

**Pilotprojekt: Felderprobung Klein-Umwälzpumpe mit hohem Wirkungsgrad**

## ***Kurzfassung des Schlussberichts***

---

*Titel:* **Praxis-Erprobung einer Stromspar-Umwälzpumpe**

*oder:* Stromspar-(Klein-)Umwälzpumpe bewährt sich in der Praxis

*Autoren* Jürg Nipkow, Dipl. Elektroingenieur ETH/SIA, ARENA, Zürich  
Wolfram Meyer, Diplomingenieur TU, Biral AG, Münsingen

*Lead* Kleine Umwälzpumpen weisen bisher oft Wirkungsgrade von unter 10% auf. Eine von Biral AG mit weiteren Projektpartnern entwickelte Stromsparpumpe mit rund dreimal besserem Wirkungsgrad wurde in einer Vorversion bereits 20-fach in der Praxis normaler Heizanlagen erfolgreich erprobt. Die Entwicklung zur Serienreife geht weiter.

## **Ausgangslage**

Kleine Umwälzpumpen für Heizanlagen bis etwa 20 Wohnungen weisen oft tiefe Wirkungsgrade von unter 10% auf. Als Ergebnis eines vom Bundesamt für Energie unterstützten Energieforschungsprojektes [1, 2] konnten 1994 Prototypen einer Klein-Umwälzpumpe vorgestellt werden, deren Wirkungsgrade in der Branche Aufsehen erregten (Bild 1). Ein erster Schritt zur Weiterentwicklung in Richtung Serienprodukt wurde denn auch von der federführenden Firma Biral AG in Angriff genommen: das erfolgversprechende Konzept aus dem Forschungsprojekt wurde näher zur industriellen Fertigung hin entwickelt und eine kleine Vorserie von gut 20 Stück hergestellt. Diese wurden zuerst im Labor und anschliessend in normalen Heizanlagen in der ganzen Schweiz getestet. Bei der technischen Entwicklung stand im Vordergrund, die Herstellkosten zu senken bzw. für eine spätere Serienfertigung besser beurteilen zu können. Mit dem Feldtest sollte die Praxistauglichkeit und Zuverlässigkeit der technischen Funktionen erprobt werden.

Das Projekt "Felderprobung einer Stromspar-Kleinumwälzpumpe" konnte im April 1999 abgeschlossen werden. Es wurde vom Bundesamt für Energie und von den Kantonen BE, BL, BS, SO, VD und ZH finanziell unterstützt; diese Geldgeber stellten aber auch Heizanlagen für die Installation der Feldtest-Pumpen zur Verfügung und konnten so direkte Erfahrungen mit den neuen Pumpen machen.

