



## Stromsparen bei elektrischen Antrieben<sup>1</sup>

Michael Landwehr<sup>2</sup>

Praktisch jede Produktion und jeder Arbeitsplatz im gewerblichen und industriellen Bereich ist auf elektrische Antriebe angewiesen, und sei es nur der Ventilatorantrieb im PC. Diese langlebigen und meist wartungsfreien Kraftlieferanten sind zu einem selbstverständlichen und nicht wegzudenkenden Bestandteil unseres Alltags geworden. Im Bereich der industriellen Fertigung werden beinahe zwei Drittel des Strombedarfs für die Funktion "Antreiben" verwandt, und der Einsatz von elektrischen Antrieben wird mit zunehmender Automation, aber auch mit zunehmendem Umweltschutz oder Wirtschaften in Stoffkreisläufen weiter steigen. Wer aber überprüft schon bei diesen Elektrosklaven des Alltags, ob sie alle ihre Aufgaben mit einem möglichst geringen Einsatz von Strom erfüllen?

Messungen und Untersuchungen berichten immer wieder, dass Anwendungen von Elektromotoren ein wirtschaftliches Stromeinsparpotential von häufig 10 bis 40 % haben (Elliott, 1994; Angerer, 1991). In einzelnen Anwendungen und Bereichen lassen sich die Stromkosten sogar über diese Prozentwerte hinaus verringern und für andere Zwecke freisetzen (Neyer, 1993). Betrachtet man diese erheblichen Stromeinsparpotentiale genauer, so müssen zwei Kommentare hinzugelegt werden:

- Derartig hohe Stromeinsparpotentiale lassen sich nicht mit einer weiteren Verbesserung der schon weitgehend ausgereiften Einzelkomponenten des Antriebs (Umrichter, Motor, Getriebe und Antriebsmaschine) erschließen (siehe Abschnitt 2). Sie sind nur durch eine Gesamtbetrachtung des Antriebsystems im Betrieb begründet, beispielsweise durch hohe Regelungsverluste bei Ventil- oder Schieberdurchflussregelungen, hohe Leerlaufzeiten von Anlagen oder Verluste von Druckluft. Das mangelnde Zusammenspiel und die fehlende Abstimmung der Komponenten untereinander auf die Funktion und verlustbringende Betriebsbedingungen sind die Hauptursache für überflüssigen Stromverbrauch der Kraftlieferanten.
- Die Beispiele machen bereits deutlich, dass weniger eine aufwendige und kostspielige Technologie Schlüssel zur höherer Effizienz ist, sondern eine Vielzahl von technischen

---

<sup>1</sup> Die Erstellung dieses Fachartikels wurde vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg im Rahmen der Initiative "Energie effizient nutzen – Schwerpunkt Strom" finanziell gefördert.

<sup>2</sup> Fraunhofer Institut Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe

und vor allem organisatorischen Möglichkeiten, die z. T. leicht zu erschließen sind. Sorgfältig geplante und betriebene Antriebssysteme können über die reine Energiekostensparnis hinaus eine bessere Auslastung des Personals und der Anlagen oder geringere Ausschussquoten nach sich ziehen (Neyer, 1993).

## 1 Elektroantriebe und ihre Anwendungsfelder – ein kurzer Überblick

Elektromotoren sind eine ausgereifte, gut verstandene Technologie, die man in der Praxis durch verschiedene Prinzipien und Bauformen an eine Vielzahl von Einsatzfeldern speziell angepasst hat. So unterscheidet man Gleichstrommotoren, Wechsel- bzw. Drehstrom- synchron- und -asynchronmotoren sowie Schrittmotoren. Diese gliedern sich aufgrund verschiedener Bauarten und Schaltungen wiederum in eine Anzahl von Motorarten, die eine kostengünstige und effiziente Lösung von verschiedensten Antriebs- und Wirtschaftlichkeitsanforderungen erlauben (vgl. Tabelle 1). Trotz des hohen Entwicklungsstandes gab und gibt es noch immer Fortschritte, mit denen sich neue, kostengünstige Einsparmöglichkeiten erschließen. Zu nennen sind hier z. B.: sogenannte "hocheffiziente Motoren" oder die Umrichterentwicklung, die z. B. bei Asynchronmotoren eine Drehzahl- und Leistungsanpassung an die zeitlich häufig variierende Last ermöglichen (z. B. bei Lüftungsanlagen, Druckluftkompressor- oder Kälteanlagen, Förderanlagen und Umwälzpumpen).

