

# Optimierte Pumpen sparen Energie und Kosten

**Pumpen halten sehr viele Anwendungen in Industrie und Gebäudetechnik in Schwung – sie verbrauchen aber oft viel zu viel Strom. Die Optimierung beginnt bei Verbesserungen am Prozess selbst, umfasst die hydraulischen Netze, die Steuerung/Regelung und setzt schliesslich hocheffiziente Pumpen und Motoren ein. Energieeinsparungen von mehr als 50 Prozent sind nicht selten wirtschaftlich realisierbar. Ein systematisches Vorgehen ist unerlässlich.**

VON JÜRIG NIPKOW  
UND RONALD TANNER

Elektrische Motoren beanspruchen etwa die Hälfte des schweizerischen Stromverbrauchs. In produzierenden Industrie- und Gewerbebetrieben sind Elektroantriebe mit zum Teil bis 90 Prozent die wichtigsten Stromverbraucher im Betrieb.

Elektromotoren weisen generell einen hohen Wirkungsgrad der Energieumwandlung auf. Dies gilt allerdings bei kleinen Leistungen unter 1 kW nicht uneingeschränkt (vgl. Fig. 1); gerade hier schlummern oft grosse Effizienzpotenziale. Wegen der grossen Zahl solcher kleiner Motoren liegen oft beachtliche Sparpotenziale bei den Energiekosten bruch.

Von den wichtigsten Motorenanwendungen sind wohl Pumpen diejenigen mit den grössten Sparpotenzialen, weil meist mehrere «Risikofaktoren» zusammentreffen:

Die richtige Auslegung einer Pumpe ist für den effektiven Wirkungsgrad im Arbeitspunkt entscheidend (vgl. Fig. 2). Der tatsächliche

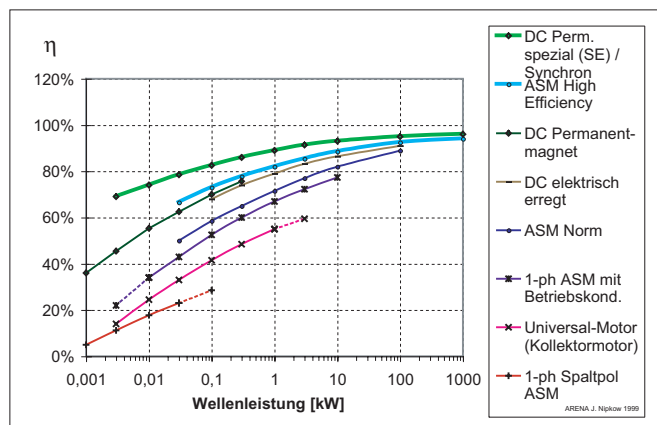


Fig. 1: Wirkungsgrade von Elektromotoren (Quelle: Nipkow).

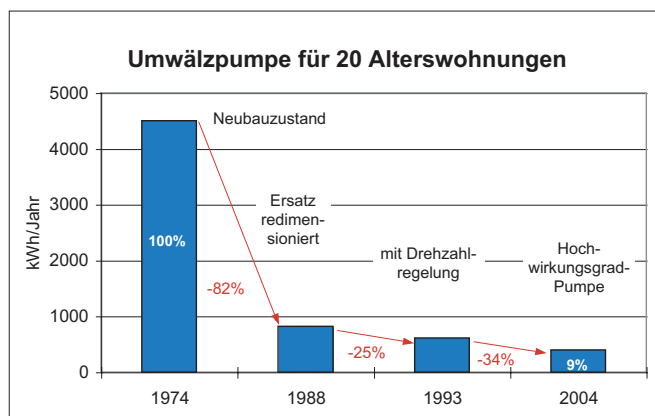


Fig. 2: Umwälzpumpe für 20 Alterswohnungen (Quelle: Nipkow).

## Jürg Nipkow

Dipl. Elektroingenieur ETH/SIA, ist seit 1975 selbständig tätig als Berater, Forscher und Dozent in Energieeffizienz. Er ist Präsident der Schweizerischen Agentur für Energieeffizienz S.A.F.E.

## Ronald Tanner

Dipl. Elektroingenieur ETH, Dr.sc. techn., ist VR-Präsident der Firma Semafor Informatik & Energie AG. Er ist Dozent an der FH Nordwestschweiz.

