

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 87 (1995)
Heft: 5-6

Artikel: Kleinumwälzpumpen: Wirkungsgrad verdreifacht
Autor: Nipkow, Jürg
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940406>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Kleinumwälzpumpen: Wirkungsgrad verdreifacht

Jürg Nipkow

Zuverlässigkeit, Geräuscharmheit, rationelle Herstellung und neuerdings auch elektronische Drehzahlregelung von Heizungsumwälzpumpen sind technisch hoch entwickelt. Vom Wirkungsgrad kann dies allerdings nicht gesagt werden: Gegen 2 Millionen kleine Umwälzpumpen (bis etwa 150 W Leistungsaufnahme) in der Schweiz bringen im Mittel nur rund 10 % der verbrauchten elektrischen Energie als nutzbare Umwälzenergie in den Wasserkreislauf. Ein Forschungsprojekt des Bundesamtes für Energiewirtschaft unter Beteiligung von Hochschulen und Privatwirtschaft zeigt, was mit modernen Technologien möglich ist: Die nach zweijähriger Forschungsarbeit gebauten Funktionsmuster von Kleinumwälzpumpen erreichen Gesamtwirkungsgrade bis zu 40 %. Die Weiterentwicklung zu Serienprodukten soll rasch an die Hand genommen werden.

Weshalb Kleinumwälzpumpen mit hohem Wirkungsgrad?

Umwälzpumpen für Heizungsanlagen von Ein- und kleineren Mehrfamilienhäusern weisen sehr ungünstige Gesamtwirkungsgrade (hydraulische Nutzleistung/elektrische Leistungsaufnahme) im Bereich von 10 % auf. Dies liegt einerseits an den verwendeten Asynchron-Spaltrohrmotoren (Bild 1), deren Verluste sich mit abnehmender Leistung immer stärker auswirken; andererseits sind auch die Strömungsverluste dieser sehr kleinen Kreislumpen relativ gross. In der Schweiz existieren gegen 2 Mio Kleinpumpen mit elektrischen Leistungsaufnahmen bis etwa 150 Watt und verursachen einen Stromverbrauch von rund 1 % des Landesverbrauches. Das ist etwa das Doppelte des Verbrauchs sämtlicher Fernsehapparate der Schweiz!

Wie grosse Pumpen braucht es tatsächlich?

Aus Untersuchungen zahlreicher Heizanlagen ist bekannt, dass nicht nur die Heizkessel, sondern auch die Umwälzpumpen überdimensioniert sind. Bei den Pumpen wirkt sich die herkömmliche «Sicherheitsmarge» punkto Ener-

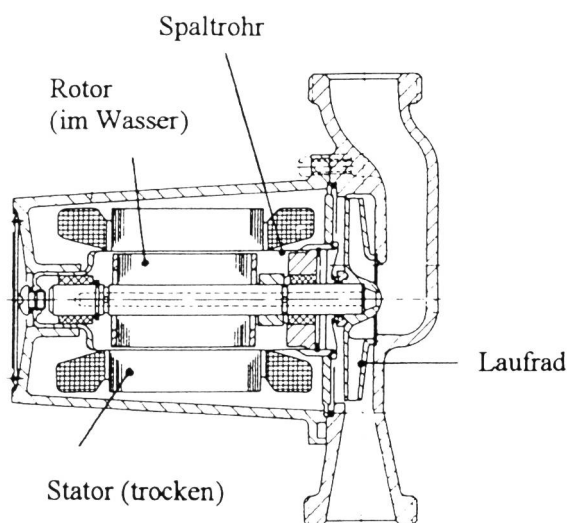


Bild 1. Schnitt durch Heizungsumwälzpumpe (Nassläufer mit Spaltrohr).

Tabelle 1. Technische Daten von Kleinumwälzpumpen.