Tabelle 1: Motorarten, ihr Drehzahl- und Drehmomentverhalten, relative Kosten und ihre typischen Einsatzgebiete

Anforderungen	Motorart	Drehzahl- und Drehmomentverhalten	Kostenindex	Typische Einsatzgebiete
Keine Drehzahlstellung	Asynchron-Motoren Käfigläufer	Geringer, linearer Abfall der Drehzahl	1	Einfache Antriebe. Lüfter, Pumpen, Krane, Werkzeugmaschinen
Grobstufige Drehzahlstellung	Polumschaltbarer Asynchron-M. Käfigläufer	Geringer, linearer Abfall der Drehzahl	2	Aufzüge, Gebläse, Werkzeugmaschinen
Kleiner Drehzahlstellbereich, Schwer-/Sanft-Anlauf	Schleifringläufer Asynchron-M. Drehstromsteller	Drehzahlabfall einstellbar	1,5 – 2	Aufzüge, Krane, Lüfter, Zentrifugen
Einstellbare Drehzahl	Umrichtergespeister Asynchron-M., Synchron-M. U/f-Stellung	Drehzahlabfall einstellbar	$\geq 2$	Lüfter, Gebläse, Zentrifugen, Textilmaschinen, Werkzeugmaschinen
Großer Drehzahlstellbereich, Regelung: $M, n$	Umrichtergespeister Gleichstrom-, Asynchron-Motor	einestellbar	2 – 4	Werkzeugmaschinen, Fördermaschinen, Textilmaschinen, Druckmaschinen
Beliebige Regelung: Lage, Drehzahl, Drehmoment	Umrichtergespeister Gleichstrom-, Asynchron-, Synchron-, Schrittmotor	einestellbar	2 – 4	Servoantriebe, Werkzeugmaschinen, Druckmaschinen

Quelle: Reichert, 1993

Die meisten Antriebe im gewerblichen Bereich sind allerdings immer noch drehzahlfeste Antriebe, deren Anteil jedoch im Sinken begriffen ist (bei Motoren über 1 kW: 1980: 90%, 1988: 75%, ZVEI 1988). Den Hauptteil davon stellen die Drehstrom-Asynchronmotoren. Allein der Trend zum angepassten drehzahlgeregelten Antrieb anstelle des drehzahlfesten Antriebs wird heute mit 5% Stromeinsparung zwischen 1980 und 1988 angegeben (ZVEI, 1988).

Der Gleichstrommotor, der lange Zeit die beste Lösung eines drehzahlgeregelten Antriebs darstellte, hat nun durch den Asynchronmotor mit Umrichter-Drehzahlregelung aufgrund von Wartungsfreiheit und Wirtschaftlichkeit einen technischen Konkurrenten erhalten, dessen Anteil kontinuierlich zunimmt. In diesem Anwendungssegment haben in der Bundesrepublik schon 1989 die Drehstrom-Asynchronmotoren die Gleichstrommotoren in der Verbreitung eingeholt (Neyer, 1993); denn Drehstrom kommt aus der Steckdose, während der Gleichstrommotor die Zusatzinvestition eines Stromgleichrichters benötigt.

## 2 Möglichkeiten zur effizienteren Nutzung des Stroms

Zwei grundsätzliche Möglichkeiten der Stromeinsparung bieten sich an:

- Beinahe selbstredend, der Einsatz von energieeffizienteren Bauteilen im Antriebskonzept. Aufgrund des hohen Effizienzstandes der Einzelkomponenten sind hier allerdings die Potentiale bis auf wenige Prozente schon weitgehend ausgereizt. Nur bei Motoren kleiner Leistung sind die Potentiale noch etwas größer.
- Der bessere Zuschnitt des Antriebs auf die jeweilige Anwendung durch eine Systembeachtung des gesamten Antriebs; hier liegen zahlreiche Möglichkeiten zu kostengünstigen, wirtschaftlichen Stromeinsparmöglichkeiten.

