

# Energie sparen mit Umwälzpumpen in Heizanlagen

Autor(en): **Humm, Othmar**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **114 (1996)**

Heft 24

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78987>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Othmar Humm, Zürich

## Energie sparen mit Umwälzpumpen in Heizanlagen

Zwei Millionen kleine Umwälzpumpen sind in schweizerischen Heizanlagen installiert. Die Pumpen mit elektrischen Leistungen zwischen 50 W und 150 W weisen lange Laufzeiten bei gleichzeitig sehr schlechten Gesamtwirkungsgraden aus. Zudem sind sie zum grössten Teil überdimensioniert. Der Beitrag zeigt konstruktive Mängel sowie Ansätze und Lösungsvorschläge zur Verbesserung dieser weitverbreiteten Energiedienstleistung auf.

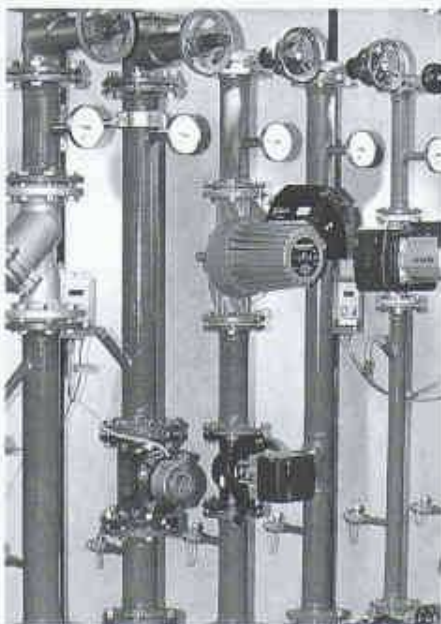
Der Wasserumlauf in hydraulischen Heizsystemen wird durch Pumpen erzwungen. Für den haustechnischen Bedarf kommen beinahe ausschliesslich elektrisch angetriebene Kreislumpen zum Einsatz, also eine Kombination von Spiralgehäuse, Laufrad und Elektromotor. Zuverlässigkeit, Geräusch-Armut und Herstellungskosten waren in den letzten Jahren die wesentlichen Optimierungskriterien der Pumpenindustrie; Energieeffizienz war bis vor kurzem bei Haustechnik-Pumpen kein Thema. Unverständlich, in Anbetracht der grossen Zahl von Heizungspumpen – rund 2,5 Mio. allein in der Schweiz – und der denkbar schlechten Gesamtwirkungsgrade der Aggregate. Lediglich 10% der eingesetzten Elektrizität endet als Umwälzenergie im Heizwasserkreislauf. Der Vergleich bezieht sich auf Kleingeräte im Leistungsbereich bis 150 W, dem 80% der Umwälzpumpen zuzuordnen sind. Diese 2 Mio. Pumpen verbrauchen – oder verheizen – 1% des schweizerischen Gesamtstromverbrauches, rund 500 Mio. kWh. Alle Heizpumpen eingerechnet, beträgt der Anteil sogar 3,5% oder 1,65 Mia. kWh.

Das eklatante Missverhältnis von elektrischem Input zu Nutzenergie ist in der Bauart, in der Auswahl bzw. Dimensionierung und in der Betriebsweise der Aggregate begründet.