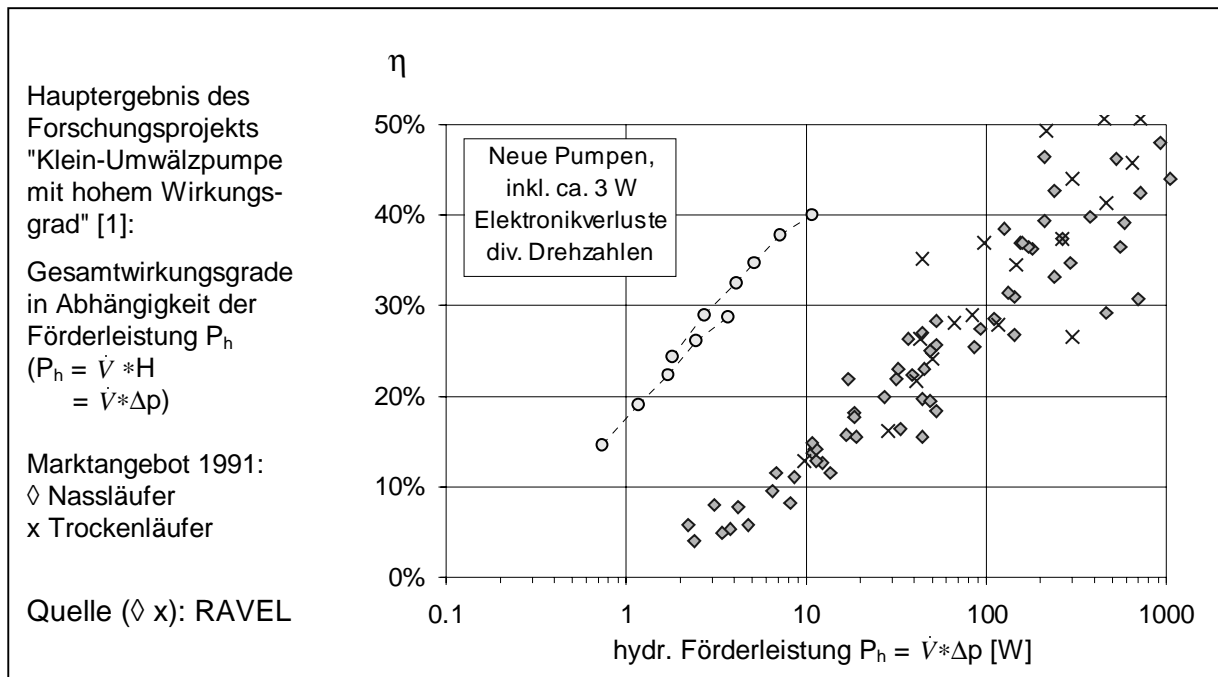


Bild 1 Pumpen-Wirkungsgrade: Marktangebot 1991 und Prototypen 1994

## Technik der Feldtest-Pumpe

Die wichtigsten Eigenschaften der Feldtest-Pumpe Biral MC 10 (Bild 2) sind:

- Pumpengehäuse entsprechend den kleinsten üblichen Anschlussmassen (130 mm lang, G 1½" Verschraubung)
- Laufrad für Drehzahlen bis über 4000 U/min
- Motor als Nassläufer, d.h. der Rotor läuft im Fördermedium, durch ein Spaltrohr zum Stator abgedichtet
- Drehstrom-Synchronmotor mit Permanentmagnet-Rotor. Dieser Motortyp erreicht sehr hohe Wirkungsgrade (> 70%) auch bei kleinen Wellenleistungen von hier 5 bis 20 Watt. Solche Motoren müssen über eine spezielle Elektronik gespeist werden, welche die erforderliche dreiphasige Spannung mit variabler Frequenz erzeugt.

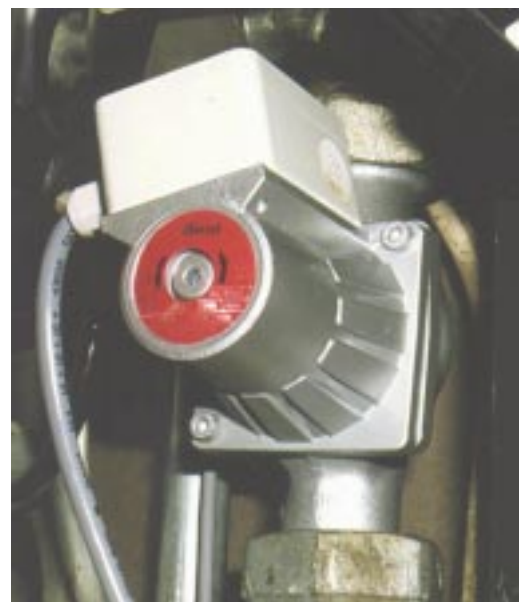
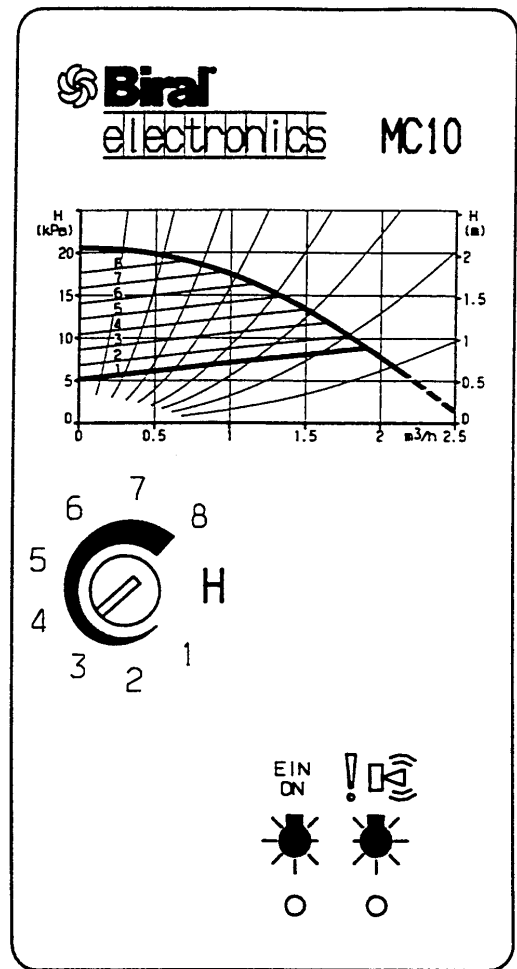