Folgende typischen Verlustquellen und Gegenmaßnahmen lassen sich unterscheiden:

### Einzelmaßnahmen an Elektromotor und Getriebe:

- Geringe mechanische Verluste durch kompetente, regelmäßige Wartung  
Gut gewartete Motoren und mechanische Übersetzungen haben im allgemeinen wenig mechanische Verluste. Wartungsmaßnahmen werden bei Antrieben jedoch aufgrund ihrer Zuverlässigkeit und Langlebigkeit oft sehr vernachlässigt. Messungen in den USA ergaben, dass durch bessere Wartung zwischen 3 und 10 % der Stromkosten eingespart werden können (Elliot, 1994). Oft als geringfügig eingeschätzte, sehr kostengünstige Einzelmaßnahmen, wie der Einsatz von Zahnriemen statt einfachen Keilreimen oder besseren, langlebigeren Schmierölen in Getrieben, zahlen sich schon innerhalb von wenigen Monaten aus.  
Berücksichtigt werden muss auch, dass der Getriebewirkungsgrad mit steigendem Übersetzungsverhältnis sinkt. Ein Vergleich mit einem Antrieb, in dem die Motordrehzahl angepasst ist, sollte unter Einbezug der Wirkungsgrade der Einzelkomponenten durchgeführt werden.

- Vermeidung von Leerlauf heißt meist auch vermiedene Stromkosten  
Es bieten sich neben der manuellen Abschaltung des Antriebs bei Nachtgebrauch der Einsatz von Zeitschaltuhren (z. B. Taktbetrieb, Nachtabschaltung) oder sensorgesteuerten Schaltern (z. B. Holzbearbeitungsmaschinen) an (Fallbeispiel 1).

### **Fallbeispiel 1: Ventilator-Abschaltung statt unnötigem Dauerbetrieb**

In einem Chemiebetrieb läuft die Lüftungsanlage während des größten Teils des Jahres nachts auf der untersten Stufe. Die Betriebsuntersuchung ergab, dass eine stoßweise Lüftung aber völlig genügen würde, um störende Emissionen zu beseitigen. Mit dieser Regelung kommt die Lüftung nur jeweils für 15 Minuten pro Stunde in Betrieb, statt ohne Unterbrechung die ganze Nacht große Mengen Strom zu benötigen: Im Nachtbetrieb entspricht die Verbrauchsreduktion 75 % oder etwa 90.000 kWh. Umgerechnet auf den jährlichen Gesamtverbrauch der Lüftung beträgt die Einsparung immer noch 20 %. Ein entsprechender Zeitschalter rentiert sich in wenigen Wochen. Diese Rentabilität verbessert sich noch, wenn man die vermiedenen Wärmeverluste im Raumwärmebereich mitberücksichtigt.

Quelle: Neyer, 1993.

- Bei Dauerbetrieb werden die Verluste im Motor bedeutend  
Getriebe- und Motorverluste sind entscheidend bei Motoren, die im Dauerbetrieb stehen. Gerade bei kleineren und mittleren Motorleistungen (unter 75 kW) gibt es eine große Bandbreite der Wirkungsgrade bei geringfügig verschiedenen Kosten, so dass der Einsatz von hocheffizienten Motoren deutliche Strom- und Kosteneinsparungen über die Lebensdauer erbringen kann. Meist rentabel ist der Einsatz hocheffizienter Motoren bei Neuanschaffung und Ersatzinvestitionen oder anstelle einer Reparatur von alten Motoren, deren Wirkungsgrade aufgrund von Alterung und Reparatur oft deutlich niedriger liegen als bei einem neuen Motor mit identischer Nennleistung. (David Reay, 1989).  
Ein Tipp: "Hocheffiziente" Motoren werden z. T. nicht als solche vermarktet. Wichtiger als die Bezeichnung ist jedoch der Vergleich verschiedener Motoren bezüglich des tatsächlichen Wirkungsgrads über den gesamten Leistungsbereich (nicht nur bei Nennlast)!
- Vermeidung von Blindleistungsverlusten lohnt (fast) immer  
Elektrische Antriebe beziehen aus dem Netz eine sogenannte (induktive) Blindleistung, die keine Nutzarbeit leistet. Sie belastet aber das Netz und erzeugt Übertragungsverluste. Elektrizitätswerke verrechnen deshalb diese Leistung, die mittels Blindverbrauchsähler festgestellt wird. Eine Verringerung dieser Kosten ist durch eine Kompensation mittels Kondensatoren auch nachträglich leicht und kostengünstig zu erreichen.