### Nass- und Trockenläufer: das Spaltrohr als Verlustfaktor

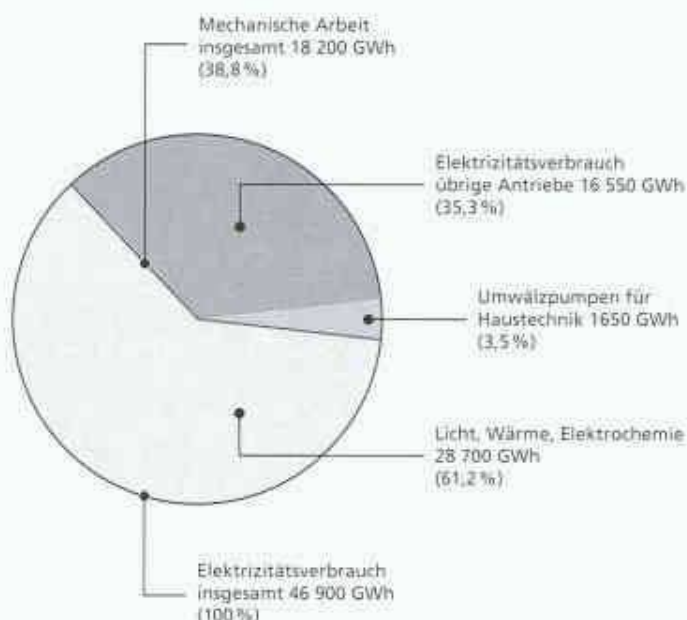
Geschätzte 90% der Klein-Umwälzpumpen werden durch Asynchronmotoren in Spaltrohrbauweise angetrieben, versorgt durch einphasigen Wechselstrom. Das Rohr liegt konzentrisch im Spalt und

trennt damit den vollständig vom Medium umspülten Rotor vom «trockenen» Stator. Dieses Spaltrohr erzeugt zwar tatsächlich erhebliche Motorenverluste (rund 25%), doch ist die Branche angesichts der Vorteile von der Zukunft der Konstruktion überzeugt: Diese sogenannten Nassläufermotoren sind wartungsfrei, weil sie ohne



2 Die Pumpe macht in vielen Fällen Wärme erst nutzbar (typische Heizverteilung in einer haustechnischen Anlage) (Foto: Comet/Messe Zürich)

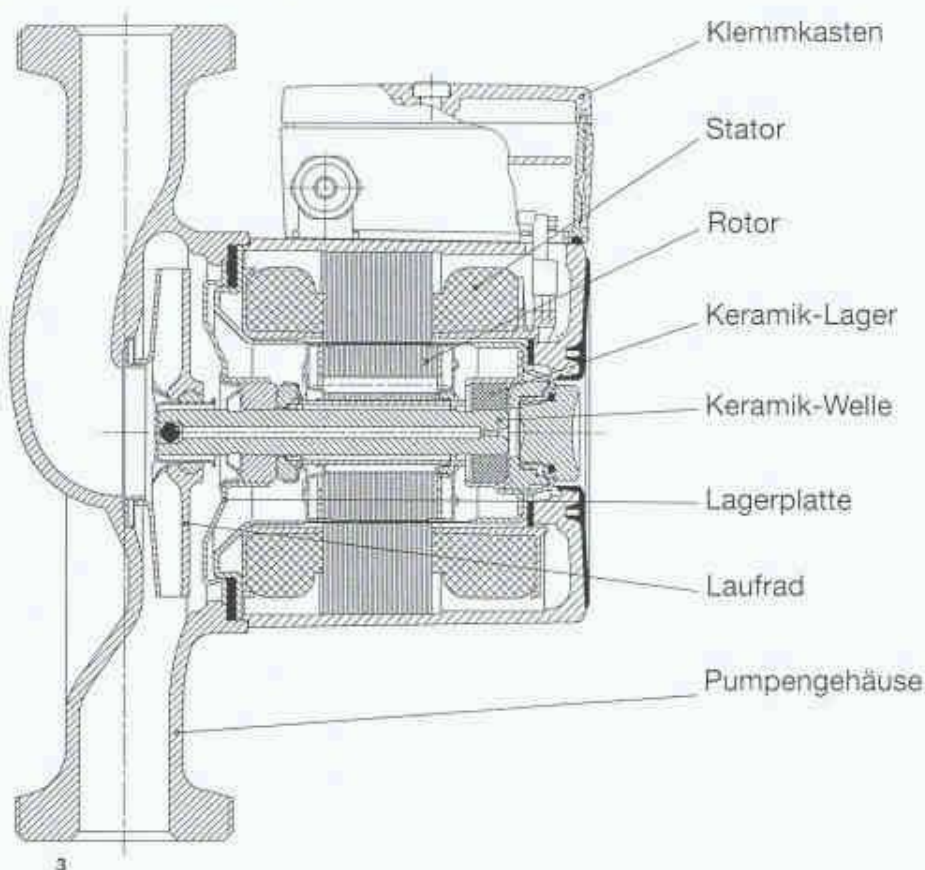
Anteil der Umwälzpumpen für die Haustechnik am gesamten Elektrizitätsverbrauch (Alle Zahlen 1994; (Quelle: Schweizerische Gesamtenergiestatistik, Bundesamt für Energiewirtschaft)



