscheinende Massnahme in ihr Gegenteil verkehren.

### Geteilte Verantwortlichkeiten

Wenn die Aufgabe des technischen Leiters vor allem in einem sicheren, qualitativ hoch stehenden Betrieb bestimmter Anlagen liegt, wird er auf der Kostenseite von sich aus keine Anstrengungen unternehmen wollen, denn ein mögliches Misslingen würde ihm angelastet, sein Erfolg aber jemand anderem gutgeschrieben.

<sup>9</sup> Diese gegenseitige Konkurrenz von Sparmassnahmen wurde über einen entsprechenden Algorithmus auch in den Berechnungen von Kapitel 4 berücksichtigt.

### Unsichere Zukunftsaussichten

Die üblicherweise eher kurzen Pay-Back-Zeiten sind auch Ausdruck einer sehr unsicher gewordenen Zukunft. So lange man aus Konkurrenzgründen nicht gezwungen wird, auch etwas längere Pay-Back-Zeiten zu akzeptieren, wird man das in der Regel auch nicht tun. Denn wer weiss schon, was aus dem Unternehmen in ein paar Jahren wird, zu welchem Konzern es gehört, welche Sparten herausgelöst und verkauft werden usw. In einer solchen Situation hat das Energiesparen, das in der Regel massnahmenseitig Infrastrukturcharakter aufweist, relativ wenig Chancen.

## 6. Ansatzpunkte für eine Kampagne

Aufgrund der Resultate von Kapitel 3 muss man davon ausgehen, dass das primäre Zielpublikum für eine Sparkampagne im elektromotorischen Bereich der Endabnehmer, d.h. das elektrizitätskonsumierende Unternehmen selbst ist. Eine Sparkampagne setzt aber notwendig bei ganz bestimmten Akteuren innerhalb eines Unternehmens an. In der Industriebefragung wurde deshalb die mögliche Wirkung typischer Ansatzebenen einer Kampagne verschiedenen Zielgruppen in einem Unternehmen gegenüber gestellt. Das Resultat zeigt Tabelle 6-1. Hervorgehoben sind jene Kombinationen, die nach Ansicht der Befragten die grösste Wirkung versprechen.

Ansatz	Technische Leitung	Betrieb / Unterhalt	Technische Planung	Einkauf	Management	Total
Motivation	4.1	3.8	3.9	3.1	4.3	3.8
Information	4.6	4.0	4.2	3.1	4.2	4.0
Aus- und Weiterbildung	4.8	4.8	4.6	2.9	3.8	4.2
Analyseinstrumente	4.6	5.0	5.3	2.6	3.7	4.3
Beratungsleistungen	4.5	4.0	3.4	3.1	3.8	3.8
Vereinbarungen / Verpflichtungen	4.5	4.3	4.4	2.9	3.9	4.0
Total	4.5	4.3	4.3	3.0	4.0	-

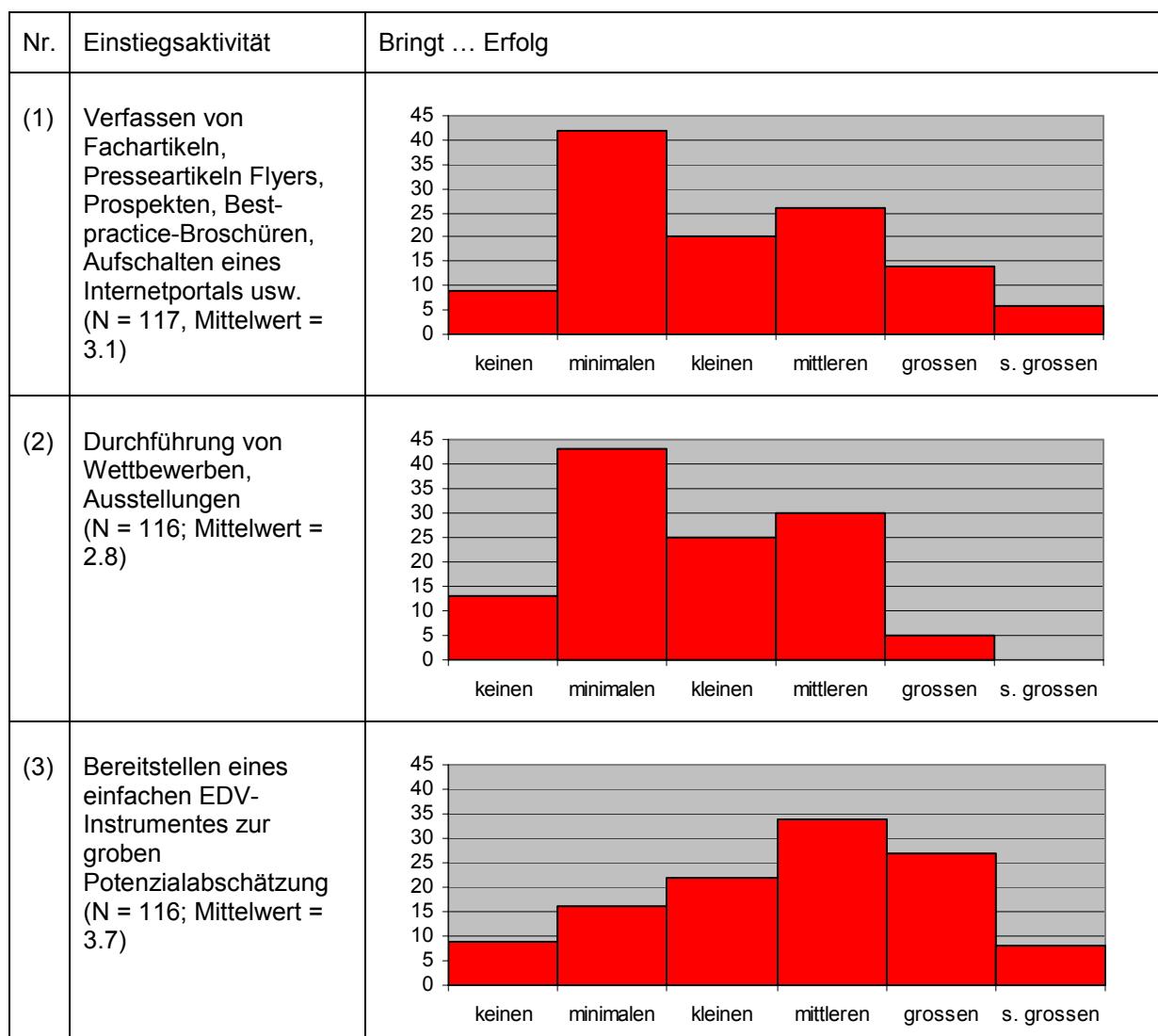
**Abbildung 6-1 :** Bei welchen Akteuren ist mit welchen Instrumenten im Rahmen einer Sparkampagne welche Wirkung zu erreichen? Angegeben sind die Durchschnittsbewertungen von 112 Antworten. Die Benotung bedeutet: 1 = keine Wirkung, 2 = minimale Wirkung, 3 = kleine Wirkung, 4 = mittlere Wirkung, 5 = grosse Wirkung, 6 = sehr grosse Wirkung. Je dunkler die Einfärbung, desto höher die Note.

