Maßnahmen zur Förderung der rationellen Energienutzung bei elektrischen Antrieben

Endbericht zum Forschungsauftrag 19/98
an das Bundesministerium für Wirtschaft

Kurzfassung

Dipl.-Phys. Jürgen Reichert
Dipl.-Volksw. Joachim Schleich, Ph.D
Dipl.-Ing. Gerhard Herzer
Dr. Ekkehard Tönsing

Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe

gemeinsam mit

Dipl.-Phys. Ursula Rath
Dipl.-Phys. Rosemarie Hellmann

ebök
Ingenieurbüro für Energieberatung,
Haustechnik und ökologische Konzepte GbR
Reutlingerstr. 16
72072 Tübingen

Mai 1999

1 Aufgabenstellung

Der Einsatz von Elektromotoren verursacht knapp 60 % des Stromverbrauchs in Deutschland. Selbst relativ geringe prozentuale Einsparungen führen daher zu beachtenswerten absoluten Stromeinsparungen und entsprechenden Reduktionen der CO_2–Emissionen.

Aufgabe der vorliegenden Studie für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) war es, aufbauend auf einer detaillierten Marktstrukturanalyse, ausländischen Erfahrungen sowie Gesprächen mit den relevanten Akteuren, **Maßnahmen zu identifizieren und vorzuschlagen**, die zur rationelleren Energieverwendung in Motoren und Antrieben führen können.

2 Ist-Situation und Sparpotentiale

Anhand von Literaturrecherchen wurde für den Bereich des Produzierenden Gewerbes zunächst der **Bestand und der Stromverbrauch von Elektromotoren** untersucht und zusammengestellt. **Einsparpotentiale** ergeben sich durch drei technische Maßnahmen:

- Erhöhung des Motorwirkungsgrades durch energieeffiziente Motoren (EEMs) (im Schnitt 3 %),
- Einsatz von elektronischer Drehzahlregelung (VSD) (im Schnitt 25 %),
- Optimierung des Gesamtsystems (25-80 % je nach Anlage).

Bei diesen Angaben handelt es sich um technische Einsparpotentiale, und die Prozentsätze sind nicht additiv.

Allein durch die ersten zwei Maßnahmen ergeben sich erhebliche Einsparpotentiale mit einem bemerkenswert **hohen wirtschaftlichen Anteil** des technischen Potentials. Besonders durch Systemoptimierungen sind sehr hohe Einsparungen erreichbar, jedoch sind diese Potentiale sehr viel schwerer zu quantifizieren und auch auszuschöpfen, da sie praktisch über die gesamte technische Anwendungsbreite der Motoren verstreut sind. Eine genauere Analyse dieser System-Einsparpotentiale war angesichts des extrem breiten Anwendungsfelds für Elektromotoren im hier gestellten Aufgabenumfang nicht möglich. Die diesbezügliche Diskussion erfolgte daher nur insoweit, als Aussagen zur Effizienz des Gesamtsystems aus den verwendeten Quellen ableitbar waren.
Die folgende Tabelle vermittelt eine Vorstellung von der Größenordnung der Stromsparpotentiale sowie der damit verbundenen Kohlendioxidemissionen, die durch **energieeffiziente Motoren** allein zu erreichen sind.

Deutschland 1996	PJ	TWh	Mio. t CO_2	%
Primärenergieverbrauch	14742		909	100,0
Stromverbrauch	1659	461	252	27,7
Motoren	962	267	146	16,1
Motoren (ohne Haushalte u. Verkehr)	830	230	126	13,9
Technisches Potential	112	31	17	1,9
Wirtschaftliches Potential	65	18	10	1,1

Aus Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für EEMs läßt sich ableiten, daß

- die möglichen Einsparungen durch EEMs je nach Leistungsklasse der Motoren bei 1 % (>75kW) bis 20 % (<0,1 kW) liegen,
- ein EEM ca. 15–30 % höhere Investitionskosten als ein durchschnittlicher Standardmotor aufweist,
- die Investitionskosten für Motoren in Relation zu den Stromkosten über die durchschnittliche Motorstandzeit gering sind,
- ca. 85 % des technisch möglichen Einsparpotentials mit Amortisationszeiten von weniger als 3 Jahren realisierbar sind.

Bei der **Drehzahlregelung** (VSD) liegt das technische Einsparpotential für den industriellen Sektor bei ca. 10 %, und das wirtschaftliche Potential bei ca. 5 %.