bewegte Dichtungen arbeiten. Die Schleifringdichtungen auf der Welle von Trockenläufermotoren dagegen müssen nach 10 000 bis 15 000 Betriebsstunden – was rund zwei bis drei Jahren entspricht – ersetzt werden. Zudem verursachen diese Dichtungen ebenfalls Verluste, die bei sehr kleinen Leistungen erheblich sind. Der erhöhte Wartungsaufwand ist wohl, neben dem Preis, der wichtigste Grund, weshalb Trockenläufermotoren – von der Bauart her sind das konventionelle Drehstrom-Normmotoren – für Pumpen unter 150 W Anschlussleistung kaum zum Einsatz kommen. Die von Spaltrohrmotoren getriebenen Heizungspumpen sind sehr kompakt gebaut und – nicht zuletzt darum – um den Faktor 2 bis 4 billiger als Trockenläufer. Für mittlere und grosse Pumpen sind Trockenläufermotoren das bevorzugte Antriebsaggregat – allerdings mit steigender Tendenz zugunsten der Nassläufer.

### Synchron- statt Asynchronmotoren

Das Spaltrohr wird, wie die Dinge stehen, nicht so rasch aus den Pumpenantrieben verschwinden. Dagegen scheinen Synchronmotoren für diesen Einsatzzweck eine ernsthafte und vielversprechende Option zu sein. Der Wechsel von Asynchron- zu Synchronmotoren bringt, wie Untersuchungen belegen, eine deutliche Erhöhung des Wirkungsgrades – von rund



3

Schnitt durch eine Umwälzpumpe in Nassläuferbauweise mit einer elektrischen Leistung zwischen 40 W und 100 W. Der Spaltrohrtopf umhüllt koaxial den 2poligen Asynchron-Kurzschlussläufer. (Quelle: Grundfos)

4

Wirkungsgrade von Laufrädern in Abhängigkeit des Durchflusses marktgängiger und modifizierter Pumpen (Quelle: Institut für Energietechnik, ETH Zürich)

5

Gesamtwirkungsgrade von Umwälzpumpen in Funktion der hydraulischen Nutzleistung in konventioneller und neuer Bauweise. Die neue Bauweise entspricht drei Prototypen mit unterschiedlichen Drehzahlen, die konventionelle dem Marktangebot 1991, das von Ravel dokumentiert ist. Messungen am Institut für Energietechnik, ETH Zürich [6]

27% auf 80%. Die Zahlen beziehen sich auf einen Asynchronmotor mit einer Wellenleistung von 10 W und einem Schlupf von rund 25%. Dieser Schlupf ist der wesentliche Verlustfaktor. (Beim Synchronmotor dreht der Rotor mit der gleichen Drehzahl wie das Feld des Stators, also ohne Schlupf.) Das Labor für Elektromechanik und elektrische Maschinen an der EPF in Lausanne testete einige Synchronmotoren mit Permanentmagnet-Rotoren kleiner Leistung und protokollierte Motor-Wirkungsgrade von über 80%. Die Verluste der notwendigen Elektronik zur Erzeugung des Drehfeldes - sogenannte Kommutierung - ab einem einphasigen Anschluss sowie zur Drehzahlregelung betragen zwischen 3% und 20% - je nach Last und Drehzahl.