Bild 2 Feldtest-Pumpe Biral MC 10

- Die elektronische Steuerung enthält einen Mikroprozessor zur Realisierung der erforderlichen Funktionen. Die Steuerung inkl. Netzteil ist bei den Feldtest-Pumpen in einem von der Pumpe getrennten Gehäuse untergebracht. Sie kann noch beträchtlich verkleinert werden, so dass der Einbau in einen Klemmenkasten auf der Pumpe möglich wird.
- In normalen Heizgruppen wird die Pumpe drehzahl geregelt nach Regelkennlinien gemäß Bild 3 (für Spezialanwendungen sind feste Drehzahlen einstellbar). Durch einen speziellen Algorithmus wird der aktuelle Arbeitspunkt aus Drehzahl und Motorstrom (Drehmoment) laufend erfasst und Abweichungen vom Sollwert werden kompensiert.

Am Einstellelement (Potentiometer, Skala 1 – 8) wird die gewünschte Regelkennlinie gewählt. Ueber Leuchtdioden werden Betriebszustand (Anzahl Blinksignale = Nr. der Kennlinie) und ggf. Störungen angezeigt. Der Motor-Anlauf erfolgt stets mit maximalem Drehmoment.

Bild 3 Steuergerät mit Regelkennlinien



### Konzeption der Felderprobung

Die 20 Feldtest-Pumpen wurden in Heizanlagen vom Einfamilienhaus bis 9-Familienhaus in der ganzen Schweiz installiert (Bild 4). Dabei sind alle Arten von Heizgruppen vertreten: Radiatoren- und Fussbodenheizungen sowie Anlagen mit langen Zuleitungen (Fernheizung innerhalb Gebäuden). Die Anlagen sind in der Tabelle Bild 5 nach Art der Objekte bzw. Wärmeabgabe und mit Einbaudatum zusammengestellt.