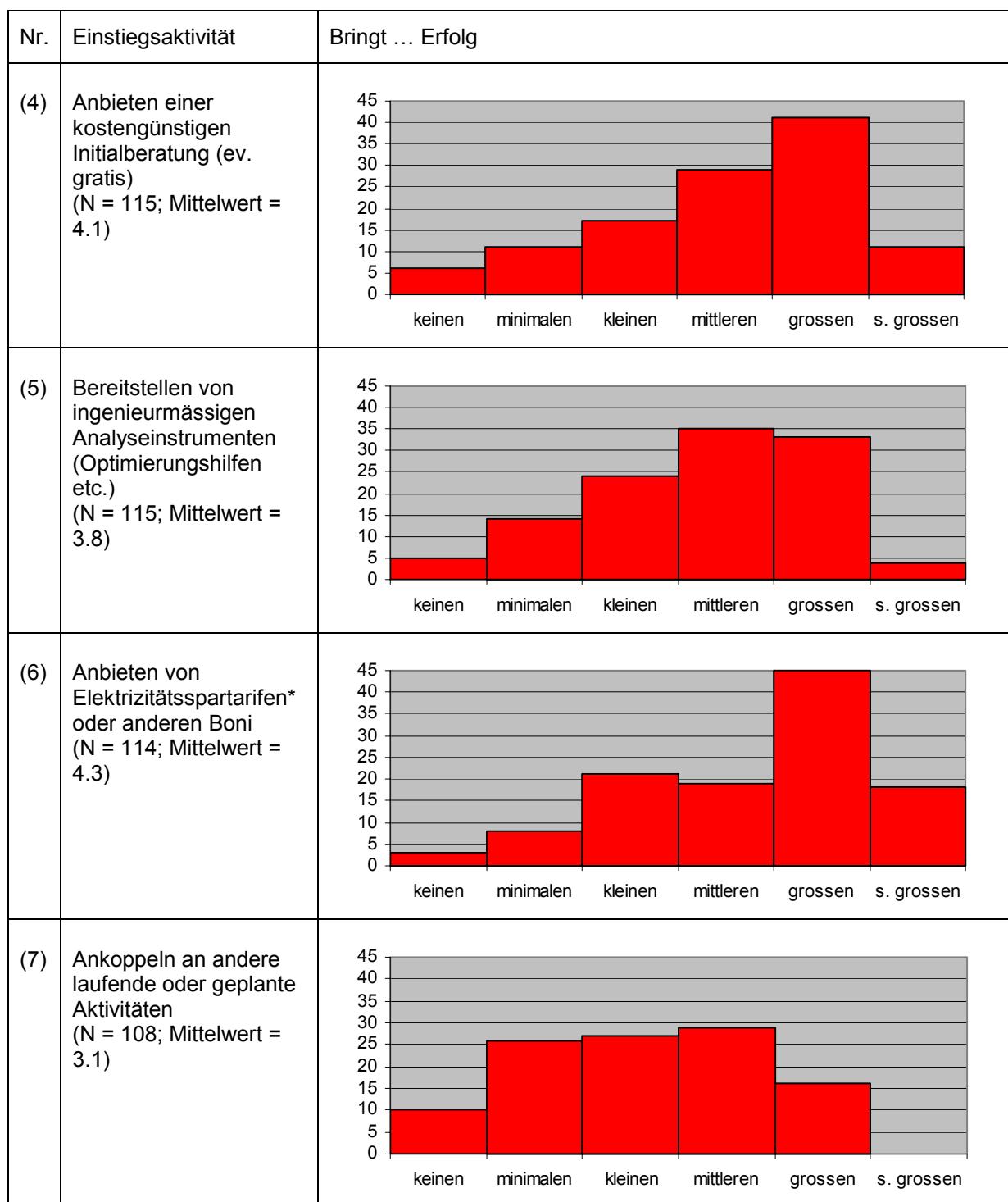
Wichtigste Botschaft: Hauptzielpublikum muss demnach die technische Leitung sein, gefolgt von den für den Betrieb und Unterhalt sowie die technische Planung zuständigen Funktionen. Auf der Instrumenten- bzw. Ansatzebene schneiden die Analyseinstrumente besonders gut ab. Dies bestätigt auch entsprechende Resultate einer Studie von EBP und Infras aus dem Jahre 2003 (EBP 2003). Hier scheint, wie schon im vorherigen Kapitel angedeutet, ein echter ungedeckter Bedarf zu bestehen. Beschränkt auf die technische Leitung werden mit Ausnahme der Motivation (die offenbar als gegeben angesehen wird) alle Ansatzebenen ähnlich bewertet. Etwas überraschend wird dem Einkauf eine sehr geringe Bedeutung beim Energiesparen beigemessen, aber auch das Management erscheint als Zielpublikum für eine Sparkampagne eher weniger wichtig zu sein – entgegen der verbreiteten An-

sicht, dass es (nur) das Management sei, dass mit entsprechenden Vorgaben dem Energiesparen die nötige Nachachtung verschaffen könne.