Arbeitspunkt ist aber oft nicht genau bekannt oder er verändert sich im Betrieb stark.

- Bei variablem Volumenstrom wird die Pumpenleistung oft nicht optimal angepasst (vgl. Beispiel Fig. 3 und 4), obwohl darin sehr grosse Sparpotenziale liegen.
- Der Motoren- bzw. Pumpen-Wirkungsgrad ist bei kleinen Leistungen konstruktionsbedingt ungünstig, kann aber durch moderne Technologie wirtschaftlich opti-

miert werden. Die in Heizungsumwälzpumpen zu Millionen eingesetzten Nassläufermotoren entsprechen grösstenteils den Einphasen-Asynchronmotoren «1-ph ASM mit Betriebskond.» von Fig. 1, weisen aber wegen des Spaltrohres einen noch schlechteren Wirkungsgrad auf.

- Die Energiekosten der Pumpen werden in vielen Fällen (z.B. Mietverhältnisse) nicht direkt den Betreibern angelastet; diese haben

somit wenig Interesse, in Sparmassnahmen zu investieren.

### Massnahmen

Wie das Beispiel Druckerhöhungspumpe (vgl. Kasten «Beispiel Druckerhöhung») zeigt, ist die genaue Bestimmung der Anforderungen an eine Pumpe entscheidend für die optimale Pumpenwahl. Die Erfahrung zeigt, dass bei Neuanlagen die Berechnung der erforderlichen Pumpenleistung oft grosse «Reserven» enthält. Da die Anlagenplaner auf keinen Fall zu

kleine Komponenten wollen und selber von Energieeinsparungen nicht profitieren, sind sie an knapper Dimensionierung nicht interessiert. Dasselbe gilt auch für die ausführenden, d.h. installierenden Firmen. Es gilt daher, bei der Auftragsausschreibung Effizienz zu thematisieren und möglichst konkrete Kriterien zu definieren.

*Moderne Technik für variable Volumenströme:* Bei variablem Volumenstrom ist eine sorgfältige Analyse des Verhaltens der Anlage unbedingt nötig. Die folgenden Lösungsmöglichkeiten erlauben eine Anpassung der

Pumpenleistung und damit enorme Einsparungen gegenüber der oft üblichen Drosselung des Volumenstroms:

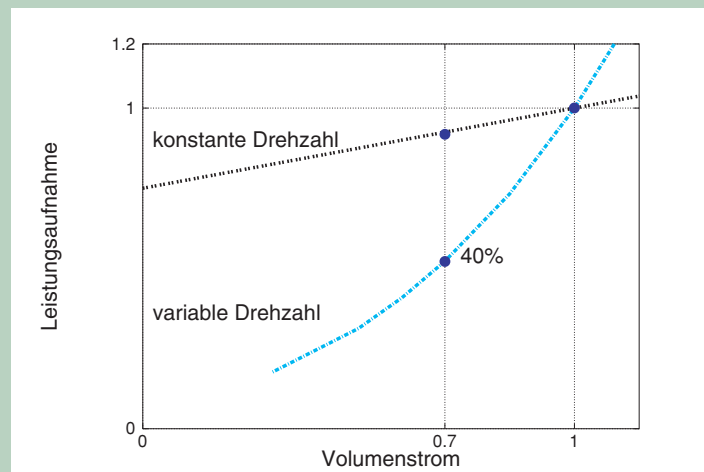
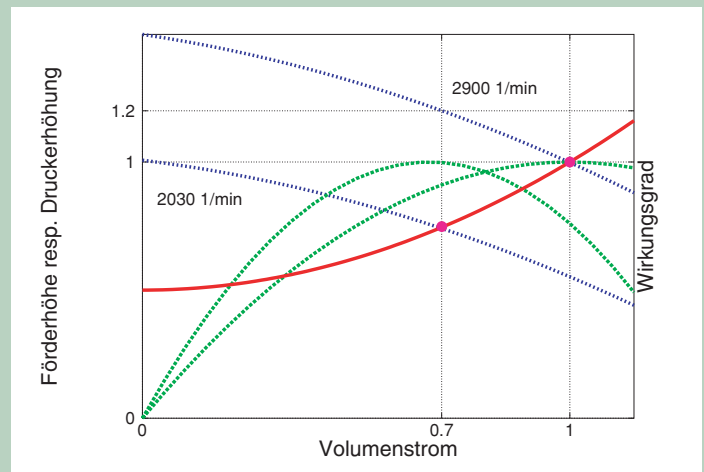
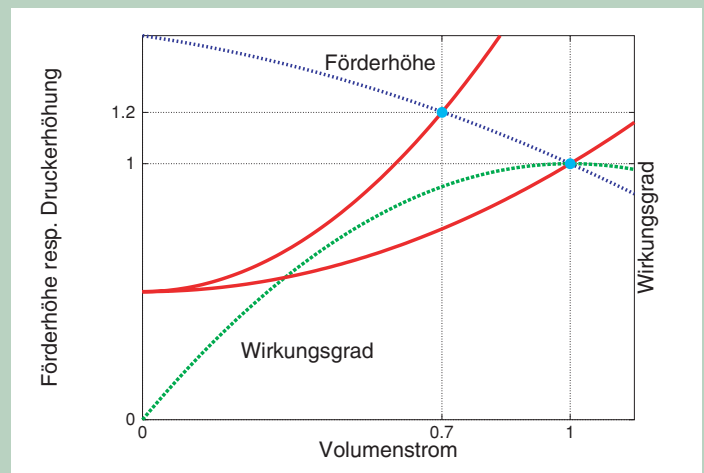
- ☞ Mehrere Pumpen einsetzen (v.a. wenn der Volumenstrom in grossen Stufen ändert). Dies bringt unter Umständen zusätzliche Vorteile durch die Redundanz, d.h. Verfügbarkeit (Teilleistung) bei Ausfall einer Pumpe.
- ☞ Motor bzw. Pumpe mit Drehzahlregelung durch Spannungsreduktion. Dies kann eine günstige Lösung bei kleinen Pumpen (unter 200 W elektrisch) sein. Der Wirkungsgrad