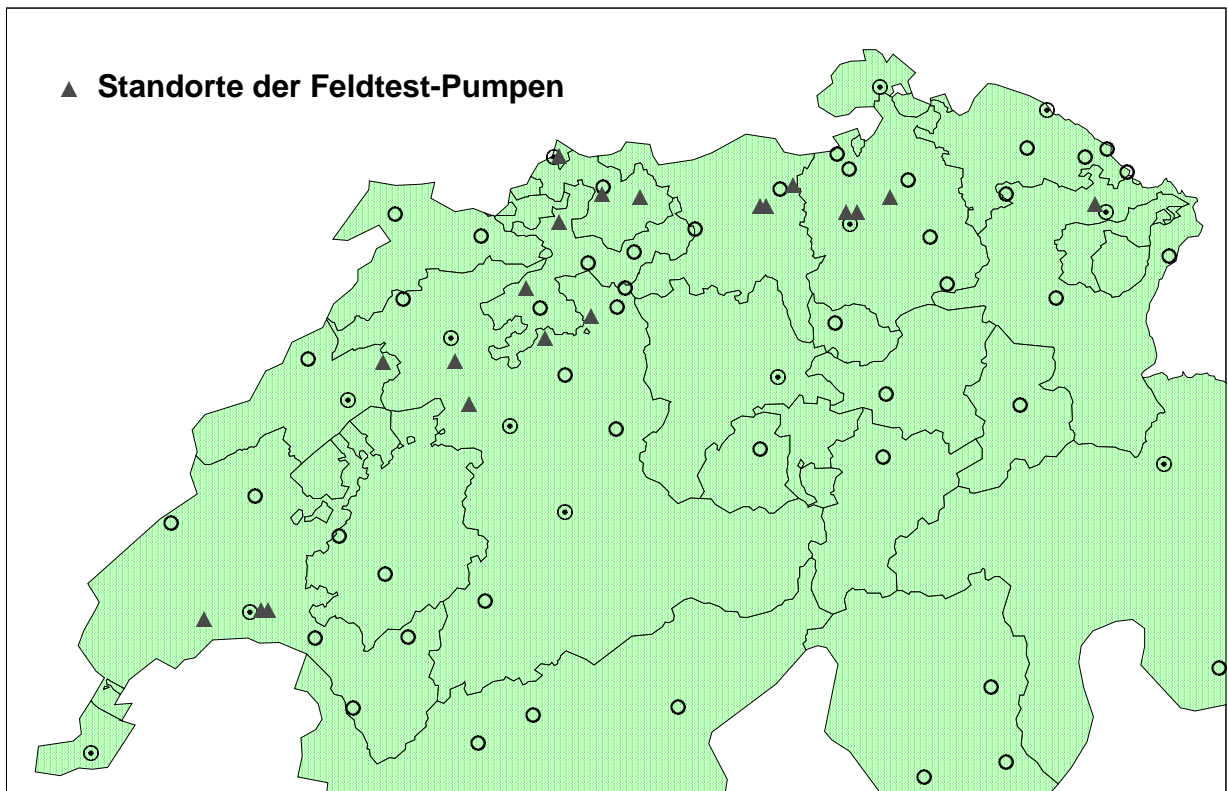


Bild 4 Standorte der Heizanlagen mit Feldtest-Pumpen

<b>Feldtest - Pumpen: Uebersicht, nach Objekt- bzw. Wärmeabgabety</b>			
<b>Ort</b>	<b>Objekt</b>	<b>Wärmeabgabe</b>	<b>Einbauda- tum</b>
3428 Wiler	EFH	FBH (Fussbodenheizung)	Dez. 97
4515 Oberdorf	EFH	FBH	Dez. 97
3250 Lyss	EFH	Radiatoren	Jan. 98
4410 Liestal	EFH	FBH	Jan. 98
4460 Gelterkinden	EFH	Radiatoren	Jan. 98
3184 Wünnewil	EFH	FBH	März 98
4556 Aeschi	EFH	FBH 95%	März 98
5210 Windisch /a	EFH	Radiatoren	Okt. 98
5210 Windisch /b	EFH	FBH + Radiatoren	Okt. 98
3127 Mühlethurnen	EFH	FBH	Nov. 98
9010 St. Gallen	EFH	Radiatoren	Dez. 98
8310 Kempththal	EFH (NOAH-Niedrigenergiehaus)	FBH	Okt. 98
1175 Lavigny	Wohnung/EFH	Radiatoren	Jan. 98
5436 Würenlos	Wohnung/Fernleitung	Radiatoren	Nov. 98
8090 Zürich	Wg/Fernleit. Amt für Energie	Radiatoren	Feb. 98
1014 Lausanne /M6	Amt für Energie (Heizgruppe)	Radiatoren	Jan. 98
1014 Lausanne /M10	Amt für Energie (...)	Radiatoren	Jan. 98
4001 Basel	Amt für Energie (...)	Radiatoren	Jan. 98
8006 Zürich	3-Familienhaus	Radiatoren	Jan. 98
8044 Zürich	9-Familienhaus	Radiatoren	Sept. 98

*Bild 5 Uebersicht Feldtest-Pumpen nach Objekt- bzw. Wärmeabgabety*

Um detaillierte Informationen zum Verhalten der Pumpen insbesondere im Fall von Störungen bzw. ungeplanten Zuständen zu erhalten, wurden im Rahmen eines Messprojektes speziell für diesen Bedarf Messmodule an der EPFL (Laboratoire d'électromécanique et de machines électriques LEME) entwickelt und gebaut. Das Funktionsprinzip ist in Bild 6 dargestellt, ein Messmodul im dunklen Gehäuse ist im Bild 7 zu sehen.

Die Module registrieren und speichern die wichtigsten Betriebsdaten der Pumpe alle 10 Minuten, wobei die gespeicherten Daten als Mittelwerte sehr vieler Einzelmessungen während des 10-Minuten-Zyklus erfasst werden:

- Elektrische Leistungsaufnahme von Pumpe inkl. Motorelektronik
- Drehzahl
- Motorstrom
- Vorlauftemperatur der Heizung
- Gültigkeit der Zyklus-Messwerte  
(z.B. ungültig bei extremen Schwankungen innert der 10 Minuten).