Wärmeleistungsbedarf	kW	10	20	40
Anzahl Wohnungen (ca.)		1...3	3...6	5...12
Fördermenge	m ³ /h	0,45	1	2
Förderhöhe (10 kPa ≈ 1 mWs)	kPa	8	9	9,9
Hydraulische Leistung	W	1	2,5	5,5
Arbeitspunkt		A	B	C
Typ. Gesamtwirkungsgrad heute	%	5	7	9
Resultierende elektrische Leistungsaufnahme	W	20*	36	61

* So kleine Pumpen sind fast nur als Warmwasser-Zirkulationspumpen erhältlich!

gieverbrauch meist viel drastischer aus als bei Kesseln: Wird nämlich das Doppelte der benötigten Wassermenge umgewälzt, so kann der entsprechende Pumpenstromverbrauch bis achtmal so hoch sein. Ausserdem haben überdimensionierte Pumpen häufig Geräuschprobleme durch pfeifende Heizkörperventile zur Folge. Eine genaue Pumpenauslegung würde in kleinen Anlagen etwa die Kennwerte gemäss Tabelle 1 ergeben (ohne Zusatzdruckverluste von Wärmezählern oder Kondensationswärmetauschern).

Die richtige Auslegung aller Umwälzpumpen – beim Ersatz oder bei neuen Anlagen – kann bereits ein enormes Stromsparmopotential erschliessen. Kurse und Workshops im Impulsprogramm RAVEL (Rationelle Verwendung von Elektrizität) vermitteln schon seit 1991 das dazu nötige Wissen an Planer und Installateure [1, 2, 3]. Für kleine Heizanlagen ergibt die Berechnung allerdings so kleine Pumpenleistungen, dass effektiv zu grosse Pumpen, aber auf reduzierter Drehzahlstufe, eingesetzt werden müssen. Dabei fällt der Wirkungsgrad weit unter 10 %. Wie Tabelle 1 zeigt, wären Pumpen mit hydraulischen Leistungen bis hinunter gegen 1 Watt und mit besseren Wirkungsgraden gefragt.

Wie lassen sich Kleinumwälzpumpen verbessern?

Die Ursachen der schlechten Wirkungsgrade kleiner Spaltrohrpumpen wurden im Projekt analysiert. Die Literaturrecherche war diesbezüglich allerdings wenig ergiebig; zu den Verlustquellen bei so kleinen Pumpen waren kaum Angaben zu finden. Durch Messungen und Berechnungen konnten jedoch die Energieflüsse teils quantitativ beschrieben und die Motorparameter sogar in einem Computermodell bearbeitet werden. Als Quintessenz dieser Analysen zeigt Bild 2 die Leistungsflüsse zweier typischer Kleinpumpen.

Mittels Kreativseminarien wurde nach alternativen Pumpensystemen gesucht. Keine der denkbaren grundsätzlich neuartigen Lösungen erwies sich jedoch als geeignet. Vielversprechende Ansätze zu besseren Gesamtwirkungsgraden zeigten sich hingegen beim Einsatz von Permanentmagnetmotoren sowie bei der Optimierung von Pumpenlaufrädern für höhere Drehzahlen.

Neues Motorenkonzept

Synchronmotoren mit Permanentmagnetrotor erzielen sehr hohe Wirkungsgrade auch bei kleinsten Leistungen. Gegenüber dem bisher verwendeten Spaltrohr-Asynchronmotor ergeben sich besonders grosse Wirkungsgradgewinne, weil Luftspalt- bzw. Spaltrohr-bedingte Verlustkomponenten beim Synchronmotor wegfällen. Solche Motoren benötigen eine elektronische Speisung, mit welcher die Drehzahl ohne Mehraufwand stufenlos steuerbar ist. Damit