## Beispiel Druckerhöhung Fabrikwasserpumpe

Wird der Volumenstrom bei kleinerem Bedarf gedrosselt (in Fig. 4 auf 70 Prozent), so vermindert sich die Leistungsaufnahme bei einer unregulierten einstufigen Pumpe nur um knapp zehn Prozent, weil durch die Drosselung die Förderhöhe zunimmt und der Pumpenwirkungsgrad abnimmt. Wenn dagegen die Drehzahl mittels Frequenzumrichter geregelt wird, so reduziert sich die Förderhöhe entsprechend der ungedrosselten Anlagenkennlinie (rot), der Wirkungsgrad bleibt annähernd gleich gut, die Leistungsaufnahme und damit der Energieverbrauch reduzieren sich aber um 40 Prozent.



Fig. 4: Drosselung vs. Drehzahlregelung (Quelle: Tanner)



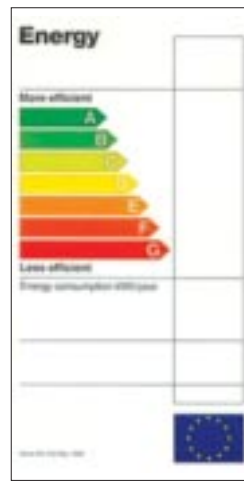
nimmt allerdings bei Teillast stark ab.

- ☛ Drehzahlregelung mit Frequenzumrichter ist eine aufwändigere, aber flexible Lösung mit gutem Teillast-Wirkungsgrad. Wichtig ist, dass die Regelung mit dem Prozess optimal abgestimmt ist und genau die erforderliche Leistung bringt. Vergleiche dazu das Beispiel «Druckerhöhung Fabrikwasserpumpe».

### Hochwirkungsgrad-Umwälzpumpen sind wirtschaftlich

Für haustechnische Anlagen sind seit einigen Jahren Hochwirkungsgrad-Umwälzpumpen auf dem Markt. Vor allem bei so genannten Nassläufern, wie sie als Heizungsumwälzpumpen im Leistungsbereich bis etwa 250 W zu Millionen eingesetzt sind, konnte mit der Magnetmotor-Technik eine enorme Wirkungsgradverbesserung erreicht werden. Diese Pumpen kosten zwar wesentlich mehr als herkömmliche mit Asynchronmotoren;

die Betrachtung der Lebensdauer zeigt aber eine interessante Rückzahlfrist der Mehrinvestition (vgl. Fig. 5). Zudem ist bei der Magnetmotortechnik die Drehzahlregelung automatisch verfügbar. Beim Ersatz einer (wie üblich) überdimensionierten Pumpe kann die Einsparung daher enorm sein (94 Prozent in Fig. 6).