Im Modul können Daten von 33 Tagen gespeichert werden; sie müssen somit monatlich ausgelesen werden. Für die rationelle Auswertung und zweckmässige Darstellung der registrierten Daten wurde ein EDV-Programm-Modul (EXCEL Arbeitsblatt) geschaffen, welches durch Einlesen der Daten sofort Diagramme der Messperiode liefert (Bild 8).

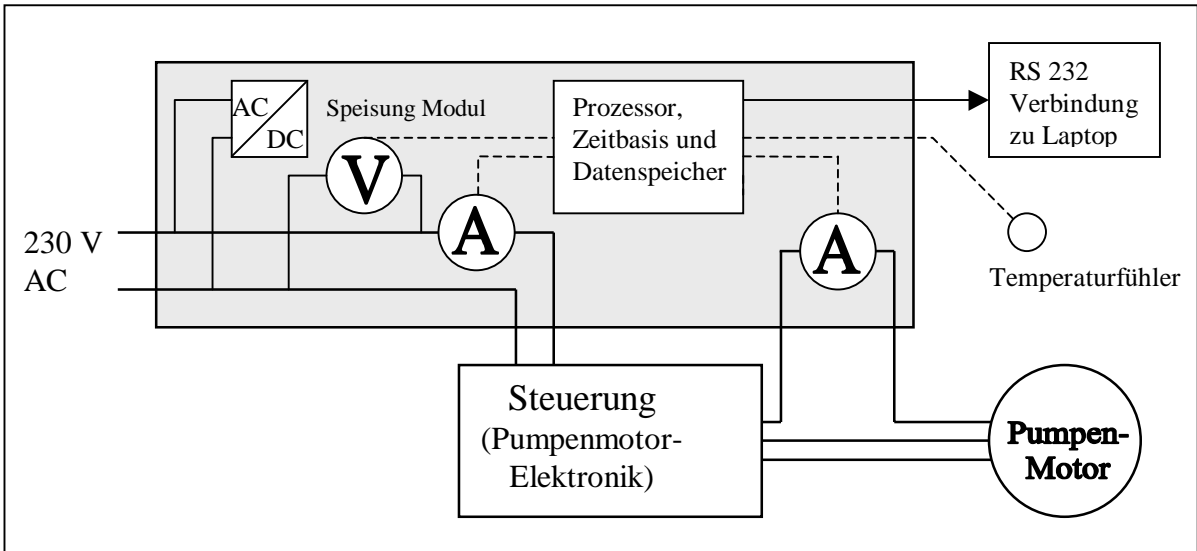


Bild 6 Funktionsprinzip des Messmoduls



Objekt:

AWEL Zürich, Gruppe Wohnung (links). Die vorher eingebaute Pumpe war nur wenig kleiner als jene der Gruppe rechts.

Unten rechts befindet sich das Messmodul; das Kabel mit Schlaufe führt zum Temperaturfühler über der Pumpe.

