

# Revision SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau

## Hilfsenergie Raumheizung und Warmwasser

### Inhalt

<b>1.</b>	<b>Abgrenzung, Bedeutung, Gerätebeschreibungen</b>	<b>2</b>
1.1	Abgrenzung .....	2
1.2	Bedeutung des Energieverbrauchs Hilfsenergie .....	2
1.3	Kurzbeschrieb der Geräte .....	3
1.4	Übersicht Einflussgrößen und Basisdaten .....	6
<b>2.</b>	<b>Berechnungsmethoden</b>	<b>7</b>
2.1	Umwälzpumpen Heizgruppen (Pu hgr) .....	7
2.2	Umwälzpumpen für die Wärmeerzeugung (Pu we) .....	10
2.3	Hilfsaggregate von Feuerungen (Feu) .....	12
2.4	Steuerungen bzw. Regelungen (Hzst) .....	14
2.5	Speicherladepumpen Warmwasser (Pu wwsp) .....	14
2.6	Zirkulationspumpen Warmwasserverteilung (Pu wwz) .....	15
2.7	Elektrische Heizbänder Warmwasserverteilung (eHB) .....	16
2.8	Beispiele .....	17
<b>3.</b>	<b>Anforderungen</b>	<b>18</b>
3.1	Allgemeines .....	18
3.2	Umwälzpumpen Heizgruppen (Pu hgr) .....	18
3.3	Umwälzpumpen für die Wärmeerzeugung (Pu we) .....	19
3.4	Hilfsaggregate von Feuerungen (Feu) .....	19
3.5	Steuerungen bzw. Regelungen (Hzst) .....	19
3.6	Speicherladepumpen Warmwasser (Pu wwsp) .....	20
3.7	Zirkulationspumpen Warmwasserverteilung (Pu wwz) .....	20
3.8	Elektrische Heizbänder Warmwasserverteilung (eHB) .....	20
<b>4.</b>	<b>Literatur</b>	<b>21</b>
<b>5.</b>	<b>Anhang</b>	<b>22</b>



Der vorliegende Bericht wurde im Auftrag der SIA Kommission 380/4 *Elektrische Energie im Hochbau* erstellt und diente als Grundlage für die Überarbeitung dieser Norm. Für den Inhalt des Berichts sind die Autoren verantwortlich. Allfällige Abweichungen der Norm vom Berichtsinhalt sind von der SIA Kommission 380/4 bewusst vorgenommen worden.

Jürg Nipkow, ARENA, Zürich

Aug. 2002, Feb. 2004

# 1. Abgrenzung, Bedeutung, Gerätebeschreibungen

## 1.1 Abgrenzung

Gemäss Definition der Verwendungszwecke werden unter "Hilfsenergie für Raumheizung und Warmwasser" verstanden:

Elektrische Komponenten für die Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Abgabe von Raumwärme und Warmwasser, welche auch bei nicht elektrischer Wärmeerzeugung notwendig sind, wie Pumpen, Brenner, Zirkulationspumpen, Sanitärpumpen etc.. Nicht dazu gehören elektrische Wärmeerzeuger für Raumheizung und Warmwasser.

Elektrische "Hilfs"-Wärmeerzeuger zur Temperaturerhöhung des Zirkulationsrücklaufs (um die Speicherschichtung nicht zu stören) gehören zur Hilfsenergie.

Umwälzpumpen für Luftherhitzer und Wärmerückgewinnung gehören zu Lüftungsanlagen.

## 1.2. Bedeutung des Energieverbrauchs Hilfsenergie

Zu diesen Anwendungen gibt es keine systematischen Erhebungen von Energieverbrauchs-Daten. In den Daten zum Haushalt-Elektrizitätsverbrauch von J. Mutzner VSE [1] ist eine Angabe zur Hilfsenergie enthalten (welche aus heutiger Sicht klar zu tief lag):

Umwälzpumpen und Ölbrenner von Wohnbauten (1995): 645 GWh

Im Rahmen des BFE-Forschungsprojekts "Machbarkeitsstudie Datenerhebung im Programm Elektrizität, Haustechnik..." 2000/01 [2] wurden aufgrund diverser Untersuchungen die folgenden Daten zum Elektrizitätsverbrauch von Umwälzpumpen, Öl-/Gasbrennern sowie Heizbändern zusammengestellt:

	GWh
Umwälzpumpen Raumheizung und Warmwasser (1999, alle Bauten)	1'400
Brenner (inkl. Ölvorwärmung, Abgasventilatoren etc.)	600
Übriges (Steuerungen, Stellorgane etc.)	100
Heizbänder Warmwasser-Rohrbegleitheizung	70
Total	2'170

Das sind knapp 4,5% des Landes-Elektrizitätsverbrauches. Da anerkanntermassen sehr grosse Einsparpotenziale existieren (u.a. durch Überdimensionierung), ist die Bedeutung hoch.