In der Industriebefragung wurden weiter sieben Gruppen von möglichen Einstiegsaktivitäten für eine Sparkampagne etwas näher konkretisiert und nach ihren Erfolgschancen beurteilt (vgl. Abbildung 6-2). Die Idee dabei: Sollte sich zeigen, dass eine bestimmte Aktivität vom Zielpublikum klar abgelehnt wird, dann sollte man sie auch nicht weiter verfolgen, umgekehrt müssten klar favorisierte Aktivitäten unbedingt einer näheren Prüfung unterzogen werden. Tatsächlich zeigt sich relativ klar, was aus Sicht der Befragten gemacht werden sollte und was nicht. Gar nicht gut kommt die Informationsschiene weg (Einstiegsaktivitäten (1) und (2)). Offenbar ist (wie aus den Kommentaren ableitbar, s.u.) hier eine gewisse Übersättigung mit "Prospektmaterial" eingetreten. Informationen sind zwar wichtig (vgl. oben), aber die üblichen Kanäle sind etwas obsolet geworden.

Sehr positiv aufgenommen werden hingegen auch jetzt wieder die Analyseinstrumente, sei es zur Grobabschätzung (Einstiegsaktivität (3)), sei es zur ingeniermässigen Analyse (Einstiegsaktivität (5)). Am besten schneiden die "geldwerten" Einstiegsaktivitäten ab: Verbilligte oder gar kostenfreie Initialberatung (Einstiegsaktivität (4)) und die Effizienztarife, die bereits von verschiedenen Elektrizitätswerken gegen ein geeignetes Sparversprechen angeboten werden oder in Kürze angeboten werden sollen (Einstiegsaktivität (6)). Ziemlich uneinheitlich ist die Einschätzung der Befragten bezüglich der organisatorischen Einbettung der neu zu schaffenden Sparkampagne in Bezug auf bereits laufende oder geplante Aktivitäten (Einstiegsaktivität (7)). Dies hat wohl mit der unterschiedlichen Betroffenheit in Bezug auf diese andern Aktivitäten zu tun. Denn je grösser tendenziell ein befragtes Unternehmen, desto grösser ist auch die Wahrscheinlichkeit, mit solchen Aktivitäten schon konfrontiert worden zu sein (etwa der EnAW) und desto stärker wird auch die Forderung der Einbettung unterstützt.





**Abbildung 6-2:** Erfolgschancen von sieben verschiedenen Gruppen von Einstiegsaktivitäten für eine neu zu schaffende Sparkampagne aus der Sicht der Industrie. Da nicht immer alle Befragten alle Einstiegsaktivitäten bewertet haben, ergeben sich jeweils leicht unterschiedliche Gesamtzahlen für die Nennungen. Die angegebenen Mittelwerte ergeben sich aus folgender Quantifizierung der Erfolgs: kein Erfolg = 1, minimaler Erfolg = 2, kleiner Erfolg = 3, mittlerer Erfolg = 4, grosser Erfolg = 5 und sehr grosser Erfolg = 6.)

Nebst den durch den Fragebogen vorgegebenen Themen, wurde in offener Weise zusätzlich danach gefragt, was man im Rahmen einer Sparkampagne *unbedingt machen* müsste und was man *unbedingt vermeiden* sollte.

Die grosse Mehrheit der Befragten hat dabei auf der positiven Seite in der einen oder andern Form die obigen Aktivitäten bestätigt, thematisch ergänzt oder präzisiert. Völlig neue Aspekte kamen dabei aber nicht aufs Tapet – bis auf zwei Punkte, die beide auch in den Experteninterviews bestätigt wurden: Die Rolle der Energieversorger als Berater und das oft fehlende Fachwissen in der Industrie selbst. Gerade die (grösseren) Energieversorger könnten im elektromotorischen Bereich mit Beratungsleistungen und ihrem direkten Zugang zu ihren Kunden einiges in Bewegung setzen – vor allem natürlich in Kombination mit Effizienztarifen. Was das fehlende Fachwissen betrifft, so passt das monierte Manko zum grossen Stellenwert, den man der Aus- und Weiterbildung beim grundsätzlichen Ansatz der Kampagne gegeben hat (vgl. Tabelle 6-1).

Auf der negativen Seite wurde vor allem vor einer Flut von Papieren, Broschüren, Prospekten usw. oder vor irgendwelchen Awards und Preisen gewarnt. Hier scheint eine klare Übersättigung eingetreten zu sein – selbst beim "gutwilligen Publikum". Darüber hinaus bestehen grosse Vorbehalte gegenüber neuen Vorschriften, nicht unbedingt grundsätzlich, aber vor allem in Bezug auf solche Vorschriften, die nicht einfach zu befolgen wären und damit viel unproduktiven Zusatzaufwand ergeben und / oder den ordentlichen Betrieb massiv stören würden. Wirkungsgradvorschriften für neue Motoren würden demnach deutlich besser akzeptiert (damit hätte das Gros der Unternehmen direkt ja auch nichts zu tun; sie würden einfach die Anlagen mit diesen besseren Motoren kaufen) als z.B. prozessbezogene Detailvorschriften (etwa vom Typ, dass unter bestimmten Voraussetzungen ein Frequenzumformer obligatorisch eingebaut werden müsste).