Bild 7 Feldtest-Pumpe in Heizungsverteiler im Testbetrieb

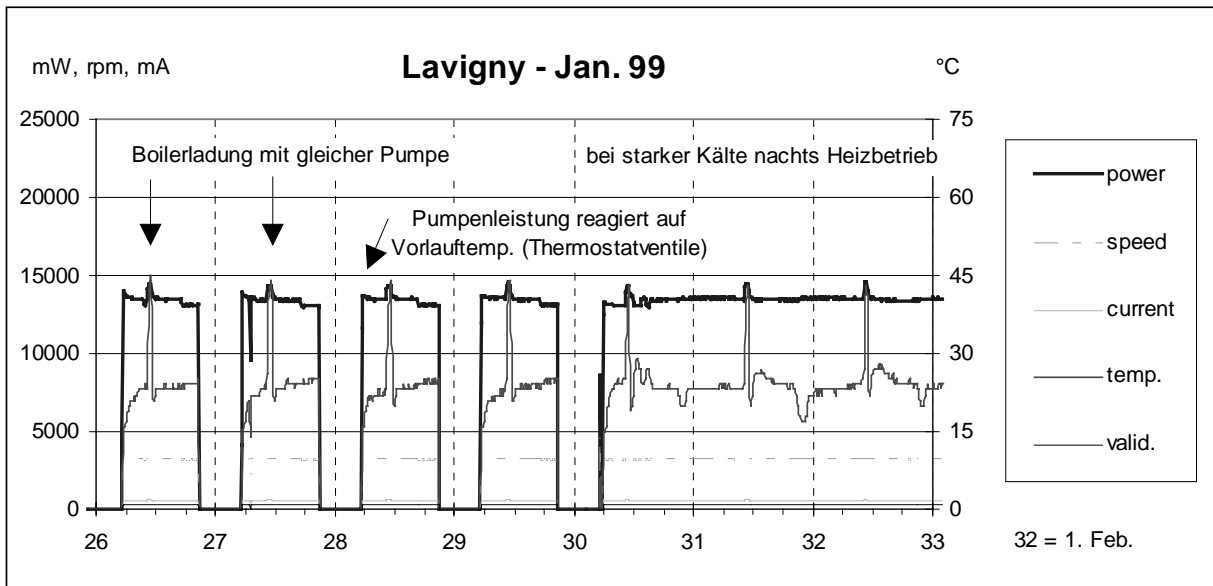


Bild 8 Beispiel eines Auswertungsdiagramms

## Ergebnisse der Felderprobung

Nach den Labortests war die Beantwortung der folgenden drei Fragen durch die Praxistests von grösstem Interesse:

1. Betriebssicherheit: gibt es Ausfälle, weshalb, wann?
2. Sind in den Häusern Geräusche vernehmbar oder gar störend? Bei einer Prototyp-Pumpe in einem Wohnhaus waren 1993 in den Wohnräumen Pfeiftöne hörbar (Taktfrequenz des Wechselrichters der Motorelektronik).
3. Welche Leistungsaufnahme weisen die Stromsparpumpen im Vergleich zu den vorher eingebauten handelsüblichen Pumpen auf?

### 1. Betriebssicherheit

Bei den total 20 Pumpen mit Messmodulen ergab sich folgende Bilanz:

- |    |  |
|----|--|
| 10 | keinerlei Betriebsprobleme   |
| 3  | vorübergehend kleine Unzulänglichkeiten (Geräusch, kurze Stillstände)  |
| 5  | Ausfall, Weiterbetrieb nach Massnahmen (Austausch von Elektronik/Pumpe)  |
| 2  | Pumpe auf Wunsch der Betreiber nach mehreren Betriebsstörungen ausgebaut (beide Pumpen waren nach Störungsbehebung wieder funktionsfähig). |

Für die Ausfälle waren drei Arten von Ursachen verantwortlich:

- In einigen Fällen wurde die Pumpen-Elektronik durch Spannungsspitzen des örtlichen Netzes beschädigt. Es zeigte sich, dass die ursprüngliche Spannungsfestigkeit von 500 V nicht ausreichte; durch ein nachträglich eingebautes Netzfilter musste sie auf über 1000 V erhöht werden.
- Bei einzelnen Anlagen führten schnelle Wassertemperatur-Wechsel zu Luftansammlungen im hinteren Pumpenlager und in der Folge zu Klemmen und Stillstand. Meist lief die

Pumpe nach Aus- und Wiedereinschalten wieder. Bei den beiden Anlagen, wo die alte Pumpe wieder eingebaut werden musste, wurde die eigentliche Ursache erst nach mehreren Betriebsausfällen erkannt und die Betreiber wollten keine Störungen mehr riskieren. Das Problem ist mit konstruktiven Massnahmen zur besseren selbsttätigen Entlüftung des Rotorraumes zu lösen.

- Im Zusammenhang mit den Lagerreibungs-Problemen zeigte sich, dass der automatische Wiederanlauf nach Stillstand differenzierter programmiert werden muss, um eine blockierte Pumpe z.B. nach einer Abkühlpause wieder starten zu können.