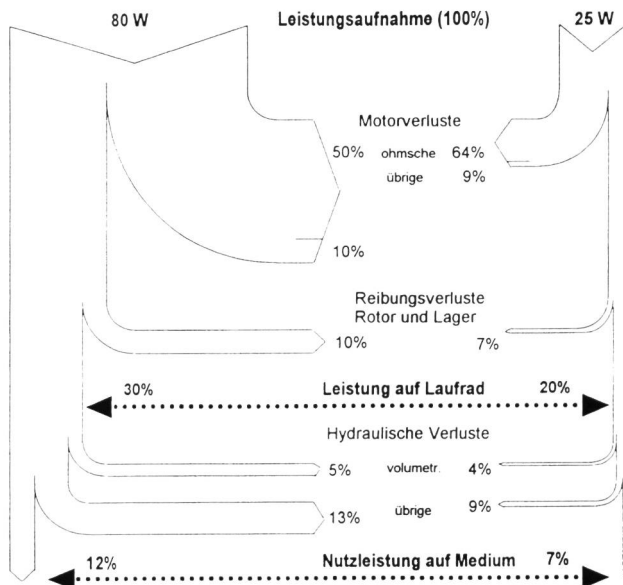


Bild 2. Leistungsflüsse zweier typischer Kleinumwälzpumpen.

sind in Heizanlagen mit variablen Durchflüssen (z. B. durch Thermostatventile) zusätzliche Pumpenenergie-Einsparungen möglich.

Im Labor für Elektromechanik und elektrische Maschinen der Eidg. Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) wurden zwei für Kleinpumpen passende Motoren mit Computerprogrammen optimiert. Anschliessend konnte eine kleine Anzahl Motoren mit 5 und 10 Watt Wellenleistung samt elektronischen Speisegeräten gebaut werden. Zum Schutz der hochwertigen Magnete vor Korrosion wurden die Rotoren der Versuchsmotoren mit dünnem Edelstahlblech ummantelt. Bei den Labormessungen an der EPFL bestätigten sich die berechneten hohen Motorwirkungsgrade von über 80 %. Für das ganze Antriebssystem mit Berücksichtigung der Elektronikverluste resultieren Werte von 60 bis 80 %, je nach Motorbelastung und Drehzahl. Zum Vergleich: Die Wirkungsgrade herkömmlicher Kleinpumpenmotoren gemäss Bild 2 liegen bei 27 bis 40 %.

Laufrotoptimierung

Strömungstechnische Untersuchungen zum hydraulischen Wirkungsgrad sehr kleiner Umwälzpumpen liessen ebenfalls Möglichkeiten der Wirkungsgradverbesserung erhoffen. Auf experimenteller Basis wurden solche am Laboratorium für Strömungsmaschinen der ETH Zürich im Rahmen von Diplomarbeiten untersucht. Bewährte Laufrotoptimierungen wurden von den Pumpenherstellern Bieri Pumpenbau AG und Rüttschi Pumpen AG an die anvisierten kleineren Leistungen angepasst und mit CAD-Programmen gezeichnet. Dabei resultierten Laufrotdurchmesser von 20 bis 30 mm für Drehzahlen von 3000 bis 5000 U/min. Für die formgenaue Herstellung dieser kleinen Laufräder wurde erstmals eine Stereolithografiemaschine eingesetzt. Diese neue Technologie erlaubt die computergeführte Herstellung komplexer Teile durch schichtweise Aushärtung des flüssigen Kunstharzes mittels Laserstrahl. Die Arbeiten wurden am Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der ETHZ durchgeführt. So konnte eine kleine Anzahl Prototypenlaufäder für Wirkungsgradmessungen und Pumpentests stereolithografisch hergestellt werden.