### **Fallbeispiel 2: Hocheffizienter Motor im Dauerbetrieb – eine kosteneffiziente Sache**

Bei Dauerbetrieb, in dem eine konstante Motorleistung über längere Zeit abgegeben werden muss, bietet sich im Hinblick auf die Einsparung elektrischer Energie der Einsatz von Elektromotoren mit möglichst hohem Wirkungsgrad an. Gegenüber Normalmotoren mit tieferem Wirkungsgrad werden die höheren Anfangsinvestitionen meist innerhalb weniger Jahre amortisiert: Bei einer Leistung von 37 kW erreicht beispielsweise ein Normalmotor einen Wirkungsgrad von 90,4 %, während ein energiesparender Motor 94 % erreicht. Bei einer Betriebszeit von 2.000 h/Jahr und einem Arbeitspreis von 15 Pf/kWh ergibt sich eine jährliche Stromeinsparung von ca. 3.150 kWh/Jahr bzw. eine Kostenersparnis von ca. 470 DM/Jahr. Wenn man von Mehrkosten des energiesparenden Motors von ca. 450 DM ausgeht, ergibt sich eine Amortisationszeit von weniger als einem Jahr und die gesamte Lebensdauer könnte 10 Jahren sein.

Quelle: Bundesamt für Konjunkturfragen (1992)

### **Maßnahmen aus dem Blickwinkel der jeweiligen Anwendung**

In die Systembetrachtung gehen nicht nur die Komponenten (Umrichter, Antrieb, mechanische Übertragung und Antriebsmaschine) ein, sondern auch eine genaue Analyse des Antriebsbedarfes für die Anwendung und ihren Kraftbedarf.

- Vermeidung von Überdimensionierungen

Schätzungen kamen aufgrund von Einzelmessungen zu dem Ergebnis, dass rund die Hälfte aller Motoren bei weniger als 60% ihrer Nennleistung betrieben werden, rund ein Drittel sogar unter 50 % (Elliot, 1994). Oberhalb von 60 % der Nennleistung gibt es meist wenig nennenswerte Wirkungsgradeinbußen bei Elektromotoren. Unterhalb dieser Leistungsgrenze fallen die Verluste stark ins Gewicht, so dass zu prüfen ist, ob ein kleinerer Motor (z. B. bei 80 % Auslastung) einen geringeren Stromverbrauch hätte (Elliot, S. 29). Zusätzlich benötigt die überdimensionierte Variante aufgrund des höheren Gewichts mehr Leerlaufleistung.

Unkenntnis über die tatsächliche Last, übertriebene Vorsicht hinsichtlich Überbelastung und Überhitzung und eine komponentenweise Dimensionierung, die jeweils Sicherheitsaufschläge berücksichtigt (anstatt das Gesamtsystem abzustimmen), werden hier mit über die gesamte Maschinenlebensdauer anfallenden, zusätzlichen Stromverbräuchen teuer bezahlt.

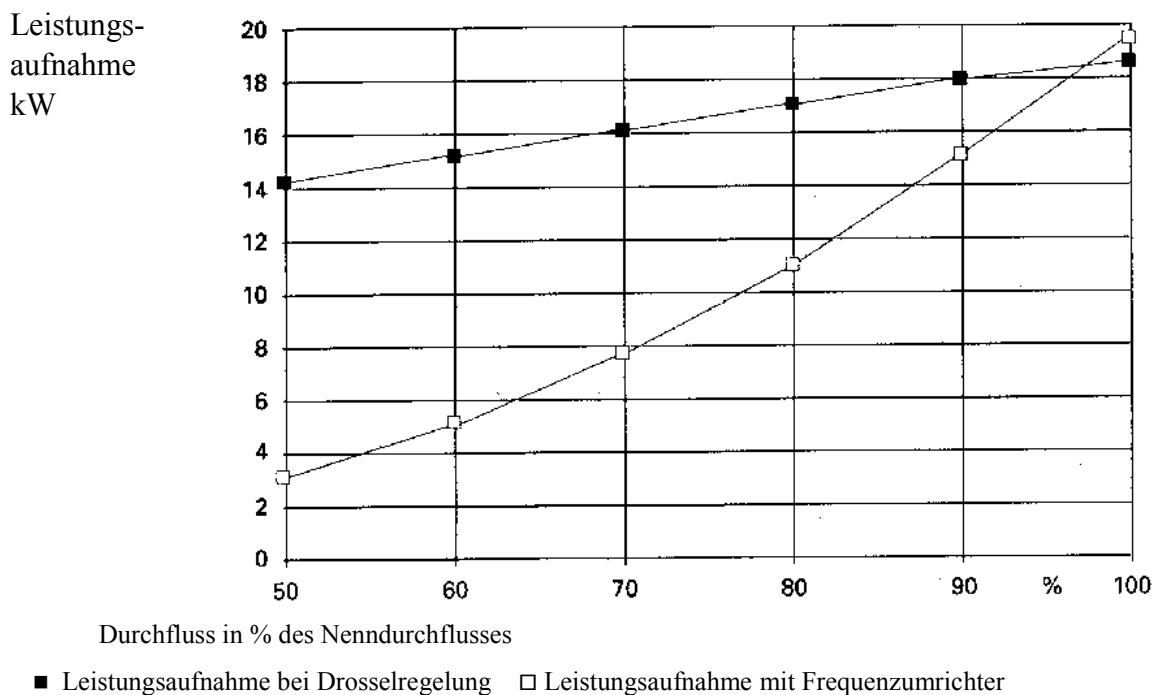
- Vermeidung von Verlusten durch Anpassung der Antriebsleistung an den zeitlich variierenden Bedarf