#### **Laufadgeometrie und Drehzahl**

Am Laboratorium für Strömungsmaschinen (Institut für Energietechnik) der ETH Zürich wurde, in Zusammenarbeit mit zwei bedeutenden Herstellern, die konventionelle Geometrie von Laufrädern an kleine Pumpenleistungen angepasst. Die modifizierten Räder erbringen bei gleichzeitig erhöhter Drehzahl - 3000 bis 6000 U/min statt 1000 bis 2500 U/min - einen markant besseren hydraulischen Wirkungsgrad. Messungen ergaben Werte von fast 60%. Nicht alle Verbesserungsvorschläge der ETH konnten in der Pum-

penherstellung realisiert werden. Immerhin resultierte eine Wirkungsgradverbesserung von 35% auf 45% - und das an seriell hergestellten Aggregaten.

#### **Zur Sicherheit überdimensioniert**

Zur fachgerechten Auswahl eines Pumpenaggregates werden einerseits die Netzkennlinie, eine durch den Nullpunkt gehende Parabel, andererseits eine oder mehrere Pumpenkennlinien in einem gemeinsamen Feld dargestellt. Die Kennlinien zeigen die Beziehung zwischen Förderstrom - auf der Abszisse aufgetragen - und der Förderhöhe bzw. der Druckdifferenz (Ordinate) bei konstanter Drehzahl der Pumpe. Der Betriebspunkt der Pumpe innerhalb eines bestimmten Rohrnetzes ist durch den Schnittpunkt der beiden Kennlinien gegeben. Das erwähnte Kennlinienfeld visualisiert auch ein Problem: Das Angebot an Pumpen erscheint als eine Kurvenschar, der ideale Betriebspunkt bzw. die präzise Baugrösse liegt in den meisten Dimensionierungsfällen zwischen den Kennlinien.

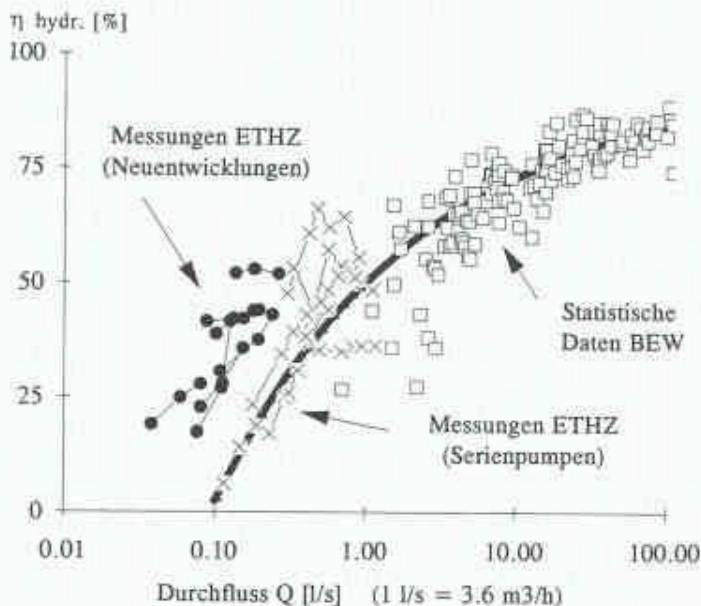
Viele Planer und Installateure wählen -zur Sicherheit- die nächstgrössere Pumpe - und liegen mit Sicherheit falsch. Selbst Pumpenhersteller raten vom -Aufrunden- ab. Die Sicherheitszuschläge rühren wohl in erster Linie von der Angst, periphere Radiatoren oder Heizgruppen wären unterversorgt. Eine allfällige Unterversor-

gung resultiert aber aus einem mangelhaften hydraulischen Abgleich des Rohrnetzes.