## **2. Geräusche**

In 4 Anlagen war nach Auskunft der Bewohner ein Pfeifton zu hören, wobei dies in zwei Fällen als störend beurteilt wurde. Da diese Möglichkeit vom Prototyp her bekannt war, wurde bereits bei der Neukonzeption der Elektronik eine Gegenmassnahme vorgesehen. Mit einem kleinen Umschalter in der Elektronik kann die Stromanstiegs-Geschwindigkeit der Motor-Elektronik geändert werden. Damit konnte das Geräusch auf einen kaum mehr hörbaren Pegel reduziert werden.

## **3. Leistungsaufnahme der Stromspar- im Vergleich zur vorher eingebauten Pumpe**

Von besonderem Interesse ist die Leistungsaufnahme der vorher eingebauten im Vergleich mit den neuen Stromsarpumpen, weil dieses Verhältnis für die Stromeinsparung massgebend ist. In Bild 9 sind diese Daten dargestellt. Die erzielten Leistungsreduktionen sind frappant. Zwar waren die vorher eingebauten Pumpen nicht in allen Fällen nach neuesten Erkenntnissen [4] dimensioniert, aber auch die neuen Stromsarpumpen konnten nicht immer auf die optimale Leistung eingestellt werden, da die Planungsdaten der Anlagen nicht zur Verfügung standen.

Die beobachtete Leistungsreduktion ist nur in einem Fall (1. Säule in Bild 9) kleiner als 50%, was auf eine besonders sparsame vorher eingebaute Pumpe zurückzuführen ist (der Typ ist nicht mehr auf dem Markt). In den meisten Anlagen beträgt die Reduktion und damit die Stromeinsparung  $\frac{3}{4}$  und mehr.