Aus der Befragung der Experten ergeben sich darüber hinaus noch einige wichtige Hinweise. Dass schon im motorischen Bereich und erst recht darüber hinaus bis hin zur Prozessoptimierung ein grosses Know-How-Manko besteht, wurde von den meisten der befragten Experten eindrücklich bestätigt. Nach ihnen sind hier vor allem die Fachhochschulen gefordert, neue Ausbildungsgänge zu schaffen. Sie betonen aber auch die Notwendigkeit im "kleineren Rahmen" Ausbildungsangebote ins Leben zu rufen. So sind z.B. im Zusammenhang mit den EnAW- und ISO14000-Aktivitäten Moderatoren und Auditoren tätig, die – ohne zwingend Fachleute zu sein – als Multiplikatoren für effiziente Elektroantriebe prädestiniert wären. Weiter sollte die Kampagne grundsätzlich dafür besorgt sein, dass im Rahmen der üblichen Investitionszyklen tatsächlich keine wirtschaftlichen Spargelegenheiten verpasst werden. Sie sollte im Übrigen einen eher "systemischen" Ansatz verfolgen, will heissen: Die energetische Optimierung von Antrieben, Arbeitsmaschinen und ganzen Prozessen sollte im Vordergrund stehen.

Zur Zeit laufen eine ganze Reihe von Programmen und Aktivitäten (EnergieSchweiz/Druckluft, EnAW, Effizienztarife, Grossverbraucherparagraf, ISO14000 u.a.), die in der einen oder andern Form den industriellen Energieverbrauch im Visier haben. Die neue Sparkampagne sollte sich möglichst organisch mit diesen Aktivitäten, insbesondere mit denjenigen der EnAW, verbinden bzw. diese ergänzen und damit bestehende "Vertriebskanäle" nutzen<sup>10</sup>. Alles andere wäre mit beträchtlichen Effizienzeinbussen verbunden. Und so wird auch nach Ansicht der meisten Experten am einfachsten ein nachhaltiger Effekt erzielt. Und last but not least: Verschiedene Experten fordern von der öffentlichen Hand, dass sie in ihrem Bereich (öffentliche Gebäude, Schwimmbäder, Wasserversorgung usw.) eine Vorbildfunktion wahrnehme.

### **Exkurs zum Wirkungsmechanismus**

Beim Design einer Kampagne zur Förderung von effizienten Elektroantrieben muss im Übrigen der grundsätzliche Wirkungsmechanismus beachtet werden, wenn aus Betriebsoptik grundsätzlich nur wirtschaftliche Massnahmen getroffen werden sollen. Dies bedeutet, dass man beispielsweise einen alten Motor durch einen etwas teureren effizienteren Motor nur dann ersetzt, wenn ohnehin ein Ersatz ansteht. Oder eine energetische Optimierung eines Prozesses nur anlässlich einer aus andern Gründen notwendigen Prozessanpassung durchgeführt wird. Mit andern Worten: Die Wirkung einer Kampagne soll dann eine technische Veränderung bringen, wenn ohnehin etwas passiert. Dann soll auch über die Energie nachgedacht werden und all das, was in einem vernünftigen Rahmen wirt-

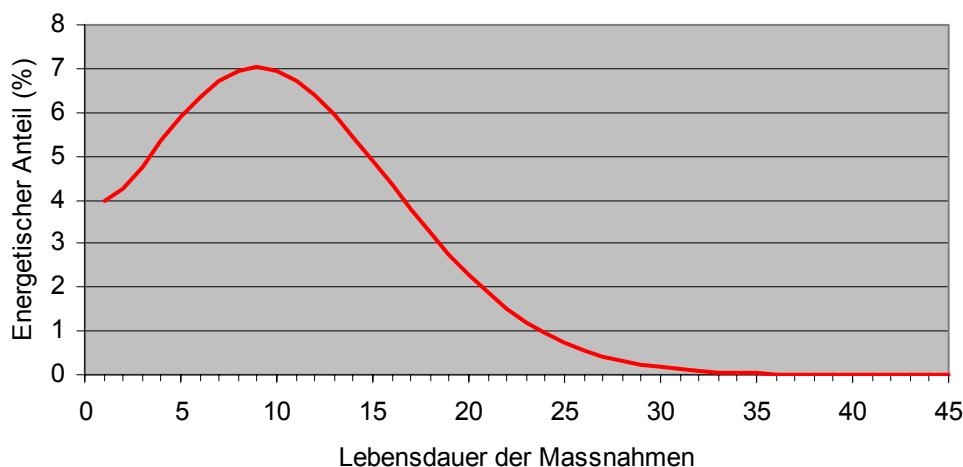
---

<sup>10</sup> In diesem Zusammenhang ist auch das Check-up-Tool der EnAW zur Grobanalyse von Energiesparmöglichkeiten zu erwähnen, welches leicht und schnell mit "Motoren-Know-how" ergänzt werden könnte.

schaftlich ist, soll auch gemacht werden.<sup>11</sup> Dies bedeutet aber, dass Sparpotenziale nur im Laufe eines grösseren Zeitraumes realisiert werden können, nämlich passend zur (energetisch gewichteten) Lebensdauerverteilung der relevanten technischen Anlagen.

Eine Kampagnen-induzierte Sparanstrengung wirkt nur während der Lebensdauer der getroffenen Massnahme: Wenn nach Auslaufen der Massnahme nicht wieder neu dafür gesorgt wird, dass eine Zusatzanstrengung passiert, wird man die "dann technisch übliche Normalmassnahme" wählen, also das Sparpotenzial nicht mehr (oder nur zu einem kleinen Teil) ausschöpfen.<sup>12</sup>

In Abbildung 6-3 ist die von uns im elektromotorischen Bereich unterstellte generische Verteilung der Lebensdauern der Massnahmen dargestellt. Die Abbildung ist wie folgt zu lesen: Etwa 4 Prozent des Energieverbrauchs können durch wirtschaftliche Massnahmen beeinflusst werden, die nur 1 Jahr wirken (typischerweise Einstell- und/oder Regulierungsvorgänge, die periodisch wiederholt werden müssen). Oder etwa 7 Prozent des Energieverbrauchs können durch Massnahmen beeinflusst werden, die 9 Jahre lang wirken. Verbindet man nun diese Lebensdauerverteilung mit den Sparpotenzialen (vgl. Kapitel 4), so ergibt sich im Zeitablauf gegenüber einer Referenzentwicklung eine Ausschöpfung gemäss Abbildung 6-4. Die grüne Linie zeigt den Fall, bei dem eine fortwährende Kampagnenwirkung angenommen wird, die rote Linie zeigt den Fall, bei dem nach vier Jahren die Kampagne bzw. ihre Wirkung aufhört.