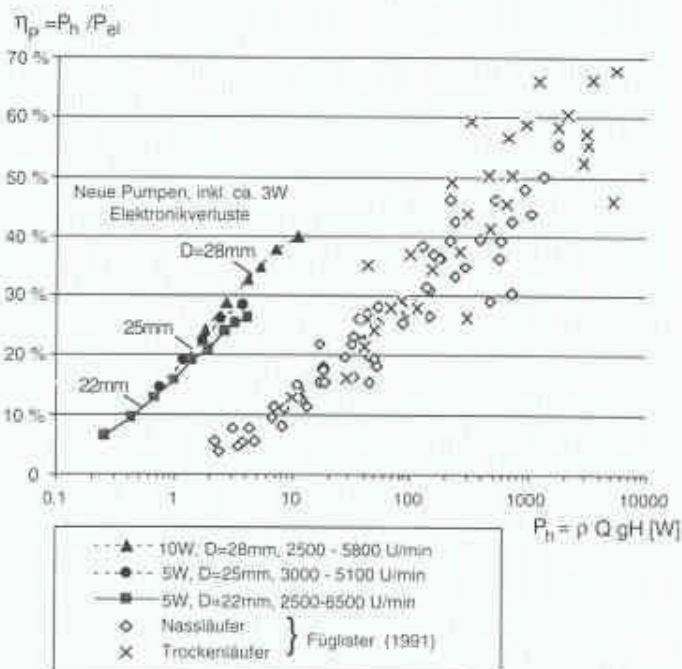
Durch den Einsatz von sogenannten Units wird die Überdimensionierung der darin eingebauten Umwälzpumpen sozusagen institutionalisiert. Um die anschlussfertigen Heizkessel mit dazugehöriger Peripherie ohne Anpassungsarbeiten zu installieren, sind sie -sicherheitshalber- mit übergrossen Pumpen bestückt. Die Konfektionierung ist, zumindest was die Effizienz der Elektrizitätsverwendung anbetrifft, wenig vorteilhaft.

#### **Pumpenleistung dem Bedarf anpassen**

Der Jahresgang des Heizleistungsbedarfs ist alles andere als stetig; entsprechend dringend ist das Postulat einer Heizungsregelung. Die Nachführung der Wärmeverteilung erfolgt fast ausschliesslich durch Veränderung der Vorlauftemperatur. In Heizanlagen mit Thermostatventilen ist aber auch der Volumenstrom nicht konstant, weil die Ventile aufgrund von Änderungen der Raumtemperatur - beispielsweise bei solarem Wärmeeintrag - den Durchfluss automatisch drosseln. Mit drehzahlregulierten Pumpen kann auf die Volumenstromminderung reagiert und Strömungsgeräusche sowie ein unnötiger Elektrizitätsverbrauch vermieden werden. Die Drehzahlregelung erfolgt durch Ver-



4



5

änderung der Frequenz oder der Spannung (Frequenzumformer oder Spannungsregler). Zum klassischen Pumpenantrieb kommt also eine Elektronik hinzu.

Voraussetzung für einen energieeffizienten Betrieb sind allerdings die vorgängige präzise Auswahl und Einstellung der drehzahlregulierten Pumpe. Untersuchungen im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft zeichnen diesbezüglich ein denkbar schlechtes Bild. Mit dem Argument, eine Pumpe jederzeit über die stufenlose Drehzahlregelung dem tatsächlichen Bedarf anzupassen, greifen viele Planer und Installateure zu übergrossen Pumpen – diese «Gewissheit» ersetzt das Rechnen. Der Regelbereich dieser Pumpen liegt aber teilweise oder gänzlich ausserhalb des tatsächlichen Bedarfspektrums. Die Folge

dieser «Dimensionierung» sind Pumpen, die im untersten Betriebspunkt «festsitzen» – ohne jede Regelbarkeit. Frequenzumformer weisen aber gerade im unteren Frequenzbereich – und damit im unteren Drehzahlbereich der Pumpe – einen grossen Eigenverbrauch aus und verschlechtern den Wirkungsgrad des Aggregates. Trotz den höheren Investitionskosten können mit diesen Pumpen keine signifikanten Elektrizitätseinsparungen realisiert werden.