Verbraucherka- tegorien	Pumpen Raumheizung + Warmwasser	Brenner	Heizungs- Steuerungen etc.	Heizbänder Warmwasser- verteilung	Elektrische Erwärmung des Zirkulations- rücklaufs
Anzahl	2 Mio	1,2 Mio	1,2 Mio	2,9 Mio Meter	< 2'000
Elektrizitäts- verbrauch GWh/a	1'400	600	100	70	50

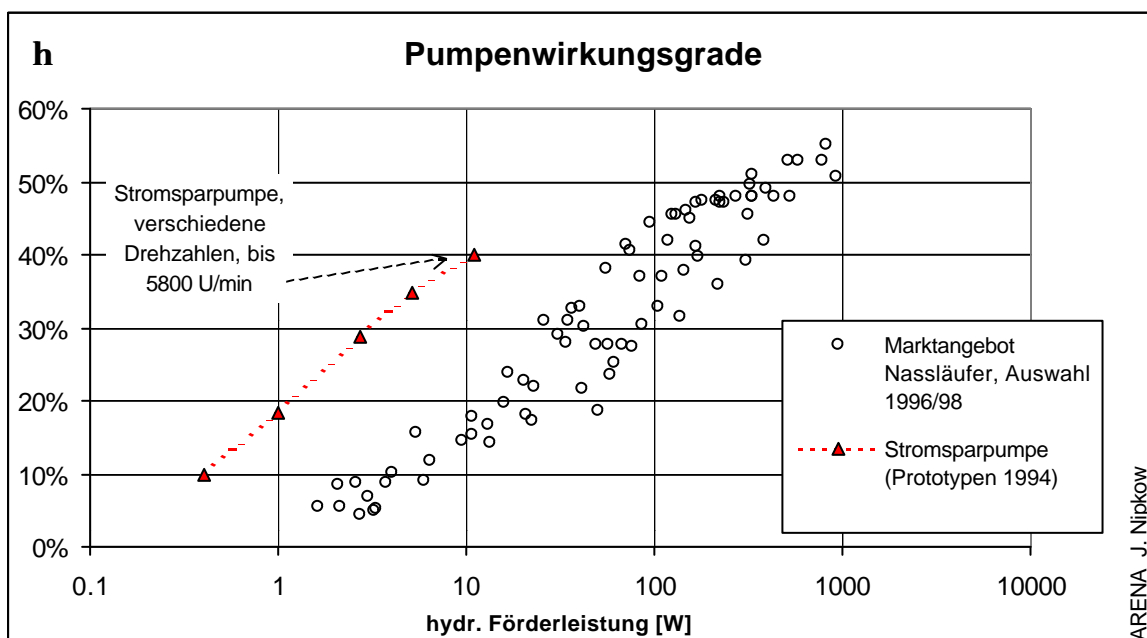
**Tab. 1 Kategorien, Anzahl, Elektrizitätsverbrauch der Hilfsenergie-Komponenten für Heizung und Warmwasser**  
Datengrundlagen: [2] und Berechnungen dazu (J. Nipkow), [3]

## 1.3 Kurzbeschreibung der Geräte

### 1.3.1 Umwälzpumpen

- Heizgruppen-Pumpen Raumheizung  
Elektrische Leistungsaufnahme 10 W bis einige kW, typische Laufzeit 5'000 h/a, die grössten Stückzahlen und der Großteil des Elektrizitätsverbrauchs entfallen auf den Leistungsbereich 50 bis 200 W<sub>el</sub> (EFH bis ca. 50 Wohnungen)
- Kesselkreis-, Fernleitungs-, Speicherlade-, Lufterhitzer-Pumpen, Förderpumpen der Wärmequellen von Wärmepumpen- und Wärmerückgewinnungsanlagen:  
Leistungsaufnahme wie a), Laufzeit z.T. 8'760 h/a, z.T. wenige 100 h/a.  
Von Bedeutung sind v.a. Kesselkreispumpen.
- Zirkulationspumpen Warmwasserverteilung  
Leistungsaufnahme 20 W bis einige 100 W, typische Laufzeit 6'000 bis 8'760 h/a
- Speicherladepumpen Warmwasser  
Leistungsaufnahme 20 W bis einige 100 W, typische Laufzeit einige 100 h/a, Bedeutung viel kleiner als Zirkulationspumpen, deshalb keine differenzierte Untersuchung.