Drehzahlregelbare Antriebe bieten die Möglichkeit, die Leistung des Motors an die geforderte Nutzleistung anzupassen. Wenn diese Nutzleistung stark schwankt, wie im Falle vieler industrieller Prozesse und Stofftransporte, kann durch einen geregelten Antrieb genau die Leistung geliefert werden, die momentan benötigt wird – und dadurch erhebliche Stromeinsparungen ergeben. Paradebeispiel ist die Fördermengenregelung

von Luft- oder Flüssigkeitstransport mittels drehzahlgeregeltem Antrieb anstatt einer Drossel oder Bypassregelung.

### Fallbeispiel 3: Drosselersatz durch drehzahlvariable Förderung (Motor-Retrofit mit Frequenzumrichter)

In einem Industriebetrieb fördert eine Pumpe Abwasser aus einem Zwischentank zur Abwasserreinigungsanlage. Der Abwasseranfall hängt von der Produktion ab und variiert entsprechend. Das Drosselventil am Ausgang der Pumpe regelt die Fördermenge derart, dass sich der Wasserstand im Zwischentank nicht ändert. Die Fördermenge schwankt dadurch zwischen 50 und 100 %. Mit einem Frequenzumrichter, der die Drehzahl der Pumpe regelt, kann im Vergleich zu einer Drosselregelung etwa 20 bis 40 % Strom eingespart werden. Die Einsparungen berechnen sich aus der zeitlichen Verteilung der Fördermengen und der Differenz der aufgenommenen Leistungen. In diesem Beispiel der Abwasserförderung betragen die Einsparungen rund 55.000 kWh, der Einsatz eines Frequenzumrichters zur Drehzahlregelung ist in diesem Fall wirtschaftlich (siehe Abbildung).



Quelle: Neyer, 1993.

- Vermeidung/Verminderung von Verlusten bei der Arbeitsmaschine  
 Hier liegt ein großer Teil der Antriebsverluste – oft mehr als im Elektromotor selbst. Da jedoch der Typ der Maschine (Lüfter, Kompressor, Rührer, Mixer, Hammermühle) vom Prozess abhängt, lassen sich keine allgemeingültigen Regeln angeben. Eine genaue Kenntnis des Gesamtprozesses hinsichtlich seiner Anforderungen an den Antrieb kann jedoch erhebliche Einsparmöglichkeiten offenbaren. Ein einfaches Beispiel ist der kontinuierliche Betrieb einer Pumpe, deren strömungsmechanisches Design bei gleichem Volumenstrom zu höherem oder niedrigerem Leistungsbedarf führen kann.

### 3 Denken im System – Vorteile nicht nur beim Stromverbrauch

Da der Strombedarf für Antriebe im gewerblichen Bereich oft den bedeutendsten Teil des betrieblichen Stromverbrauchs darstellt, sollte die Stromeffizienz bei Antrieben im Gesamtzusammenhang des betrieblichen Energiemanagements gesehen werden. "Energiemanagement" bedeutet, Energie bewusst als Kostenfaktor in der Produktion zu erkennen. Gleichzeitig ist jeweils zu prüfen, ob mit dem Ziel der Energiekostensenkung sich häufig nicht auch Vorteile für die Organisation und Straffung des Produktionsablaufes aufgrund genauerer Detailkenntnis erzielen lassen. Voraussetzung dazu ist die Erfassung von betrieblichem Energieverbrauch und -kosten, hierbei muss sich der zusätzliche Aufwand allerdings wirtschaftlich auszahlen. Erfahrungen aus dem schweizerischen Impulsprogramm für "Rationelle Verwendung von Elektrizität-RAVEL" zeigen, dass Aufwendungen in Höhe von 5-10% der Energiekosten für Energiemanagement sich durch die Kosteneinsparung für vermiedenen Energiebedarf und anderer Effekte auszahlen.