Für das produzierenden Gewerbe haben energieeffiziente Motoren und Drehzahlregelung zusammen ein geschätztes technisches Sparpotential von 13 % und ein wirtschaftliches von 8 % am motorisch bedingten Stromverbrauch.

Im Bereich Haushalte und öffentliche Gebäude sind knapp 40 % des Stromverbrauchs (etwa 62 von rd. 165 TWh) motorisch bedingt. Bei den hier üblichen kleineren Motorentypen kann von einem technischen Sparpotential durch EEM in Höhe von 10 % (6 TWh) ausgegangen werden, das aufgrund der im Vergleich zum Industriesektor hohen Strompreise meist auch wirtschaftlich ist. Durch drehzahlgeregelte Motoren sind weitere ca. 10 % (6 TWh) am Haushaltsstromverbrauch einzusparen. Schließlich dürfte durch Systemoptimierung zusätzlich rd. 25 % (15 TWh) Verbrauchsverringerung zu erreichen sein. Bei den Angaben für den Haushaltssektor wird von einer längeren Rückzahlzeit ausgegangen als für den Industriesektor üblich.

3 Marktstruktur

Deutsche Hersteller produzieren etwa ein Drittel der Elektromotoren innerhalb der Europäischen Union, wobei ca. 50 % exportiert werden. Die Branche ist durch einen starken nationalen und internationalen Preiswettbewerb geprägt, der einer zügigen Durchdringung des Marktes mit energieeffizienten Motoren entgegensteht.

Die **Marktstruktur** im Bereich Elektromotoren ist sehr komplex, und nur etwa 15 % der Produktion gelangt direkt oder über den Handel an die Endabnehmer. Da etwa 50 % der deutschen Motorenproduktion an Komponentenhersteller und weitere 30 % an Maschinen- und Anlagenhersteller gehen, ist für den Großteil der Endabnehmer die Art des eingebauten Motors nur begrenzt wahrnehmbar. Komponenten und Anlagenhersteller sind zudem eher an günstigen Einkaufspreisen und einer hohen Zuverlässigkeit (wegen eventuell zu erbringender Garantieleistungen) interessiert, als an Energieeffizienz.

Motorenhersteller verdienen an EEMs nicht mehr als an Standardmotoren, und die erzielbaren Stückzahlen sind derzeit noch zu klein, als daß durch Massenfertigung eine Stückkostendegression zu erzielen ist.

Da EEMs für Weiterverkäufer und Reparaturwerkstätten keine höhere Gewinnspanne aufweisen als Standardmotoren, und da sich die Lagerhaltung wegen geringer Nachfrage nicht lohnt, kommen auch aus diesen Bereichen keine großen Impulse für den Einsatz von EEMs.

Für Endanwender ist der Motor meist nur eine Komponente innerhalb der gewünschten Anlage oder des Gerätes, und sie fragen trotz betriebswirtschaftlicher Vorteilhaftigkeit EEMs kaum nach. In der Regel stellen Anschaffungskosten das Hauptkriterium dar, bzw. es wird derselbe Motor wie das Vorgängermodell – oder zumindest vom selben Hersteller - gekauft.

4 Marktbeschränkungen

Die *komplexe Marktstruktur* trägt wesentlich dazu bei, daß vorhandene wirtschaftliche Sparpotentiale bei Motoren nicht realisiert werden. Zwischen Herstellern und Endabnehmern besteht in der Regel kein direkter Informationsfluß, und sie verfügen außerdem über unterschiedliche Informationen und Zielvorstellungen: diejenigen, die die Technologie herstellen oder auswählen (Geräte- oder Anlagenhersteller, Planer), tragen nicht die entstehenden Betriebskosten (*Investor-Nutzer Dilemma*). Dies führt zu Investitionsentscheidungen, die weder volks- noch betriebswirtschaftlich optimal sind. Im Bericht werden weitere derartige **Marktbeschränkungen** im Bereich Elektromotoren identifiziert und systematisiert.