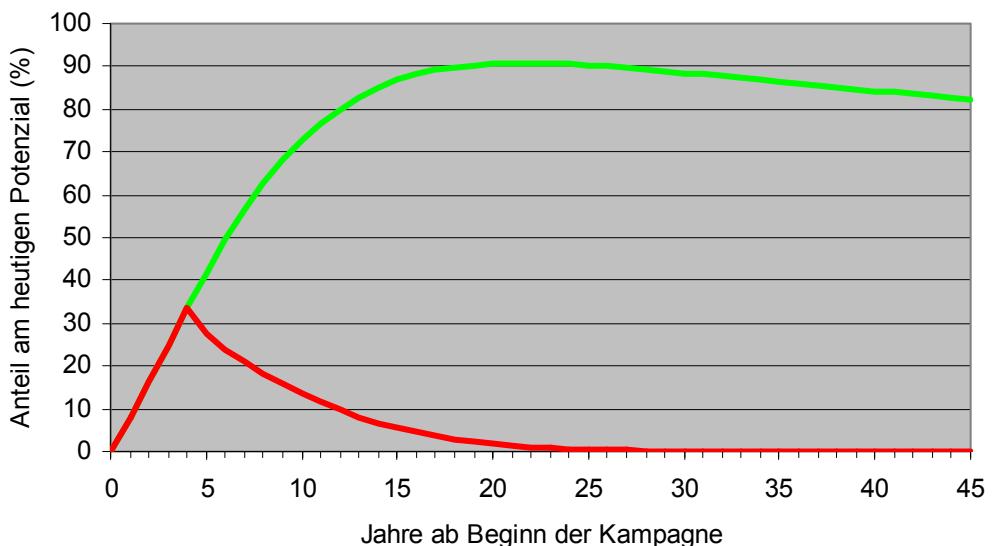


**Abbildung 6-3:** Angenommene energetische Verteilung der Lebensdauern von Sparmaßnahmen im elektromotorischen Bereich (sämtliche Massnahmentypen). Die Anteile beziehen sich auf Jahrestranchen.

---

<sup>11</sup> Ein Experte sprach in diesem Zusammenhang treffend vom Energiesparen als vom "Vermeiden von verpassten Gelegenheiten".

<sup>12</sup> Dies gilt sogar für Vorschriften. Am Beispiel der technischen Vorschriften der Luftreinhalteverordnung und ihrer Vorgänger kann man dies eindrücklich zeigen (Basics 2001): Sobald ein Vorschrift "eingefroren", d.h. nicht mehr verstärkt wird, dann fällt die Entwicklung allmählich auf den technologischen Referenzpfad zurück, soweit nicht weitgehend irreversible Massnahmen getroffen wurden (etwa im LRV-Kontext der Ersatz einer Ölheizung durch eine Gasheizung, wenn damit eine Umnutzung des Tankraumes einherging) oder der technologische Referenzpfad durch die Vorschrift selbst verändert wurde (was aber schwierig nachzuweisen ist).



**Abbildung 6-4:** Maximale Ausschöpfung des heutigen Sparpotenzials im Zeitablauf (generische Kohortenrechnung mit dem Industriemodell von Bascis gemäss energetischer Lebensdauerverteilung der Massnahmen nach Abbildung 6-3). Die grüne Linie zeigt die Ausschöpfung des Potenzials bei permanent wirkender Kampagne, die rote Linie bei einem Stopp der Kampagne nach vier Jahren. Aufgetragen ist der Unterschied zur Referenzentwicklung.

Im Sinne der oben skizzierten Vorüberlegung verschwindet dann allmählich die Wirkung der Kampagne bis sie nach 15 bis 20 Jahren kaum mehr nachweisbar ist. Von daher muss man sich bewusst sein, dass jede zeitlich beschränkte Kampagne gegenüber einer Referenzentwicklung immer nur eine vorübergehende Wirkung entfalten kann. Diese Aussage ist grundsätzlich unabhängig von der Stärke der Kampagne, je grösser diese jedoch ist, desto eher entspricht die resultierende Ausschöpfung der obigen Figur.

Dass selbst bei anhaltender Kampagnenwirkung das heutige Potenzial auch asymptotisch nicht vollständig ausschöpft werde kann, hat damit zu tun, dass der technische Fortschritt die heutigen Potenziale – wenn auch langsam – reduziert. Wenn man so will: Alles was nicht heute, sondern erst in Zukunft geschieht misst sich an einer autonom sich energetisch verbesserten Referenzentwicklung, wodurch die heutigen Potenziale in der Zeit schrumpfen.

Schliesslich muss hier noch betont werden, dass der tatsächliche Effekt von Förderinstrumenten zum Energiesparen deutlich geringer als erwartet sein kann. So hat beispielsweise ECOPLAN die Effekte von 13 verschiedenen Massnahmen der öffentlichen Hand in Bezug auf die Realisierung von Energieinvestitionen in der Industrie bei 42 Unternehmen fragebogenbasiert auf statistische Wiese untersucht (Ecoplan 1998, S. 15 -17) und kaum einen statistisch signifikanten Einfluss gefunden. Allerdings: Bei dieser Untersuchung wurde eine damals übliche "Dosierung" der Instrumente unterstellt, wogegen heute angesichts der (noch immer möglichen) CO<sub>2</sub>-Abgabe und der damit verbundenen EnAW-Aktivitäten, von Klimarappen, CO<sub>2</sub>-Zertifikation, Effizienztarifen usw. eine doch deutlich andere Ausgangslage besteht, d.h. deutlich wirksamere Instrumente im Spiel sind bzw. sein könnten.