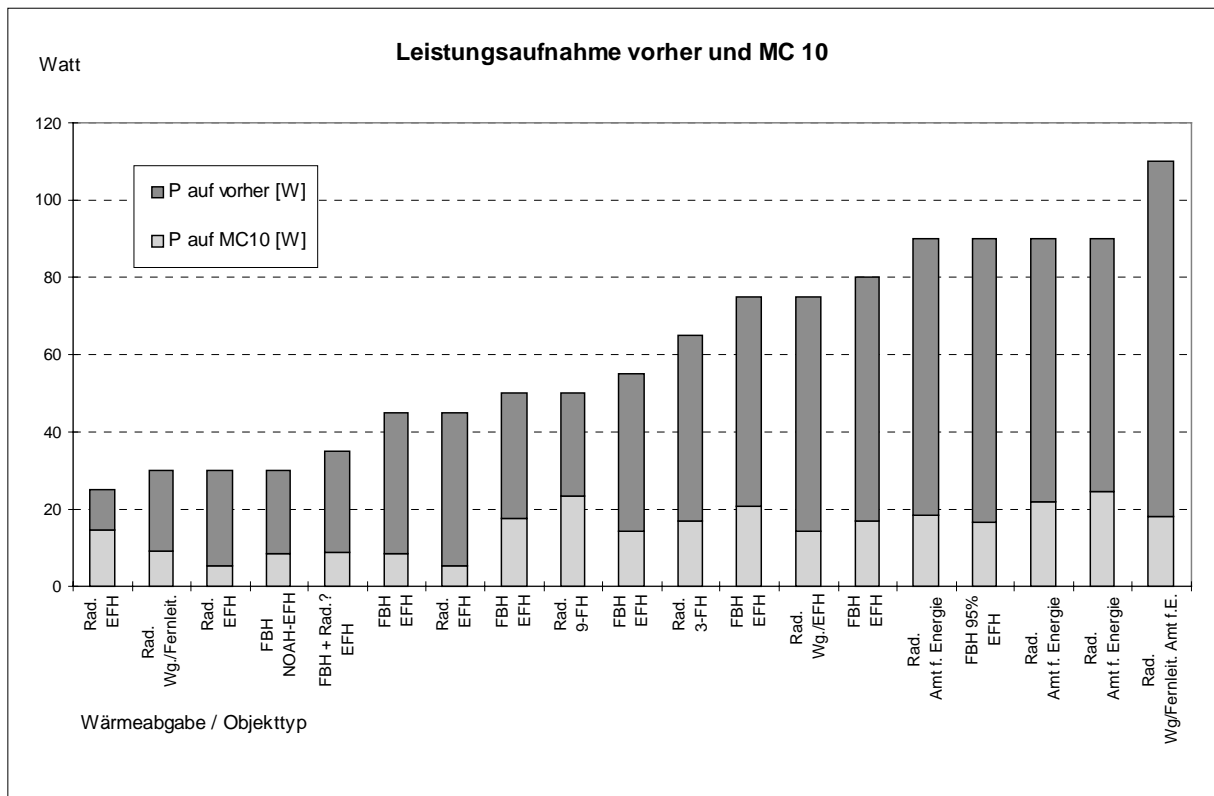


Bild 9 Leistungsaufnahme der vorher eingebauten und der Feldtest-Pumpen

## Perspektiven

### Grosser Feldtest

Nachdem mit den ersten Feldtests die Funktionsfähigkeit und Praxistauglichkeit der neuen Kleinpumpe grundsätzlich erwiesen wurde, sind die technischen Voraussetzungen für die Weiterentwicklung in Richtung Industrialisierung zur Serienfertigung gegeben. Die im Pilotprojekt erkannten Probleme können durch relativ einfache Massnahmen gelöst werden. Als nächster Schritt ist ein grosser Feldtest mit einigen Hundert Pumpen notwendig. Damit kann die Zuverlässigkeit auch statistisch beurteilt werden. Wieweit der beträchtliche Aufwand für diesen Feldtest durch Verkauf der Pumpen gedeckt werden kann, ist noch offen.

Interessierte Installateure, Planer und Anlagenbesteller, welche die neuen Stromspar-Pumpen im Rahmen des grossen Feldtests selber einsetzen wollen, können sich bei Biral AG, 3110 Münsingen, Tel. 031 720 90 00, Herrn Wolfram Meyer, melden.

### Marketing

Für einen erfolgreichen Markteintritt der Stromspar-Kleinpumpe ist noch grosse Ueberzeugungsarbeit in der Heizungsbranche (Planer und Installateure) und bei Anlagenbestellern zu leisten: Heizungspumpen werden offensichtlich nach wie vor massiv überdimensioniert. Felduntersuchungen haben 1996 gezeigt, dass auch drehzahlgeregelte Umwälzpumpen in gleichem Ausmass wie nicht geregelte überdimensioniert bzw. auf zu grosse Leistungen eingestellt werden [3]. Die "Marktvorbereitung" für kleinere Pumpen mit hohem Wirkungsgrad durch entsprechende Aus- und Weiterbildung stellt eine wichtige flankierende Massnahme des Projekts dar. Mit dem Leitfaden für Dimensionierung und Auswahl von Umwälz-



pumpen[4] hat das Bundesamt für Energie bereits 1997 einen Anstoss gegeben. Weitere Umsetzungsmassnahmen werden geprüft.

### **Stromspar-Potential**

In der Schweiz gibt es rund 1 Million kleine Umwälzpumpen mit Leistungsaufnahmen bis etwa 100 W, welche bei richtiger Dimensionierung durch die neue Stromsarpumpe ersetzt werden könnten. Wenn die durchschnittliche Leistungsreduktion mit 50 W angenommen wird (vgl. dazu Bild 8), so resultiert bei jährlich 3000 Betriebsstunden (Mittelwert) eine Stromersparung von 150 Mio kWh pro Jahr. Dies entspricht etwa einem Drittel des Stromverbrauchs aller Fernseher in der Schweiz. Und diese Spartechnologien sind auch für mittlere Pumpen äusserst interessant, womit mindestens nochmals dasselbe Sparpotential brachliegt.

### **Literatur**

- 1 Nipkow, J. et al.: "Klein-Umwälzpumpe mit hohem Wirkungsgrad", Schlussbericht BEW-Energieforschungsprojekt, Bern 1994
- 2 Staubli, Th., Nipkow, J.: Wirkungsgradverbesserung bei Kleinumwälzpumpen. Pumpentagung Karlsruhe 1996, Preprint A 2-2, Fachgemeinschaft Pumpen VDMA, Frankfurt/M.
- 3 Nipkow, J., Keller, L.: Elektrizitätsverbrauch drehzahl geregelter Umwälzpumpen BEW-Schriftenreihe, Studie Nr. 57, Bern 1996
- 4 Umwälzpumpen - Leitfaden für Dimensionierung und Auswahl Bundesamt für Energiewirtschaft BEW, Bern 1997