#### Energiemanagement für Elektroantriebe

In Hinblick auf die Stromeinsparung lassen sich für die **bestehenden Anlagen Sofortmaßnahmen** mit nur geringen Investitionskosten aufzählen: Verbesserung der Auslastung, der Wartung und der Steuerung von Produktionsanlagen, Vermeidung von Leerläufen, manuelle Abschaltung bei Nicht-Gebrauch, Einsatz von Zeitschaltuhren oder automatischen Schaltern. Schlüssel hierzu sind Informationsbroschüren, wie sie bei Kammern und Verbänden erhältlich sind (siehe auch Tabelle 2). Publikationen, basierend auf den Erfahrungen aus RAVEL (Bundesamt für Konjunkturfragen, 1992; Neyer, 1993; Reichert, 1993), liefern wertvolle Tipps ohne großen Aufwand und ermöglichen eine bessere Beurteilung des Handlungsspielraums und des Einsparpotentials, das aus Unkenntnis oft außer acht gelassen wird. Sie ermöglichen auch eine bessere Qualitätskontrolle, falls Beratungsdienste hinzugezogen werden.

Bei **Ausbau und Ersatzbeschaffung** von Anlagen sollte eine **detaillierte Analyse und Planung** stattfinden. Dass dies häufig nicht in ausreichendem Maße der Fall ist, belegen statistische Erhebungen, die von einer durchschnittlichen Auslastung der Motoren von nur 60% ausgehen. Sich hierzu externe Beratungskompetenz hinzuzuziehen ist sinnvoll. Folgende Schritte lassen sich unterscheiden:

- Analyse der Arbeitsmaschine und des Arbeitsprozesses  
Für welche Aufgabe braucht die Maschine Leistung? Welches sind die entscheidenden Parameter für den Antrieb? Welche Betriebsart (Dauerbetrieb, Aussetzbetrieb etc.), Betriebsparameter (Leistungsbedarf, effektive Betriebszeit, Kennlinie Drehzahl-Drehmoment), Anforderungen an Steuerung oder Regelung, Umgebungsbedingungen etc. sind gegeben?

Diese Parameter sollten so genau wie möglich bestimmt werden, falls sie nicht wie im Falle von Lüftern, Pumpen oder Kompressoren z. B. in Kennfeldlinien vorliegen. Eine Messung, auch wenn sie aufwendig erscheint, ermöglicht eine genaue Kenntnis der Parameter und erlaubt die richtige Auslegung, die für Energieeffizienz entscheidend ist.

Werte aus Messungen können z. B. auch auf ähnliche im Betrieb bestehende Anlagen übertragen werden.

- **Strukturierung und Auswahl des Antriebssystems**  
Wie wird die Antriebsmaschine an die Arbeitsmaschine gekoppelt (Getriebe, Direktantrieb, Kupplung)? Wie wird der Antrieb gesteuert oder geregelt? Wie werden Einschaltzeiten an den Bedarf angepasst? etc.
- **Auswahl der Komponenten**  
Wie groß sind die Wirkungsgrade und Verluste in den verschiedenen Betriebszuständen? Wie groß sind die Investitions-, Unterhalts- und Energiekosten?
- **Dimensionierung des Antriebes**  
Eine Dimensionierung der Komponenten sollte die Gesamtanforderung der Arbeitsmaschine im Auge behalten und nicht die Überdimensionierung der Einzelkomponenten gegenüber der vorgelagerten Komponente.  
Danach ist sicherzustellen, dass die Auslegung der geforderten Betriebsart entspricht und eine Motorüberlastung nicht auftritt (die meisten Motoren können jedoch für eine begrenzte Zeit bis zu 25% überlastet werden!).  
Bei Auswahl und Dimensionierung des Antriebes (Motoren und Umrichter) können PC-Programme genutzt werden, die z. T. von Herstellern und Vertrieb von Motoren erhältlich sind. Eine Aufstellung verfügbarer Programme wird von Reichert (1993) gegeben.
- **Energetische Verbesserungen**  
Können Antriebe zeitweise abgeschaltet werden? Lassen sich Massen verkleinern? Kann eine Regelung oder Steuerung antriebsseitig durch Drehzahlveränderung effizienter erfolgen?