## **Dank**

Zum Schluss möchten wir dem Auftraggeber, den befragten Experten und Industrievertretern sowie ganz besonders den geduldigen Interviewern für ihre Unterstützung herzlich danken. Ohne ihren Beitrag wäre der vorliegende Bericht nicht möglich gewesen.

Die Autoren

## Referenzen

- de Almeida et al. (2000a), ISR - University of Coimbra, im Auftrag der EU-Kommission, Generaldirektion Energie und Transport, Improving the Penetration of Energy - Efficient Motors and Drives, 2000
- de Almeida et al. (2000b), ISR - University of Coimbra, im Auftrag der EU-Kommission, Generaldirektion Energie und Transport, Variable Speed Drives for Electric Motor Systems
- Basics (1997): Förderbeiträge aus dem Strompreiszuschlags-Fonds: Energetische Wirksamkeit und Verteilpolitik, Amt für Energie und technische Anlagen des Kantons Basel-Stadt
- Basics (1998): Effizienz energie- und umweltpolitischer Massnahmen: Querschnittsvergleich verschiedener Massnahmenansätze, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern
- Basics (1999): Energie-Contracting in der Schweiz, Ausgestaltung – Wirkungen – Marktpotentiale, Bundesamt für Energie, Bern
- Basics (2001a): Evaluation der energetischen Wirkungen der Luftreinhalteverordnung unter der Berücksichtigung von unterschiedlichen Vollzugsmodellen der Feuerungskontrolle, Bundesamt für Energie und
- Basics (2001b): Machbarkeitsstudie Datenerhebung im Elektrizitätsbereich, Bereich Industrie, Bundesamt für Energie, Bern
- Basics (2001c): Technologiedatenbank für schweizerische Industrieprozesse: technische, energetische und ökonomische Daten, Paul-Scherrer-Institut, Würenlingen
- Basics (2006): Erarbeitung von Energieperspektiven für die Industrie bis 2035/2050, differenziert nach Branchen, Prozessen und Anwendungsfeldern, Bundesamt für Energie, Bern (in Vorbereitung)
- BFE (2006): Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor, Resultate 2002 bis 2004, Bern
- BHP (1999): Effiziente Energienutzung: Investitionspraxis in der Industrie, Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie, Bern
- Brunner C. (2006): Zulassungbeschränkungen für Elektromotoren, Diskussionspapier
- EBP und Infras (2003): Förderung von Energieeffizienz in Unternehmen, Förderinstrumente mit und ohne Bezug auf Umweltmanagementsysteme
- ECOPLAN (1998): Investitionsentscheide und Energiesparoptionen: Umfrage zu Hemmnissen und Einflussfaktoren, Zusammenfassung mit Schwerpunkt Schweiz, in: Ecoplan: Method for Integrated evaluation of benefits, costs and effects of programmes for promoting energy conservation, Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie, Bern
- ISI (1999): Massnahmen zur Förderung der rationellen Energienutzung bei elektrischen Antrieben
- de Keulenaer H. et al. (2005): Energy Efficient Motor Driven Systems, in: Radgen P. (Ed., 2005): Conference Proceedings, Volume I und II, eemods 05, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
- S.A.F.E. (2001): Energieeffizienz bei Elektrogeräten, Wirkung der Instrumente und Massnahmen
- Rigassi R. et al. (2005): Technologie-Monitoring, Weitere Bereiche – Vertiefungen; Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie, Bern
- Kubr T. et al. (1998): Planen, gründen, wachsen - Mit dem professionellen Businessplan zum Erfolg, McKinsey&Company, Zürich
- Schnyder G. (2004): Industrievereinbarung im Effizienzbereich Motoren (eff1, eff2, eff3), Bundesamt für Energie, Programm Elektrizität, Bern



## Anhang 1

Auf den folgenden Seiten wird der für die Befragung von Industrievertretern verwendete Fragebogen (Langform) dargestellt. Gegenüber dem effektiv verschickten Dokument ist er hier layoutmässig etwas verkürzt dargestellt. Die Kurzform des Fragebogens unterscheidet sich von der Langform inhaltlich nur um drei Punkte: Erstens wurde auf die tabellarische Frage zur Motorenausstattung zugunsten einiger summarischer Fragen verzichtet, zweitens wurde bei der Abfrage der Wichtigkeit verschiedener Sparthemen auf die branchenbezogene Einschätzung verzichtet und drittens wurde die Kreuztabelle über die Ansatzpunkte einer möglichen Kampagne gegen Zielpersonen zugunsten einer Abfrage der Randhäufigkeiten vereinfacht.

### 1. Einführung

Zweck der Befragung: In der Schweiz wird das technisch-ökonomische Sparpotenzial bei Elektroantrieben im Industriesektor auf weit über 20 Prozent geschätzt. Aber selbst der klar wirtschaftliche Teil dieses Potenzials wird kaum ausgeschöpft. Die Gründe hierfür sind nach verschiedenen Untersuchungen vielfältig; sie reichen vom geringen Stellenwert der Energiekosten, über buchhalterischer Probleme, zum reinen Nichtwissen, bis hin zum bewussten Vorziehen lukrativerer oder stärker im Kerngeschäft angesiedelter Investitionen. Um dennoch die wirtschaftlichen Sparpotenziale bei Elektroantrieben mit Blick auf die energie- und umweltpolitischen Zielsetzungen der Schweiz besser ausschöpfen zu können, hat das Bundesamt für Energie beschlossen, im Rahmen von **EnergieSchweiz** eine **mehrjährige Kampagne zur Förderung effizienter Elektroantriebe in der Industrie** durchzuführen.