Der Grossteil all dieser Pumpen sind Nassläufer-Kreiselpumpen mit Asynchronmotor. Die Nassläufer-Bauweise benötigt keine Wellenabdichtung und ist dadurch wartungsfrei. Wegen des metallischen Spaltrohrs zwischen Rotor und Stator erzielt aber der Motor weniger gute Wirkungsgrade als bei Trockenläufern, welche ab ca. 200 W<sub>el</sub> eingesetzt werden können. Die kleinen Nassläuferpumpen bis ca. 30 W hydraulische Leistung (150 W<sub>el</sub>), welche den Grossteil des gesamten Pumpen-Elektrizitätsverbrauchs ausmachen, weisen nur Wirkungsgrade von 4 bis 25% auf (vgl. Bild 1). Nun sind in der Schweiz neue Klein-Umwälzpumpen mit sehr viel besserem Wirkungsgrad als das gewohnte Angebot entwickelt worden und sind mittlerweile auf dem Markt [4].



**Bild 1 Wirkungsgrade von Heizungs-Umwälzpumpen, Markt 1996/98 und Prototypen Stromsparpumpen**

In den letzten 10 Jahren konnte mittels Forschungs- und Messprojekten gezeigt werden, dass insbesondere Heizgruppen-Pumpen, aber auch Warmwasser-Zirkulationspumpen in der Regel stark überdimensioniert sind, d.h. im Mittel eine rund 3 mal zu hohe Leistungsaufnahme aufweisen [5].

### **1.3.2 Hilfsaggregate von Öl- und Gasbrennern**

- Gebläse, Ölpumpen, Abgasventilatoren
- Ölvorwärmung
- Brennersteuerung

Die wichtigsten Elektrizität verbrauchenden Teile eines Brenneraggregates nehmen zusammen eher etwas mehr Leistung auf als die Pumpen; bei kleinen Einheitsleistungen (EFH) und mit Ölvorwärmung sogar deutlich mehr. Hingegen sind die jährlichen Laufzeiten wesentlich kleiner, nämlich 2'000 bis 2'500 h bei nicht modulierenden Brennern und bis gegen 5'000 h bei modulierenden (dann aber mit reduzierter Leistungsaufnahme). In einem BFE-Forschungsprojekt [3] wurden 1999 Grundlage und Daten zusammengetragen (vgl. Anhang).

Mit den höheren lufthygienischen Anforderungen (saubere Verbrennung, Low-Nox) haben sich die elektrischen Leistungen erhöht durch höhere Luft- und Öldrücke, Abgas-Rezirkulation (Ventilator) und Ölvorwärmung. Die forcierte Entwicklung führte z.T. zu Elektrizitätsverschwendenden Lösungen, z.B. mit Ventilatormotoren tiefsten Wirkungsgrades (Spaltpolmotoren) und ungeregelter Ölvorwärmung. Mittlerweile ist das Problem in der Branche erkannt und es wird diskutiert, im Normnutzungsgrad (DIN) den Elektrizitätsverbrauch mit einer Gewichtung mit zu berücksichtigen.

### **1.3.3 Heizungs-Steuerungen bzw. -Regelungen**

Der Elektrizitätsverbrauch der Heizungs-Steuergeräte (Netzteil), Ventilantriebe etc. hat in den letzten Jahren abgenommen, weil kleinere und effizientere Netzteile (u.a. für kleinere Wärmebelastung der Elektronik) eingesetzt werden. Diese Entwicklung dürfte sich noch fortsetzen. Der Elektrizitätsverbrauch ist in jedem Fall um mindestens eine Grössenordnung kleiner als jener von Pumpen und Brennern. Sie werden deshalb hier nicht genauer untersucht.

### **1.3.4 Warmhaltung der Warmwasserverteilung:**

#### **Warmwasser-Verteilverluste**

Die Deckung der Warmwasser-Verteilverluste erfolgt auf verschiedene Arten. Die dafür nötige Energie kann nicht in allen Systemen eindeutig zugeordnet werden.