Der Aufwand für die Betrachtung des gesamten Produktionsprozesses hinsichtlich einer optimalen Lösung für den Prozess und die Antriebsauslegung zahlt sich erfahrungsgemäß nicht allein durch Energiekosteneinsparungen aus. Diese Betrachtung liefert Details und schafft Transparenz in der Produktion, erlaubt Rückschlüsse auf andere, nicht betrachtete Anlagen und Prozesse und kann dadurch insgesamt häufig in eine Produktivitätsverbesserung umgemünzt werden.

#### **4 Hilfen bei der Umsetzung – Beratung und finanzielle Anreize**

Als Fazit lässt sich feststellen: Es gibt innerbetriebliche Maßnahmen, die ohne großen Investitionseinsatz zu erheblichen Stromeinsparungen bei Elektroantrieben führen können. Ein großes Potential jedoch liegt in der Systemoptimierung bei Ersatz oder Neuanschaffung, die jedoch nicht (allein) in Hinblick auf die Einsparungseffekte durchgeführt wird. Hier sollte die energieoptimale Auslegung jedoch ein wichtiges Zusatzkriterium darstellen und nicht vergessen werden, da fehlende Anpassung und Überdimensionierung von Antrieben über die gesamte Lebenszeit mit unnötig hohen Stromkosten bezahlt werden müssen. Beratungsdienstleistungen, ohne die manches Antriebsproblem oft gar nicht zufried-



denstellend gelöst werden kann, sollten auch in dieser Hinsicht als gewinnbringend bewertet und ausgeschöpft werden.

Aufgrund der erwarteten, hohen Kosten tun gerade kleinere Unternehmen sich häufig schwer, externe Beratung in Anspruch zu nehmen. Sie sehen die Zusatzkosten der Beratung und wissen zu wenig über deren möglichen Nutzen. Unternehmen bis zu 500 Mitarbeitern haben die Möglichkeit, für Beratungsleistungen einen Zuschuss zu erhalten.

Es gibt auch Möglichkeiten, sich Landes- und Bundesförderprogramme zur Energieeinsparung zu Nutze zu machen, die Steuervergünstigungen, zinsgünstige Kredite oder Zuschüsse umfassen. Die Fördermöglichkeiten hängen im Einzelnen vom Projekt und den Einsparmöglichkeiten ab. Eine Überblick über Förderprogramme zur rationellen Energieverwendung – nicht nur hinsichtlich elektrischer Antriebe – liefert eine Broschüre des Landesgewerbebeamten (LGA 1994).

An wen soll man sich aber wenden, wenn eine externe, herstellerneutrale Beratung als sinnvoll erscheint? Einige wesentliche Beratungsvermittlungsinstitutionen sind in der Tabelle 2 genannt; und dazu noch ein Hinweis, dass guter Rat nur halb so teuer als gedacht sein kann:

- **Energieeinsparberatungen** werden auch mit öffentlichen Geldern gefördert: Der Zuschuss beträgt 40 % der Beratungskosten; höchstens jedoch 3200,- DM je Beratung und maximal 6400,- DM pro Antragsteller innerhalb eines Zeitraums von fünf Jahren. Die Beratung muss dazu bis zum 31.12.2000 begonnen werden. Rechtlich selbständige Unternehmen aus den Bereichen der gewerblichen Wirtschaft (Umsatzgrenze 30 Mio. DM) und der wirtschaftsnahen Freien Berufe (Umsatzgrenze 2 Mio. DM) können förderfähige Beratungen nur von selbständigen Beratern oder Beratungsunternehmen durchführen lassen, die die für den Beratungsauftrag erforderlichen Fähigkeiten besitzen. Näheres erfährt der Leser bei den in der Tabelle genannten Institutionen oder über das Bundesamt für Wirtschaft (BAW; <http://www.bawi.de>), Eschborn. Auf der Internetseite des BAW findet sich auch die detaillierte Förderrichtlinie des Programm (<http://www.bawi.de/downloads/beratri.pdf>).