Bei den Messungen im Labor für Strömungsmaschinen der ETH Zürich konnten tatsächlich Laufadwirkungsgrade bis gegen 60 % gemessen werden. Damit liegen die neuen

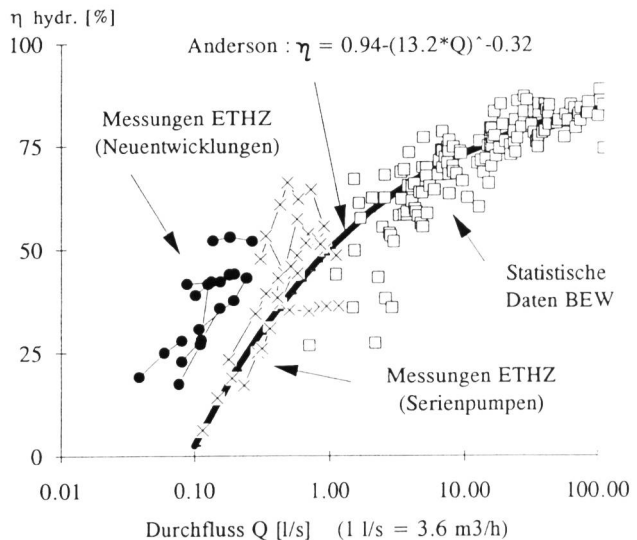


Bild 3. Laufadwirkungsgrade von Kleinpumpen zusammen mit Werten marktgängiger Pumpen und der empirischen «Anderson-Regression» [5].

Laufäder, wie Bild 3 zeigt, deutlich über dem Bereich der gemäss «Anderson-Formel» [5] üblicherweise zu erwartenden Werte.

Pumpenherstellung und Messergebnisse

Die bereits einzeln geprüften Komponenten (Speisegeräte, Motoren, Laufäder) wurden mit den inzwischen gefertigten Wellen, Gehäuseteilen usw. zu fertigen Pumpen zusammengebaut (Bild 4). Auf zwei Prüfständen (Bieri Pumpenbau AG und Rüttschi Pumpen AG) wurden Pumpen aus vier verschiedenen Kombinationen von Motoren und Laufädern über einen grossen Drehzahlbereich gemessen. Die Resultate entsprachen den – nach den Einzelprüfungen hochgesteckten – Erwartungen. Im «Wirkungsgradfeld» herkömmlicher Pumpen nehmen sich die erreichten Wirkungsgrade sehr vorteilhaft aus (Bild 5). Diese Gesamtwirkungsgrade beziehen sich auf die Gleichstromleistung des Speisegerätes, sie berücksichtigen also den Eigenverbrauch der Steuerelektronik von im Mittel 3 Watt. Zukünftig soll dieser Eigenverbrauch noch deutlich vermindert werden können. Hingegen sind die Verluste des u. a. aus Sicherheitsgründen eingebauten Netztrafos in den Wirkungsgradangaben nicht berücksichtigt, weil die Speisegeräte nach einer weiteren Entwicklungsstufe ohne Netztrafo auskommen werden.

Bild 6 zeigt Kennlinien, Wirkungsgradverlauf und Leistungsaufnahme zweier Kombinationen der neuen Pumpen. Die Arbeitspunkte A, B, C entsprechen jenen von Tabelle 1. Mit den dargestellten Drehzahlen können offen-

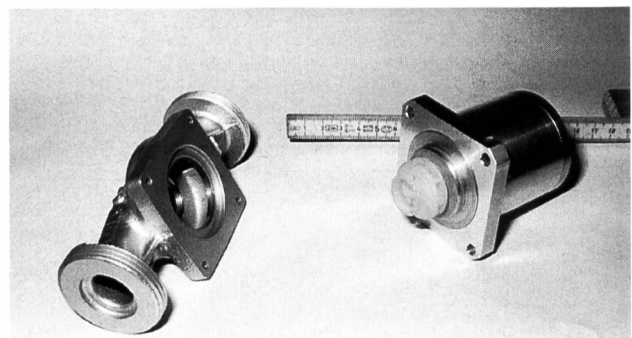


Bild 4. Geöffnete Pumpe mit 10 W Wellenleistung und 28-mm-Laufad.