Die Beratungsfirma Basics AG hat vom Bundesamt für Energie (BFE) den Auftrag erhalten, die ökonomischen Grundlagen zum optimalen "Design" dieser Kampagne zu erarbeiten. Ein Schwerpunkt macht dabei eine Befragung von Industrievertretern (Technische Leiter, Energiebeauftragte u.ä.) aus.

...

Ihre Antworten werden **absolut vertraulich** behandelt: Die Berichterstattung gegenüber dem Auftraggeber wird keine Rückschlüsse auf die Quelle individueller Antworten zulassen.

...

Für Ihre wertvolle Mitarbeit möchten wir Ihnen zum Voraus ganz herzlich **danken**.

### 2. Angaben zum Gesprächspartner

- (2.1) Gesprächspartner: Name, Vorname: .....
- (2.2) Unternehmen: .....
- (2.3) Postadresse: .....
- (2.4) Funktion des Gesprächspartners im Unternehmen: .....
- (2.5) Telefon: .....
- (2.6) Mail: .....

### 3 Allgemeine Informationen zu Ihrem Unternehmen

- (3.1) Welches ist die (ungefähre) Anzahl Beschäftigter in Ihrem Unternehmen?  
..... (Anzahl)

Bemerkung: Bei einer komplexen Unternehmensstruktur bezieht sich die Frage auf einen sinnvollen Unternehmensteil, der sich stichwortartig wie folgt charakterisieren lässt:

- ..... (Stichworte)

- (3.2) Welches ist der Anteil der Energiekosten an den gesamten Produktionskosten?  
..... (Prozent)

Bemerkung: Wenn man sich bei Frage (3.1) nur auf einen Unternehmensteil bezogen hat, dann sollte sich die Antwort auf Frage (3.2) auf den gleichen Unternehmensteil beziehen.

- (3.3) Denken Sie im Anlagenbereich an die realisierten Investitionen in Ihrer Unternehmung der letzten fünf bis zehn Jahre. Wie sind in Ihrem Unternehmen diese Investitionen nach den folgenden Kategorien aufzuteilen:

Investitionskategorie	Anteil (Prozente, grobe Schätzung)
Energie bzw. Energiekosten waren ohne Bedeutung bei Investitionsplanung und Entscheidung	
Energie bzw. Energiekosten hatten eine kleine aber doch berücksichtigte Bedeutung bei den Investitionsentscheiden	
Energie bzw. Energiekosten hatten eine grössere oder gar zentrale Bedeutung bei den Investitionsentscheiden	
Energie bzw. Energiekosten waren der Auslöser des Investitionsentscheides	
Total	100 %

- (3.4) Welches ist in Ihrem Unternehmen eine typische Payback-Zeit, die in der Regel erreicht oder unterschritten werden muss, damit eine Energiesparmassnahme verwirklicht wird?

..... (Jahre und Monate)

### 4 Ausstattung mit Elektromotoren

Die untenstehende Tabelle (4.3) bezieht sich **entweder** auf die Unternehmung / Betrieb gemäss Fragen (3.1) und (3.2) **oder** auf eine gut überschaubare, typische Einheit Ihrer Unternehmung / Ihres Betriebes.

- (4.1) Die Angaben beziehen sich auf die Unternehmung gemäss Fragen (3.1) und (3.2), ja oder nein:  
.....

- (4.2) Wenn "nein": Bitte stichwortartig die ausgewählte Betriebseinheit charakterisieren:  
.....

- (4.3) Bitte füllen Sie die folgende Tabelle für Ihr Unternehmen / Ihren Betrieb bzw. die ausgewählte Betriebseinheit aus. Bitte beziehen Sie Ihre Angaben auf alle Motoren, die am Elektrizitätsnetz angeschlossen sind (Schätzungen genügen).

Leistungs- bereich	Anzahl	Durchschnittl. Laufzeit (Stunden pro Jahr)	Betriebsart (1 = Kurzzeitbetrie b, 2 = Dauerbetrieb, 3 = gemischt)	Anzahl drehzahl- regulierter Motoren	Teillast (1 = kaum, 2 = zumeist, 3 = gemischt)
0 – 0.75 kW					
0.75 – 7.5 kW					
7.5 – 37 kW					
37 – 75 kW					
75 – 375 kW					
> 375 kW					

- (4.4) Der durchschnittliche jährliche Energieverbrauch aller dieser Motoren beträgt:  
..... (kWh)
- (4.5) Verfügen Sie über einen Vorrat von Ersatzmotoren? Wenn ja, für welche Typen und ungefähre Anzahl.  
Typen: ..... (Stichworte)  
Anzahl: .....
- (4.6) Distributionskanäle: Bitte schätzen Sie (ganz grob) den Anteil jener Motoren in Tabelle (4.3), die Sie integriert in eine Anlage erworben haben:  
..... (Prozent)
- (4.7) Angenommen, Sie müssten einen Motor aus technischen und / oder betrieblichen Gründen ersetzen: An wen wenden Sie sich? Bitte schätzen Sie ganz grob eine prozentuale Aufteilung:

Kontakt	Anteil (in Prozenten)	davon in CH (in Prozenten)
Motorenhersteller		
Motorenhändler		
Anlagenhersteller		
Externer Ingenieur (Dritter)		
Anderer:		
Total	100 %	-

## 5 Sparthemen

- (5.1) Welche Energiesparthemen sind für Sie wichtig? Bitte geben Sie ganz grundsätzlich die Bedeutung der verschiedenen Massnahmengruppen für Ihren Betrieb (bzw. die oben charakterisierte Betriebseinheit) für die **kommenden fünf Jahre** an. Von grossem Nutzen ist für uns auch Ihre Einschätzung für Ihre Branche als Ganzes.

Verwenden Sie bitte die folgende Skala: 1 = keine Bedeutung, 2 = minimale Bedeutung, 3 = kleine Bedeutung, 4 = mittlere Bedeutung, 5 = grosse Bedeutung, 6 = sehr grosse Bedeutung.