Die europäische Pumpenindustrie hat einen Vorstoß für eine freiwillige Energieetikette bei Umwälzpumpen lanciert (Fig. 7, geplant). Zurzeit ist davon allerdings in der Praxis noch nichts zu sehen; dieses Label könnte

aber die teureren Hochwirkungsgradpumpen unterstützen.

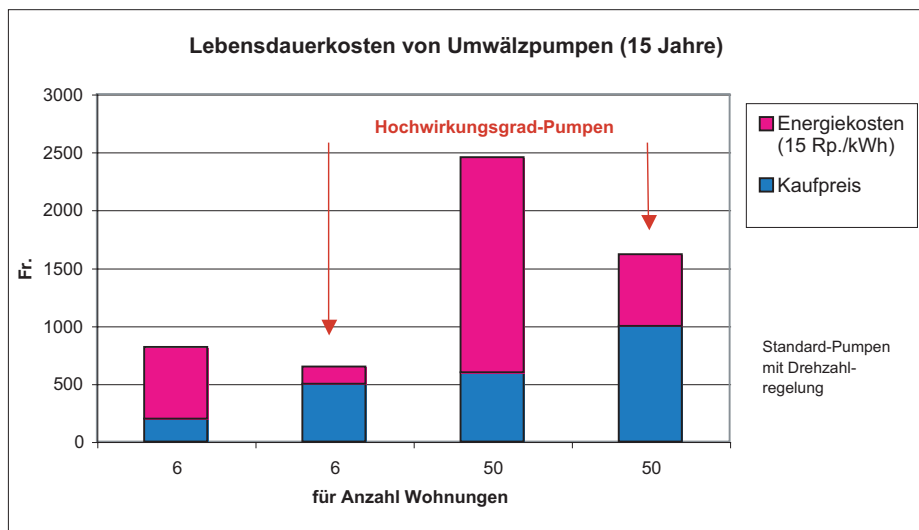


Fig. 5: Lebensdauerkosten von Umwälzpumpen (Quelle: Nipkow).



Fig. 6: Ersatz einer überdimensionierten alten Pumpe durch Hochwirkungsgradpumpe (Quelle: Biral AG).

### Analyse bestehender Pumpenanlagen

Die energietechnische Beurteilung von Pumpen in einem Betrieb oder Gebäude sollte immer mit einer Grobanalyse des gesamten Stromverbrauchs beginnen. Damit der Analyseaufwand insgesamt optimal eingesetzt wird, sollten die wichtigsten und wirtschaftlichsten Sparpotenziale in erster Priorität behandelt werden, was einen entsprechenden Überblick erfordert. Wenn Pumpen untersucht werden sollen, ist, sofern nicht vorhanden, zuerst ein Inventar zu erstellen: nach Leistung (Motor-Wellenleistung, bei Kompaktpumpen elektrische Leistungsaufnahme), Pumpentyp, Anwendung eventuell Raumgruppe. Für die genauere Beurteilung sollten sodann – eventuell für ganze Gruppen – die folgenden Daten ermittelt werden:

- ☛ Nenndaten von Pumpe und Motor, Art der Steuerung, allenfalls Drehzahlregelung (wo möglich Wirkungsgrad Pumpe und Motor, nach Last)
- ☛ Alter von Pumpe und Motor, allenfalls Reparaturen, Schäden
- ☛ Anforderungen des Prozesses: Volumenstrom, Förderhöhe, allenfalls Lastgang
- ☛ Betriebsweise: Stunden pro Tag, Jahr, allenfalls nach Laststufe usw.
- ☛ Einbau-, Umgebungsbedingungen (ist der Austausch einfach?)
- ☛ Um die tatsächlichen Betriebsdaten (Arbeitspunkt) zu ermitteln, sind meist Messungen erforderlich. Wenn detaillierte Kennlinien von Pumpe und Motor vorliegen, kann mit einer einfachen Messung der Leistungsaufnahme (Stromzangen-Leistungsmessgerät) der/die Arbeitspunkte relativ gut ermittelt werden. Andernfalls sind Druckdifferenz- und/oder Volumenstrom-Messungen nötig, wobei vor allem letztere – auch mit Ultraschallmessgeräten – einen beträchtlichen Aufwand erfordern.