Aus rein volkswirtschaftlicher Sicht werden zu wenige EEMs gekauft, da die durch den Energieverbrauch eines Motors verursachten Umweltschäden (*Externalitäten*) im Investitionskalkül keine Rolle spielen. Da alle Unternehmen von Informationen über EEMs und deren Anwendung profitieren, die Bereitstellung dieser Informationen aber mit Kosten verbunden ist, die nicht von allen getragen werden, kann es zu einer Unterversorgung an solchen Informationen kommen (*Information als öffentliches Gut*). Neben ausreichenden Informationen zu speziellen Anwendungsbereichen von EEMs, ist gerade bei kleineren Unternehmen und Haushalten häufig ein Mangel an Kenntnissen über Energiekosten, vorhandenen Technologien, oder erreichbaren Sparpotentialen festzustellen (*Informations- und Transaktionskosten*). Oft werden Investitionsentscheidungen auch trotz ausreichend vorhandener Informationen nicht rational getroffen, da das Entscheidungsproblem so komplex ist, daß sich die Entscheidungsträger eher an Anschaffungskosten, Lieferzeiten, Vorgängermodell oder Amortisationszeiten orientieren (*begrenzte Rationalität*) statt an den gesamten im Laufe der Nutzungsdauer eines Motors anfallenden *Lebenszykluskosten*. Gerade bei kleineren Unternehmen sowie öffentlichen und privaten Haushalten herrscht zudem das Problem, daß die investiven Mittel begrenzt und trotz gegebener Wirtschaftlichkeit nicht adäquat zur Verfügung stehen (*Kapitalknappheit*). Im öffentlichen Sektor behindert zudem *das kameralistische Rechnungswesen* betriebswirtschaftlich sinnvolle Investitionsentscheidungen. Weitere Marktbeschränkungen bestehen darin, daß *Unsicherheit* über die zukünftige Entwicklung der Energiepreise lediglich zu Investitionen mit geringer Kapitalbindung führt, daß Planer, die im Grunde über ausreichende Informationen zur energetischen Optimierung ihrer Anlagen verfügen, keine *adäquaten finanziellen Anreize* zu deren Realisierung haben, und daß aufgrund von *Lagerhaltungskosten* Lieferanten selten verlangte EEMs nicht vorhalten, Käufer hingegen kurze Lieferzeiten fordern (Henne-Ei Problem).

Staatliche Interventionen, die diese Beschränkungen überwinden, sind dann gerechtfertigt, wenn ihre Implementierung mit geringeren gesamtwirtschaftlichen Kosten verbunden ist als der durch die Marktbeschränkungen verursachte Schaden. Solche ökonomisch effizienten staatlichen Eingriffe, die die gesamtwirtschaftliche Ressourcenallokation verbessern, gilt es zu finden.

5 Strategiediskussion

Es werden Maßnahmen diskutiert und analysiert, die potentiell geeignet sind, die besprochenen Marktbeschränkungen für den Einsatz energieeffizienter Motoren abzubauen. Internationale Erfahrungen mit diesen Instrumenten werden - soweit vorhanden – zur Bewertung der Maßnahmen herangezogen.

Informationsmaßnahmen

Grundlegende Voraussetzung für eine Realisierung der vorhandenen Energiesparpotentiale ist ein Abbau der Informationsdefizite und die Senkung der Informationskosten für alle Marktakteure. Informationsmaßnahmen (z. B. gezielte Broschüren, Demonstrationsprojekte, Aus- und Fortbildung, Energy Audits) sind daher wichtige Bausteine zur Optimierung der Ressourcenallokation. Die beste Wirksamkeit von Informationsmaßnahmen ist bei Paketlösungen gegeben, die möglichst viele der Akteure und auf allen Ebenen – vom Hersteller bis zum Verbraucher - ansprechen. Informationsmaßnahmen sind aber auch unabdingbar bei der Durchführung anderer Maßnahmen, um eine Marktwirkung anzustoßen oder zu verbreitern. Erfahrungen aus Nordamerika zeigen insbesondere, daß dafür unter Umständen zusätzliche finanzielle Anreize unabdingbar sind.

Labelling

Labelling oder Kennzeichnungssysteme können wesentlich zur Verbesserung der Informationsbasis der Abnehmer beitragen. Labels können sowohl freiwillige Angaben von Herstellerseite wie auch verpflichtende Angaben entsprechend einer staatlichen Vorgabe sein. Die Wirksamkeit von Labelling erhöht sich, wenn es mit anderen geeigneten Maßnahmen kombiniert wird.