Fazit: Wer sich in der Grössenklasse der Pumpe vergräbt, kann dies nicht durch Drehzahlregelung kompensieren. Notwendig ist, wie erwähnt, die präzise Auswahl der drehzahlregulierten Pumpe sowie die sorgfältige Einstellung der Förderhöhe bei Inbetriebnahme.

## Leistung und Wirkungsgrad

Die Antriebsleistung einer Umwälzpumpe ist sehr stark von der Drehzahl abhängig:

- Der Förderstrom ändert sich proportional zur Drehzahl
- Der Förderdruck ändert sich proportional zum Quadrat der Drehzahl.
- Der Leistungsbedarf ändert sich proportional zur dritten Potenz der Drehzahl.

$$\text{Förderstrom } V = \frac{P_{th}}{\Delta T \cdot C_w}$$

$$\text{Elektrische Leistung } P_{el} = \frac{V \cdot h}{\eta}$$

V Förderstrom [m³/h]

$P_{th}$  Heizleistung [kW]

$\Delta T$  Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf [K]

$C_w$  Wärmekapazität des Wassers (4,16 [kWh/m³K])

$P_{el}$  Elektrische Leistung des Pumpenantriebes [W]

h Förderhöhe oder Druckverlust [mWs oder kPa] (1 m Wassersäule = 10 kPa = 0,1 bar)

$\eta$  Gesamtwirkungsgrad von Motor, Pumpe und Steuerung [-]

$E_{th}$  Heizenergieverbrauch [kWh oder MJ]

t Vollbetriebsstunden [h]

Der Förderstrom basiert auf der Wärmeleistungsbedarfsberechnung nach SIA 384/2, der Wärmeverluste des Verteilsystems und der Temperaturdifferenzen zwischen Vor- und Rücklauf.

## Faustformeln zur Überprüfung der Pumpenleistung

- Die meisten Pumpen sind überdimensioniert. Viele davon sind nicht um einige Prozente zu gross, sondern um den Faktor 2 bis 10.
- Die elektrische Leistung des Pumpenantriebes sollte höchstens 1% der maximalen Heizleistung betragen.
- Die elektrische Leistung des Pumpenantriebes sollte rund 1 W je Heizkörper betragen.
- Für kleine Anlagen, beispielsweise in Einfamilienhäusern, sind die beiden Faustformeln wegen der sehr tiefen Pumpen-Wirkungsgrade nicht anwendbar: In diesen Fällen beträgt die Leistung der richtig dimensionierten Pumpe 1% bis 3% der maximalen Heizleistung bzw. 1 W bis 3 W je Heizkörper.
- Je nach geografischer Lage, Art und Nutzung des Gebäudes und allfälliger Nachtabsenkung sind Umwälzpumpen jährlich zwischen 4000 Stunden

	Konventionelle Bauweise	Verbesserte Bauweise
<b>Motor-Technologie</b>	Asynchronmotor	Synchronmotor
<b>Wirkungsgrad des Antriebsmotors mit Spaltrohr ohne Spaltrohr</b>	25% bis 30%	85%
<b>Laufzeit der Pumpe</b>	50% bis 60%	90%
<b>Laufzeit der Pumpe</b>	konventionelles Laufzeit	modifiziertes Laufzeit
<b>Drehzahl der Pumpe</b>	1000 bis 2500 U/min	3000 bis 6000 U/min
<b>Hydraulischer Wirkungsgrad der Pumpe</b>	35%	45%
<b>Wirkungsgrad der Motor-Pumpe-Kombination</b>	10%	35%

Vergleich von konventioneller und verbesserter Bauweise von Pumpen und Pumpenantrieben und deren Wirkungsgrade [4].

	Übliche Auslegung	Präzise Auslegung	Neues Aggregat mit hohem Wirkungsgrad
<b>Elektrische Leistung</b>	90 W	36 W	10 W
<b>Stromverbrauch pro Jahr</b>	405 kWh	162 kWh	45 kWh
<b>Stromkosten pro Jahr</b>	72.90 Fr.	29.15 Fr.	8.10 Fr.