Anhand der Nenn- und Betriebsdaten kann nun der tatsächliche Wirkungsgrad (allenfalls für verschiedene Arbeitspunkte) berechnet werden. Damit und mit den Daten optimaler Komponenten lässt sich dann das Sparpotenzial ermitteln.

Vor lauter Pumpen- und Motordaten, Messungen und Berechnungen darf nicht vergessen werden, die Anforderung des Prozesses zu hinterfragen. Gelegentlich kommen dabei ungeahnte Sparpotenziale zum Vorschein: Volumenströme und Förderhöhen wurden hie und da von den planenden Ingenieuren «vorsichtshalber»



viel zu hoch angegeben, damit die Sache auch ganz sicher nicht zu knapp läuft. Neben der Energieverschwendung kann das allerdings weitere schädliche Folgen haben. Ein Beispiel:

Heizungsumwälzpumpen werden meist nach dem erforderlichen Volumenstrom ausgelegt (oder schlimmer, beim Ersatz: nach der Anschluss-Nennweite!), wobei manchmal eine Pumpe mit grösserer Förderhöhe unüberlegt als besser bevorzugt wird. Die Folge: störende Fließgeräusche in der Anlage, vor allem mit den heute standardmässig eingebauten Thermostatventilen. Zur «Abhilfe» wird schlimmstenfalls ein Überströmventil zur Druckreduktion eingebaut, also die perfekte Energievernichtung. Bei temperatursensiblen Wärmeerzeugern (Wärmepumpe) und/oder Wärmespeichern führt das Überströmventil zusätzlich zur unerwünschten Temperaturerhöhung des Rücklaufes, also nochmals zu einer Verschlechterung des Wirkungsgrades. Aber auch eine

matisch eine Schwerpunktliste der Produktions- und Infrastrukturanlagen erstellt werden. Wenn das Betriebspersonal selber über zu wenig Know-how im Energiebereich verfügt, kann eine Grobanalyse auch durch spezialisierte Beratungsbüros erstellt werden.

Das in der Tabelle dargestellte Schema für Grobanalysen muss für die jeweilige Situation angepasst werden. Für die Stufe Grobanalyse sind Durchschnittswerte für die einzelnen Verbraucher einzusetzen; das Schema dient hier vor allem dazu, dass keine grössere Verbrauchergruppe vergessen wird. Verbrauchergruppen mit eigenem Elektrizitätszähler, die nicht weiter untersucht werden sollen, können auch weggelassen werden. Zur groben Überprüfung der Elektrizitätsbilanz dienen die Werte der Zählerablesungen. Wenn eine detailliertere Analyse der Gebäude und Anlagen erstellt werden soll, so empfiehlt sich die Anwendung der Formulare der neuen SIA-Norm 380/4 «Elektrische Energie

| GEBÄUDE/ BEREICH/ ANLAGE | VERBRAUCHER                       | LEISTUNGS-AUFNAHME KW | ANZAHL | BETRIEBSSTUNDEN/ JAHR | KWH/ JAHR |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------|-----------------------|-----------|
| Heizzentrale             | Umwälzpumpen:<br>....             |                       |        |                       |           |
| Kältezentrale            | Kälteverdichter:<br>....          |                       |        |                       |           |
| Lüftungszentrale         | Ventilator ....<br>Monoblock .... |                       |        |                       |           |
| Druckluftanlage          | Kompressor ....                   |                       |        |                       |           |
| Betriebsrestaurant       |                                   |                       |        |                       |           |
| Bürotrakt                |                                   |                       |        |                       |           |
| xxx                      | Beleuchtung                       |                       |        |                       |           |
| xxx                      | x-Maschine                        |                       |        |                       |           |

Tabelle: Schema für die Grobanalyse des Elektrizitätsverbrauchs.