Für einen finanziellen Anreiz zur Sanierung von Anlagen kommt das **ERP-Energiesparprogramm** in Frage:

- Antragsberechtigt sind Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft mit einem Jahresumsatz bis zu 1 Mrd. DM. Das Vorhaben muss geeignet sein, die Wettbewerbs- und Leistungsfähigkeit des Unternehmens zu steigern. Anträge, die vor Beginn des Vorhabens eingereicht werden müssen, sind auf einem Formblatt über die Hausbank an die Deutsche Ausgleichsbank zu richten. Die Förderung besteht aus einem zinsgünstigen Darlehen (ein jeweils am Markt angepasster Zinssatz von z. B. 5,25 % p.a., Auszahlung: 100 %, Laufzeit: 15 Jahre mit 2 tilgungsfreien Anlaufjahren (Stand. 20.9.1999); aktuelle Konditionen über den Faxabruf der DtA unter 0228/831-3300 oder die WEB-Seite der DtA <http://www.DtA.de>). Die maximale Förderung beträgt 0,5 Mio. EURO pro Vorhaben.

Tabelle 2: Energieberatungs- und -vermittlungsinstitutionen in Baden-Württemberg  
(Auswahl; Stand Oktober 1999)

Beratungsstelle	Ansprechpartner	
	Name	Telefon
Landesgewerbeamt Baden-Württemberg Informationszentrum Energie Willi-Bleicher-Str. 19 70174 Stuttgart	Herr Bouse	0711/123-2522 (Fax -2649)
Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg Griesbachstr. 10 76185 Karlsruhe	Herr Bunk	0721/98471-13 (Fax -20)
Landesinnungsverband der elektrotechnischen Handwerke Baden-Württemberg Voltastr. 12 70376 Stuttgart	Herr Mayerl	0711/95590666 (Fax 551875)
VEA – Bundesverband der Energie-Abnehmer e. V. Geschäftsstelle Wiesbaden Kreuzberger Ring 21 65205 Wiesbaden	Herr Wörsdörfer	0611/9748-428 (Fax -100)
Großabnehmerverband Energie Baden-Württemberg Breitlingstr. 35 70184 Stuttgart	Herr Rudolf	0711/23725-20 (Fax -99)
RKW Baden-Württemberg, Rationalisierungs- Kuratorium der Deutschen Wirtschaft e. V. Königstr. 49 70173 Stuttgart	Herr Kowollik	0711/22998-33 (Fax -10)
Ingenieurkammer Baden-Württemberg Energie- und Umweltberatung Zellerstr. 26 70180 Stuttgart	Herr Pfaus	0711/64971-21 (Fax -55)
Örtliche Energieversorgungsunternehmen		
Industrie- und Handelskammern, örtliche Handwerkskammern		

## Literatur

Angerer, G. und Hiessl, H.: Umweltschutz durch Mikroelektronik: Anwendungen, Chancen, Forschungs- und Entwicklungsbedarf. vde-Verlag, Berlin; Offenbach, 1991

Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, RAVEL Impulsprogramm, Verlag der Fachvereine Zürich, 1992

David Reay & Associates, FEC Consultants Ltd, Guidance Notes for Reducing Energy Consumption Costs of Electric Motor Drive Systems, Good Practice Guide No2, Best Practice Programme, Energy Efficiency Office, Department of the Environment, UK, 1989

Elliot R. Neal, Electricity Consumption and the Potential for Electric Energy Savings in the Manufacturing, American Council for an Energy Efficient Economy, April 1994

Hanitsch R. et al., Elektrische Energietechnik Band V, Handbuchreihe Energieberatung/  
Energiemanagement Springer, Berlin, 1986

Landesgewerbeamt Baden-Württemberg – Informationszentrum Energie: Maßnahmen zur  
Energieeinsparung – Fördermöglichkeiten, 1994

Neyer A. et al., Elektroantriebe, RAVEL Impulsprogramm, Bundesamt für Konjunkturfragen  
Bern, März, 1993

OECD/IEA, Electricity End-Use Efficiency, Paris, 1989

Reichert K., et al., Elektrische Antriebe energieoptimal auslegen und betreiben, RAVEL  
Impulsprogramm, Bundesamt für Konjunkturfragen Bern, Juni 1993

ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik und Elektroindustrie e.V.), Energiebericht der Elekt-  
roindustrie, Frankfurt a. M., Ausgabe 1992