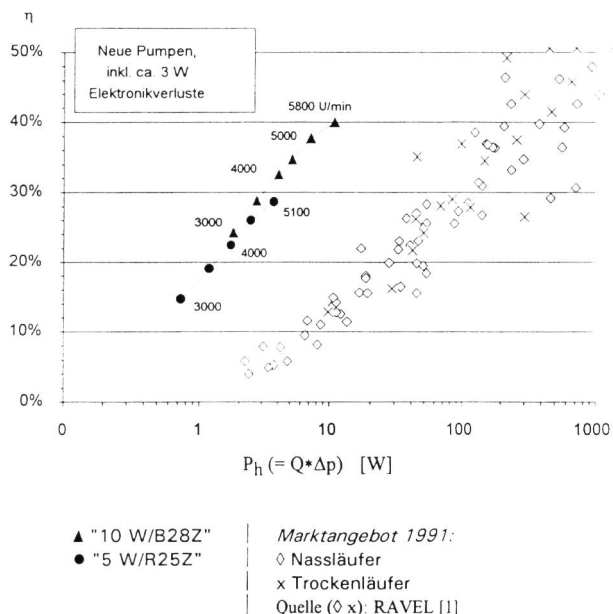


Bild 5. Gesamtwirkungsgrade von Umwälzpumpen in Abhängigkeit der Umwälzleistung P_h ($P_h = Q \cdot \Delta p$).

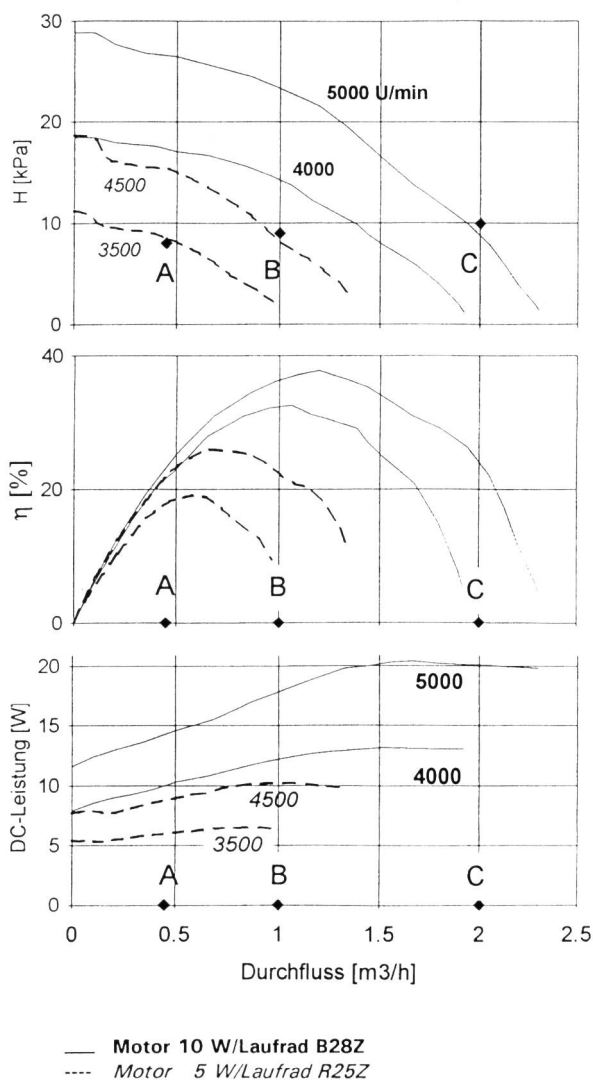


Bild 6. Kennlinien, Wirkungsgrad und Leistungsaufnahme (Gleichstrom) der Pumpen 10 W/B28Z und 5 W/R25Z zusammen mit typischen Heizgruppenarbeitspunkten A, B, C (vgl. Tab. 1).

sichtlich wesentlich grössere Förderhöhen erbracht werden, wie sie z.B. für Gaskondensationskessel oft erforderlich sind. Bei kleineren Förderhöhen bzw. Drehzahlen nimmt der Wirkungsgrad dieser Pumpen ab.