Effizienzstandards

Von staatlicher Seite festgelegte Standards sind ebenfalls ein längerfristig wirksames Instrument, da eine adäquate Vorlaufzeit zur Ankündigung dienen muß. Hierdurch können z. B. die ineffizientesten Motorentypen aus dem Markt genommen werden wie dies in den USA mit Erfolg praktiziert wurde. Standards können mit ihrer Manifestierung des technischen Status quo allerdings auch zu einem Hemmnis für den technischen Fortschritt werden und setzen keine Preissignale.

CO_2- oder Energiesteuer

Volkswirtschaftlich wäre die Erhebung von Steuern in Höhe der durch den Energieeinsatz entstehenden externen Kosten optimal. Sie setzen adäquate Preissignale und bieten prinzipiell Innovationsanreize für die Verwendung energieeffizienter Technologien. Außerdem verfügt der Staat durch die Steuereinnahmen über zusätzliche finanzielle Mittel, mit denen weitere Anreize geschaffen werden können. Problematisch ist jedoch die Ermittlung der tatsächlich entstehenden externen Kosten sowie ein möglicher Verlust der internationalen Wettbewerbsfähigkeit energieintensiver Industriezweige. Die im Rahmen der Steuerreform am 1. April 1999 in Kraft getretenen Energiesteuersätze werden als zu gering erachtet, um entscheidende Impulse für einen rationelleren Energieeinsatz zu geben. Die Diskussionen um ihre Einführung machen gleichzeitig deutlich, wie wichtig vorbereitende und begleitende Informationskampagnen sind.

Zuschüsse
Finanzielle Zuschüsse zum Kauf von EEMs durch Energieversorgungsunternehmen (EVUs) oder den Staat können Kapitalmarktbeschränkungen überwinden helfen und haben sich im Ausland bewährt (USA, Dänemark). Problematisch ist der hohe Kapitalbedarf, der dafür aufzubringen wäre. Bei den EVUs ist jedoch seit der Liberalisierung des Strommarktes und bei den bestehenden Überkapazitäten das Interesse an nachfrageorientierten Demand-Side Management (DSM) -Maßnahmen gering. Zuschüsse könnten von EVUs allenfalls als strategisches Mittel zur langfristigen Kundenbindung eingesetzt werden.

Zinsgünstige Kredite
Die Situation ist ähnlich wie bei den Zuschüssen; sie bieten sich vor allem bei kapitalintensiven Investitionen mit langer Laufzeit an.

Nachfragebündelung (Procurement)
Neben einigen positiven Erfahrungen in skandinavischen Ländern wird hier die komplexe Marktstruktur und die Heterogenität der Abnehmer als ein wesentliches Hindernis gesehen.

Contracting
Contracting kann eine wirkungsvolle Maßnahme gegen einige Marktbeschränkungen sein, das Potential wird jedoch bei E-Motoren als relativ gering angesehen.

Selbstverpflichtungsvereinbarungen
Selbstverpflichtungsvereinbarungen bedürfen eines hohen Aufwandes zur Konsensfindung, außerdem werden die Erfolgsaussichten ohne erheblichen staatlichen Druck ("Drohpotential") als begrenzt eingeschätzt.

Life-Cycle Costing
Kostenrechnungen über die gesamte Lebensdauer der Motoren zeigen häufig die Wirtschaftlichkeit von Einsparmaßnahmen, sind jedoch oft mit hohen Informationskosten verbunden, und entsprechen in der Regel nicht den heutigen unternehmensinternen Planungs- und Bewertungsmethoden.

6 Resultate aus den Interviews

Um eine aktuelle Bewertung der relevanten Instrumente sowie eine Einschätzung zur Sachlage zu erhalten, wurden Interviews mit zahlreichen kompetenten Akteuren geführt (41 Kontaktpersonen in 35 Firmen/Institutionen).
Die Ergebnisse bestätigen generell die Schlußfolgerungen, die in den Analysen der Marktstuktur und der Marktbeschränkungen erarbeitet wurden.

Besonders häufig wurden Informationsdefizite verschiedenster Form genannt, einerseits betriebsinterne, wie z. B.

- unzureichende Kenntnisse über die tatsächlichen Sparpotentiale,
- zu negative Einschätzung der erzielbaren Kostenvorteile,
- mangelnde Kenntnis der energieverbrauchsbedingten Betriebskostenanteile,

aber auch externe Wissensmängel, wie z. B.