Massnahmengruppe	Typische Einsparpotenziale für Elektrizität	Bedeutung für die kommenden fünf Jahre für ...	
		Ihren Betrieb oder Betriebsteil	die Branche als Ganzes
Rückgewinnung der mechanischen Prozessenergie bei speziellen Antrieben (wie Zentrifugen; Aufzügen usw.)	10 – 50 %		
Energetische Optimierung von ganzen Prozessen (z.B. Dimensionierung von Ventilationssystemen, Rohrleitungen, Vermeidung von Leckagen bei Kompressionen usw.)	5 – 50 %		
Anpassung des Betriebes der Anlage an tatsächlichen Bedarf: Abschalten bei Nichtgebrauch, Drehzahlregulierung mit Frequenzumrichter usw.	15 – 40 %		
Wirkungsgradverbesserungen bei Arbeitsmaschinen (Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren usw.)	2 – 20 %		
Richtige Dimensionierung von Motoren und Antriebsmaschinen	6 – 9 %		
Wirkungsgradverbesserungen bei Motoren	1 – 9 %		
Minimierung der mechanischen Verluste im System, Wartung	3 – 7 %		
Wirkungsgradverbesserungen bei der Kraftübertragung (Riemen, Getriebe)	3 – 7 %		
Optimierung der Stromversorgung	1 – 5 %		

- (5.2) Wie hoch schätzen Sie in Ihrem Betrieb (bzw. Betriebsteil) aus heutiger Sicht das gesamte technisch-ökonomische Sparpotenzial für die Elektrizität ein? "Technisch-ökonomisch" heisst: Die Sparmassnahmen würden sich während der Lebensdauer der Anlage(n) gerade rechnen.

..... (Prozent des elektrischen Gesamtverbrauchs)

## 6 Ansatzpunkte für die Kampagne

- (6.1) Für eine Sparkampagne gibt es ganz verschiedene Ansatzpunkte. In der folgenden Tabelle sind typische Instrumente verschiedenen Zielgruppen gegenüber gestellt. Bei welchen Kombinationen sehen Sie für eine Kampagne zur Förderung von effizienten Elektroantrieben die grössten Wirkungen?

Verwenden Sie bitte die folgende Skala: 1 = keine Wirkung, 2 = minimale Wirkung, 3 = kleine Wirkung, 4 = mittlere Wirkung, 5 = grosse Wirkung, 6 = sehr grosse Wirkung.

Ansatzpunkte für Kampagne: Mögliche Instrumente	Technisch e Leitung	Betrieb / Unterhalt	Technisch e Planung	Einkauf	Managem ent
Motivation					
Information					
Aus- und Weiterbildung					
Analyseinstrumente					
Beratungsleistungen					
Vereinbarungen / Verpflichtungen (Energieagentur der Wirtschaft u. a.)					
Andere:					

- (6.2) Was wäre Ihrer Meinung nach der erfolgsversprechendste **Einstieg** für die Kampagne bei den Unternehmen?

Verwenden Sie bitte die folgende Skala: 1 = kein Erfolg, 2 = minimaler Erfolg, 3 = kleiner Erfolg, 4 = mittlerer Erfolg, 5 = grosser Erfolg, 6 = sehr grosser Erfolg.

Einstiegsaktivität	Erfolg
Verfassen von Fachartikeln, Presseartikeln Flyers, Prospekten, Best-practice-Broschüren, Aufschalten eines Internetportals usw.	
Durchführung von Wettbewerben, Ausstellungen	
Bereitstellen eines einfachen EDV-Instrumentes zur groben Potenzialabschätzung	
Anbieten einer kostengünstigen Initialberatung (ev. gratis)	
Bereitstellen von ingeniermässigen Analyseinstrumenten (Optimierungshilfen etc.)	
Anbieten von Elektrizitätsspartarifen* oder anderen Boni	
Ankoppeln an andere laufende oder geplante Aktivitäten	
Andere:	

\* so genannte Effizienztarife; nachprüfbare Elektrizitätseinsparungen werden von den EVU's mit günstigeren Elektrizitätstarifen belohnt

- (6.3) Was sollte aus Ihrer Sicht im Rahmen der Kampagne zum Stromsparen bei Elektroantrieben **ganz sicher gemacht** werden:

.....

- (6.4) Was sollte aus Ihrer Sicht im Rahmen der Kampagne zum Stromsparen bei Elektroantrieben **ganz sicher nicht gemacht** werden:

.....

## 7 Allgemeine Bemerkungen

- (7.1) Wenn Sie Anregungen, Bemerkungen allgemeiner Art haben, oder wenn Punkte nicht zu Sprache kamen, die unbedingt zu berücksichtigen wären, dann geben Sie bitte je ein paar Stichworte:

.....

**Nochmals ganz herzlichen Dank für Ihren wertvollen Beitrag!**

## Anhang 2

### Befragte Experten

Aebischer, Bernard, Dr., CEPE  
Brunner, Conrad. U., Büro CUB  
Bürki, Thomas, Dr. Bürki GmbH  
Burri, Hans-Jörg, ATB AG (früher Flender AG)  
Bush, Eric, Dr. Bush-Energie  
Daniel, Peter, Infras  
Gamma, Richard, Dr. SGCI  
Gloor, Rolf, Gloor Engineering  
Hofer, Peter, Prognos  
Hug, Florian, EWZ  
Kuster, Jürg, Dr. BHP AG  
Leumann Felix, Leumann & Uhlmann AG  
Mazenauer Peter, ABB  
Muggli, Christoph, Dr. EnAW  
Müller, Walter, SWISSMEM  
Nipkow, Jürg, ARENA  
Suter, Harry, HS-Antriebssysteme  
Stierli, Thomas, Leumann & Uhlmann AG  
Tanner, Roland, Dr. Semafor  
Weisskopf, Thomas, Weisskopf und Partner  
Lang, Thomas, K.M. Marketing AG  
Peter, Daniel, Infras