Perspektiven der Weiterentwicklung

Um die neuen Motoren zur Serienreife zu bringen, müssen einerseits rationell herstellbare Statorblechformen bestimmt und die entsprechenden Werkzeuge gefertigt werden. Dies geschieht nicht anders als bei herkömmlichen Asynchronmotoren – nur sind die Bleche, mit z.B. 37 mm Aussendurchmesser beim 5-W-Motor, kleiner als gewohnt. Beim Rotor hingegen braucht es weder Bleche noch Käfig: Er besteht aus einem mehrpolig magnetisierten Ring, welcher zweckmässig auf der Welle zu befestigen ist. Noch abzuklären ist, nebst Magnetlieferant und Magnetisiervorrichtung, ein kostengünstiger Korrosionsschutz für den Magnetring.

Mit den Versuchsmustern wurde ein labormässiges elektronisches Speisegerät eingesetzt, welches noch nicht in allen Teilen für die vorliegende Anwendung optimiert ist. Das zu entwickelnde Speisegerät wird viel kompakter sein – Ziel ist Unterbringung im Klemmenkasten der Pumpe – und kleinere Verluste aufweisen. Bereits in den Versuchsmustern bewährt ist die sensorlose Wicklungskommunikation; sie erlaubt gegenüber üblichen Steuerungen Kosteneinsparungen. Gemäss modernen Pumpenregelungskonzepten wird eine automatische Förderhöhenregelung nach vorzugebender Kennlinie im Speisegerät integriert.

Die Pumpenlaufräder können – nach den ermutigenden Erfahrungen – noch in Details verbessert werden und dürfen in klassischer Kunststoffspritztechnik gefertigt werden. Weitere hydraulische Verbesserungen sind auch bei der Form des Pumpengehäuses (Spirale, Saugmund) und bei der Oberflächenqualität denkbar.

Als nächster Schritt in Richtung zum Serienprodukt wird der Praxiseinsatz einer grösseren Zahl der neuen Pumpen im Rahmen eines Pilotprojekts des Bundesamtes für Energiewirtschaft angestrebt. Damit können allfällige technische Probleme erkannt, Fertigungsmethoden erprobt und die Herstellkosten bei Grossserienfertigung besser beurteilt werden. Die Anwendung der neuen Technologien wird aber auch für etwas grössere Pumpen geprüft, da die Wirkungsgradverbesserung gegenüber dem Asynchronmotor bis zu elektrischen Leistungsaufnahmen von 1 kW sehr interessant scheint.

Marktchancen neuer Kleinstpumpen

Die richtige Pumpenauslegung und die damit erreichbaren Stromeinsparungen sind in der Heizungsbranche – trotz RAVEL-Weiterbildungsangebot – erst ausnahmsweise ein Thema. Mit dem zunehmenden Angebot sogenannter «Units» (Heizautomaten) mit fertig installierter Pumpe scheint die Pumpenauslegung für Kleinanlagen schon gelöst zu sein – allerdings in der Regel mit enormer Überdimensionierung, um auch im ungünstigsten Einsatzfall noch «Reserve» zu haben. Ebenfalls aus Sicherheitsbedürfnis schalten Installateure die Unit-Pumpe meist auf höchste Drehzahl und bauen, zur Vermeidung von Geräuschproblemen, oft zum vornherein ein Überströmventil ein. Die Stromverschwendung erreicht damit ein Maximum: Elektrische Pumpenleistungen von Units für Einfamilienhäuser liegen häufig über 100 W, mit resultierenden Stromkosten bis über 100 Franken pro Jahr. Bei einem Niedrigenergiehaus mit z.B. 500 Litern jährlichem

Tabelle 2. Stromverbrauch und -kosten einer Kleinumwälzpumpe.