Elektrische Leistung, Verbrauch und Kosten der Elektrizität einer Klein-Umwälzpumpe für Heizanlagen im Leistungsbereich von 10 kW bis 30 kW (Ein- und kleine Mehrfamilienhäuser) [4].

und 5500 Stunden in Betrieb. (Leider sind auch hier und da Pumpen anzutreffen, die selbst in der Sommerpause - bei ausgeschaltetem Heizkessel - still vor sich hin drehen.) Bei einer Vollbetriebsstundenzahl von 5000 und einem veranschlagten Strompreis von 0.20 Fr. je kWh ergeben sich jährliche Stromkosten von 1 Fr. je elektrische Leistung des Pumpenantriebes.

#### Vereinfachtes Vorgehen zur Auswahl von Umwälzpumpen

##### Abschätzung der Heizleistung:

Der Heizenergieverbrauch in kWh, dividiert durch die Vollbetriebsstunden ( $t$ ) des Heizwärmeerzeugers (zwischen 2000 Stunden für Anlagen ohne Warmwasserbereitung und 2500 Stunden mit Warmwasserbereitung) ergibt die Heizleistung in kW.

$$P_{th} = \frac{E_{th}}{t}$$

##### Bestimmung des Förderstromes:

Die Heizleistung [kW], dividiert durch die Temperaturdifferenz zwischen

Vor- und Rücklauf und die Wärmekapazität des Wassers ergibt den Förderstrom.

$$V = \frac{P_{th}}{\Delta T \cdot C_w}$$

##### Abschätzung der Förderhöhe:

Die Summe der Druckverluste von Rohrnetz, Thermostat- und Regelventilen, Wärmezähler und Heizkessel ergibt die Förderhöhe. (1 m Wassersäule ist in Wärmeverteilsystemen mit Radiatoren, abgesehen von Ausnahmen, ausreichend.)

##### Auswahl der Umwälzpumpe:

Mit dem Förderstrom und der Förderhöhe lässt sich die Pumpe aus dem Kennlinienfeld evaluieren (kleinere Pumpe wählen).

##### Plausibilität:

Die elektrische Leistung der ausgewählten Umwälzpumpe sollte rund 1% der Heizleistung betragen. (Gilt nicht für sehr kleine Heizanlagen, Fussbodenheizungen und für spezielle Anlagen.)

Adresse des Verfassers:

Othmar Humm, Fachjournalist Energie, Gubelstrasse 59, 8050 Zürich

#### Literatur

[1] Erich Füglistor, René Sigg: «Umwälzpumpen». In: Ravel-Handbuch «Strom rationell nutzen», Kapitel (5.3), EDMZ Bern

[2] Umwälzpumpen, Auslegung und Betriebsoptimierung. Ravel, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern 1991. EDMZ, 3000 Bern, Fax: 031/992 00 23, Bestellnummer: 724.330 d.

[3] Leistungsreduktion bei Umwälzpumpen, Sparpotentiale, Dimensionierungsgrundlagen, Betriebserfahrungen. Ravel-Materialien, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern 1995. EDMZ, 3000 Bern, Bestellnummer: 724.397.21.09 d.

[4] Nipkow, Jürg: Klein-Umwälzpumpen: Wirkungsgrad verdreifacht (Projektkurzbericht), Zürich 1995.

[5] Stromsparschance Umwälzpumpe. Ein Leitfaden für die Dimensionierung der Umwälzpumpe in kleinen und mittleren Heizanlagen. Ravel, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern 1994. Bezug: EDMZ, 3000 Bern, Bestellnummer: 724.330.99 d. (Autor: René Sigg, Intrep AG)

[6] Nipkow, J. und Staubli, T.: Wirkungsgradverbesserung bei Kleinwärmepumpen. Pumpentagung Karlsruhe 1996.