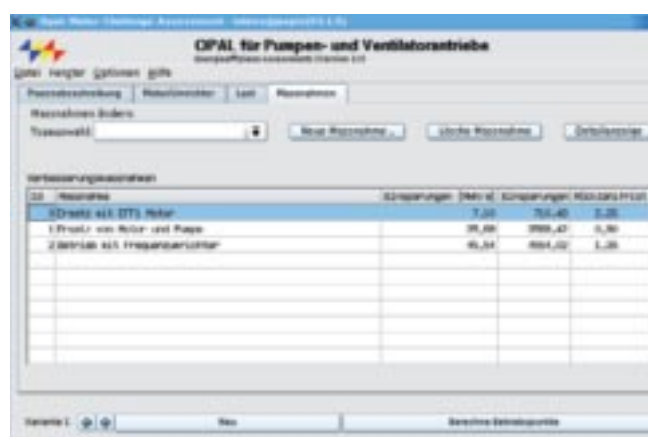
überdimensionierte Pumpe, welche mittels Drehzahlstufe oder Drehzahlregelung stark gedrosselt wird, läuft mit schlechtem Wirkungsgrad und war auch unnötig teuer. Im Extremfall funktioniert die Regelung bei zu starker Überdimensionierung gar nicht!

### Wie vorgehen?

Pumpen sind in vielen Unternehmen gewichtige Stromverbraucher, und meist sind die Sparpotenziale gerade hier besonders interessant. Trotzdem empfiehlt sich eine Grobanalyse des Stromverbrauchs des gesamten Betriebes, um eine Gesamtübersicht zu erhalten und damit die genauer zu untersuchenden Bereiche besser lokalisieren zu können. Ideal für eine Grobanalyse wären Daten von Elektrizitätszählern pro Verbrauchergruppe und energierelevante Anlagendaten der wichtigsten Verbraucher (z.B. Motorenkatalog des Betriebes mit Betriebsstunden). Da solche Daten (noch) eher selten verfügbar sind, kann prag-

im Hochbau» [SIA Zürich, in Vernehmlassung].

Gestützt auf die Grobanalyse können nun – wenn die Bedeutung bzw. Bearbeitungswürdigkeit der Pumpen bestätigt ist – die Detailschritte wie unter «Analyse bestehender Pumpenanlagen» ausgeführt werden. Dabei lässt sich das EDV-Tool Opal einsetzen, welches sowohl im Fall Sanierung/ Erneuerung wie auch für Neuanlagen die einfache und schnelle Bestimmung der Energieeffizienz ermöglicht. Speziell unterstützt Opal auch Wirtschaftlichkeitsanalysen unterschiedlicher Verbesserungsmaßnahmen bei Pumpen- und Ventilatorantrieben. Fig. 8 zeigt ein Resultat von Opal für eine Pumpensanierung. Die Software kann kostenlos



## «Motor Challenge»-Programm

Das europäische «Motor Challenge»-Programm (MCP) hat zum Ziel, die Energieeffizienz von elektrischen Antrieben gesamtheitlich zu fördern. Zu diesem Zweck wurden eine Anzahl so genannte Module zu den wichtigsten Antriebsthemen geschaffen, zu finden auf der EU- wie auch der Schweizer MCP-Website. In der Schweiz wird das Anliegen von Motor Challenge in einem Promotionsprojekt von EnergieSchweiz gefördert. Im Januar 2005 hat MCP Schweiz mit Swissem und der Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW) einen Workshop durchgeführt, dessen Fachreferate – nebst vielen weiteren nützlichen Informationen – auf [www.motorchallenge.ch](http://www.motorchallenge.ch) zu finden sind. Im MCP der EU können Industrieunternehmen bzw. Motoren-Betreiber MCP-Partner werden; Beratungs-, Planungs- und Lieferfirmen können MCP-Endorser (Unterstützer) werden. Für beide Engagements ist ein Aktionsplan einzureichen und periodisch sind Fortschritte nachzuweisen. Interessenten wenden sich an das Schweizer MCP-Team.

- Motor Challenge Programm Schweiz, diverse Informationen: [www.motorchallenge.ch](http://www.motorchallenge.ch)
- Div. Pilot- und Forschungsprojekt-Berichte, Referate des Motor Challenge Workshops 20.1.05: [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch)
- MCP-Module: Antriebe, Pumpen, Ventilatoren, Druckluft, Management-Politik (Download [www.motorchallenge.ch](http://www.motorchallenge.ch))
- Motor Challenge Programm der EU: <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/motorchallenge/>

von [www.semafor.ch](http://www.semafor.ch) (Produkte > OPAL) heruntergeladen werden.

- Referenzen/Information:
- *Energiesparpotenzial bei Pumpen bestimmen*, Ronald Tanner, TR Nr. 10/2004
  - *Effiziente Elektroantriebe sparen Kosten*, Rolf Gloor, SMM Nr. 21/2004