	P_{el} [W] (Mittelwert)	Stromver- brauch [kWh/Jahr]	Strom- kosten* [Fr./Jahr]
Übliche Auslegung	90	405	72,90
Richtige Auslegung, marktgängig	36	162	29,15
Neue Hochwirkungs- gradpumpe	10	45	8,10

* mittl. Strompreis 18 Rp/kWh.

Ölverbrauch kostet dann der Pumpenstrom bald gleichviel wie der Brennstoff...

Tabelle 2 und Bild 7 zeigen Stromverbrauch und Stromkosten einer Kleinumwälzpumpe für Heizanlagen mit 10 bis ca. 30 kW Heizleistung, also für Ein- und kleinere Mehrfamilienhäuser.

Zurzeit beginnen sich Bauherrschaften und Betreiber, oft durch RAVEL-Aktionen bzw. durch die Medien aufmerksam geworden, zunehmend für ihre Heizungspumpen zu interessieren; schliesslich bezahlen sie die Stromkosten. Auch die Gesetzgeber interessieren sich für den richtigen Einsatz und für Wirkungsgrade von Heizungspumpen; so hat z. B. das Bundesamt für Energiewirtschaft in Zusammenarbeit mit der Pumpenbranche Wirkungsgradzielwerte definiert. Der Pumpenstromverbrauch – und damit der Wirkungsgrad – könnte bald zu einem werbewirksamen Argument bei Heizungsinstallationen werden.

Das Projektteam

Jürg Nipkow (Projektleitung), ARENA, Schaffhauserstrasse 34, CH-8006 Zürich
 Prof. Marcel Jufer, LEME, EPFL, Lausanne
 Dr. Thomas Staubli, Institut für Energietechnik ETH, Zürich
 Wolfram Meyer, Bieri Pumpenbau AG, Münsingen BE
 Dr. E. Schmiedl und Bernhard Bikle, Rüttschi Pumpen AG, Brugg AG

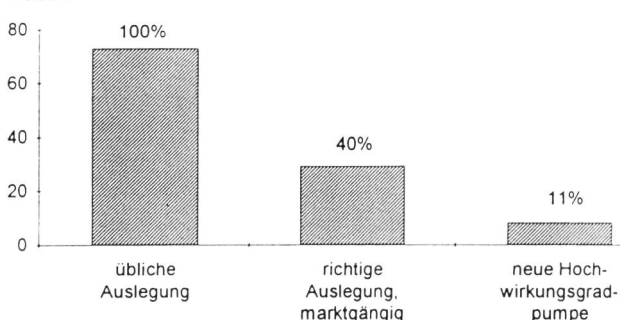
Stromkosten
Fr./Jahr

Bild 7. Stromkosten einer üblich, einer richtig ausgelegten sowie einer Hochwirkungsgrad-Kleinumwälzpumpe.

Literatur

- [1] Füglistner, E., Sigg, R.: Umwälzpumpen – Auslegung und Betriebsoptimierung RAVEL-Dokument EDMZ Nr. 724.330 D, Bundesamt für Konjunkturfüragen, Bern 1991 (Bezug: EDMZ, 3000 Bern)
- [2] Keller, L., Appelt, M.: Pompes de circulation – approche pragmatique pour diminuer la puissance installée et l'énergie consommée RAVEL-Material EDMZ Nr. 724.397.11.55 F, Bundesamt für Konjunkturfüragen, Bern 1993
- [3] Sigg, R.: Stromsparschance Umwälzpumpe – ein Leitfaden für die Dimensionierung der Umwälzpumpe in kleinen und mittleren Heizanlagen RAVEL-Dokument EDMZ Nr. 330.99 D, Bundesamt für Konjunkturfüragen, Bern 1994
- [4] Pfeleiderer/Petermann: Strömungsmaschinen Springer-Verlag, 6. Auflage, 1991
- [5] Anderson, H. H.: The economic aspect of pump efficiency Pumps for Progress, Fourth Technical Conference of the British Pump Manufacturers Association, Durham, 9.–10. April 1975