- die Möglichkeit, Procurement oder Contracting einzusetzen,
- über vorhandene Informationsinstrumente.

Eine Reihe der oben aufgeführten Instrumente wurden positiv bewertet, insbesondere die Verbesserung der Informationsbasis auf verschiedenen Ebenen, zu denen bevorzugt das Labelling beitragen kann. Eine Anhebung der Energiepreise durch zusätzliche Steuern wird von den Anwendern zwar nicht gern gesehen, aber als wirksamstes Instrument eingeschätzt.

Gegenüber Instrumenten wie Procurement oder Contracting bestand Unkenntnis, Ablehnung oder zumindest Skepsis.

Bestätigt wurde auch das Dilemma, daß zwar EEMs vorhanden sind, vom Lieferanten aber wegen geringer Nachfrage nicht vorgehalten, umgekehrt vom Kunden wegen zu langer Lieferzeiten nicht nachgefragt werden.

Das Zusammenspiel der unterschiedlichen Akteursgruppen funktioniert speziell zum Thema Energieeffizienz nur unzureichend.

Die Notwendigkeit zur Optimierung des motorischen Gesamtsystems wurde wiederholt betont, z. T. auch im Sinne eines vorrangigen Bedarfs.

7 Maßnahmenvorschläge

Die gesammelten Informationen sowie die Berücksichtigung wichtiger politischer Rahmenbedingungen dienten nun dazu, die oben aufgezählten Maßnahmenvorschläge zu bewerten und in eine Prioritätenliste einzuordnen.

Erfahrungen im benachbarten Ausland zeigen, daß klare politische Signale für eine effizientere Energienutzung die Realisierung von Sparmaßnahmen vorantreiben bzw. überhaupt erst ermöglichen.

Eine **Energiesteuer** nimmt als marktwirtschaftlich effektivstes Instrument die oberste Prioritätsstufe der Empfehlungen ein. Wegen der Beeinträchtigung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit sollte sie bevorzugt EU-weit durchgesetzt werden. Ausreichende Vorbereitungszeiten und Unterstützung durch eine einführende Informationspolitik sind in jedem Falle Voraussetzung für die Akzeptanz dieser Maßnahme.

Angesichts der allseits ausgedrückten Notwendigkeit und der positiven Bewertung sind **Informationsmaßnahmen** ebenfalls mit hoher Priorität zu sehen; sie sind vor allem schneller zu realisieren. Erfahrungsgemäß ist der Erfolg von Paketlösungen am sichersten. Wesentlich ist es, daß diese

- praxisnah und zielgruppenorientiert sind,
- Demonstrationsprojekte enthalten,
- auf breiter Basis bekannt gemacht und angeboten werden.

Es wird daher der Aufbau eines umfangreichen Weiterbildungsprogrammes für die Akteursgruppen Motorenhersteller, Anlagenhersteller, Anwender, Großhandel, Planer und Handwerk empfohlen. Die Breite der Adressaten zeigt auch, daß für die verschiedenen Gruppen unterschiedliche Angebote erforderlich sind. Zudem sind jeweils spezifische Wege zur Bekanntgabe der vorhandenen Angebote notwendig. Gute Qualität vorausgesetzt, erfordert ein solches Programm allerdings auch den Einsatz entsprechender Mittel in die Erstellung der Informationen, soweit nicht bereits Bausteine aus bestehenden Informationsprogrammen vorhanden sind und übernommen werden können.

Labelling wird als Hilfsmittel begrüßt, z. T. auch als notwendig angesehen, um dem Anwender die Auswahl effizienter Motoren zu erleichtern. Vorhandene Erfahrungen zeigen, daß es nur in Kombination mit Informationsmaßnahmen eine zufriedenstellende Wirkung erzielt. Da die Einführung eines Labels für Motoren auf EU-Ebene bereits in Kürze vorgesehen ist wird empfohlen, die Einführung zu unterstützen. Gerade Deutschland ist mit seinem hohen Anteil an der europäischen Motorenproduktion ein einflußreicher Diskussionspartner auf EU-Ebene.

Eine weitere Informationsmaßnahme, die auf vorhandenen Mitteln aufsetzt und in Kürze verwirklicht werden kann, ist die Erstellung von Einführungskursen zur Benutzung der Motoren-Datenbank EURODEEM. Auch hier können – wie bei den Weiterbildungsprogrammen – bestehende Institutionen die Information verbreiten.