Der 80seitige *Forschungsprojekt-Schlussbericht* «Klein-Umwälzpumpe mit hohem Wirkungsgrad» (BEW 1994) kann bezogen werden bei: ENET, Postfach 142, 3000 Bern 6

Broschüre über Pico-Wasserkraftwerke

Kleinstwasserkraftwerke: Viel Potential liegt noch brach

Selbst winzige Wasserläufe lassen sich oft zur Stromerzeugung nutzen

Auch wenn sie häufig noch nicht einmal 100 Watt leisten: Für einen Alpbetrieb, ein abgelegenes Ferienhaus oder eine SAC-Hütte können Kleinst-Wasserkraftwerke (sog. Pico-Kraftwerke) die Lebensqualität oft entscheidend verbessern. Das Problem: Ein vernünftiges Preis-Leistungs-Verhältnis ist bei solch winzigen Anlagen freilich nur durch weitgehende Eigenleistungen zu erreichen. – Im Rahmen von «Energie 2000» hat das Projekt Diane soeben ein Handbuch publiziert, in dem Interessierte neben ausführlichen Beschreibungen bereits realisierter Anlagen auch wichtige Hinweise und Adressen finden.

Kein anderer Kraftwerkstyp zur Stromerzeugung umfasst eine solche Leistungsbandbreite wie Wasserkraftwerke: Itaipú (Brasilien/Paraguay) besitzt eine installierte Leistung von über 12 000 MW, die kleine Peltonturbine mit ihrem 24-V-Generator auf der Alp am Rin (Davos), einem Wasserdarbot von 1 l/s und einem Gefälle von 19 m gerade 70 W. Dennoch erlaubt es dieser Winzling eines Kraftwerks, eine Melkmaschine für die 15 Kühe zu betreiben.

Klein, mini, micro, pico...

International werden bereits Kraftwerke unter 10 MW als Kleinkraftwerke bezeichnet, in der Schweiz solche mit einer Leistung von weniger als 300 kW. Um etwas Ordnung in den Begriffswirrwarr bei der untersten Kategorie (Kleinstkraftwerke, Mini-, Mikrokraftwerke usw.) zu bringen, hat das Projekt Diane daher für Anlagen bis 40 kW den Namen «Picokraftwerk» geprägt.

In diese Kategorie fallen zahlenmässig die meisten kleinen Wasserkraftwerke, wie sie bis zum Zweiten Weltkrieg noch zu Tausenden bestanden: Die eine – und leider schon stark geschrumpfte – Gruppe findet sich vor allem im Mittelland in Mühlen, Fabriken, Sägereien, Werkstätten usw., die andere eher bei Alpbetrieben, Berghütten usw. ohne Anschlussmöglichkeit ans öffentliche Stromnetz. Die Wassermengen reichen dabei von weniger als 0,5 l/s (allerdings bei 160 m Gefälle) bei einem Alpbetrieb bis zu mehr als 1000 l/s bei einem Niederdruckwerk im Mittelland. Umgekehrt betragen die kleinsten Gefälle (wiederum im Mittelland) weniger als 3 m. So unterschiedlich bei den einzelnen Werken und Werklein Wassermenge, Gefälle und Leistung sind, so vielfältig nehmen sich auch die Anlagekonzepte, die Turbinenarten, (bis zum Wasserrad) sowie die Generatortypen aus: Ist die eine Anlage mit Asynchrongenerator ausgerüstet und mit dem normalen 230/400-V-Netz gekoppelt, so erzeugt eine andere Gleichstrom von 24 V und lädt damit während der Nacht Akkus für den Tagesbedarf auf.