- Die Ausstossverluste (Inhalt der abkühlenden letzten Meter Leitung) werden immer durch Nachlieferung aus dem Speicher gedeckt.
- Bei Zirkulationssystemen werden die Leitungs-Wärmeverluste aus dem Speicher gedeckt, die hydraulische Zirkulationenergie liefert eine (elektrische) Pumpe. Bei Thermosyphon-Systemen entfällt die Elektrizität. In grossen Anlagen wird manchmal der Zirkulations-Rückfluss separat erwärmt, z.B. mittels Wärmepumpe, um die Speicherschichtung weniger zu stören.
- Bei Systemen mit Begleit-Heizbändern werden die Leitungs-Wärmeverluste z.T. elektrisch, z.T. aus dem Speicher gedeckt (wenn die Speichertemperatur über der Ansprechtemperatur liegt, brauchen selbstregelnde Heizbänder bei Zapfbetrieb keine Elektrizität).

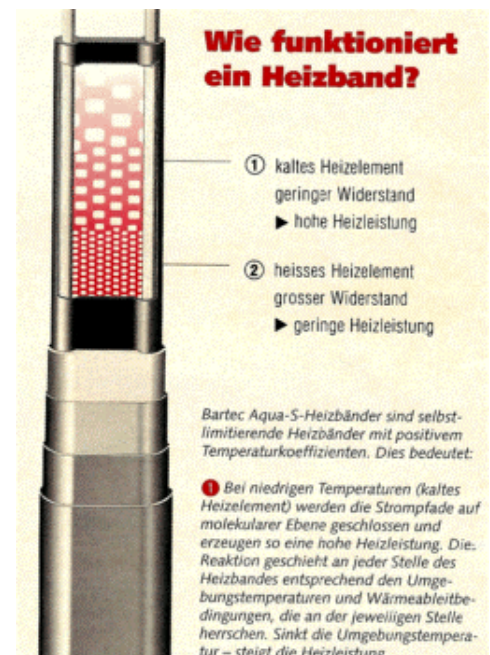
## Warmwasser-Zirkulationspumpen

siehe Umwälzpumpen

### Elektrische Heizbänder

Seit ca. 10 Jahren nimmt der Einsatz von selbstregelnden elektrischen Heizbändern anstelle von Zirkulationsleitungen stark zu. Deren Funktion beruht auf dem temperaturabhängigen elektrischen Widerstand des Heizelementes (Bild). Vorteile sind v.a. die einfache und technisch wenig anspruchsvolle Installation. Auch die Zuverlässigkeit ist heute gut. Der Energieverbrauch für die Warmhaltung der Verteilungen ist dank entfallender Rückleitung kleiner, hingegen muss ein wesentlich grösser Anteil der Verluste rein elektrisch gedeckt werden [6]. Der in einer Anlage resultierende Elektrizitätsverbrauch der Heizbänder ist – neben der Anlagengrösse – insbesondere abhängig von der gewählten Ansprechtemperatur (45 bis 65°C), der Wärmedämmqualität (Dicke, Lücken) und der Steuerung der Heizbänder (zeitliche Unterbrüche, evtl. Leistungssteller).

Bild 2 Funktion eines elektrischen Heizbandes  
(Bild Friap)



### Elektrische Erwärmung des Zirkulationsrücklaufs

In grossen Anlagen mit ausgedehnter Warmwasserverteilung mit Zirkulation wird manchmal eine besonderer Wassererwärmer für den Zirkulationsrücklauf installiert, damit die Speicherschichtung nicht durch die relativ kalte Zirkulationseinführung gestört wird. Soweit elektrisch, ist diese separate Wassererwärmung ebenfalls zur Hilfsenergie zu rechnen. Meist werden Elektro-Wärmepumpen mit Heizraumluft oder sonstiger Abwärme als Wärmequelle oder – seltener – Widerstandsheizungen eingesetzt. Besteht eine derartige Installation, so ist ihr Elektrizitätsverbrauchs-Anteil beträchtlich und bei der Berechnung zu berücksichtigen.

## 1.4 Übersicht Einflussgrößen und Basisdaten

Komponente	Symbol	Einflussgrößen (Abhängigkeit/Formel)	Probleme / Sonderfälle	Grenz-/Zielwerte
Umwälzpumpe Heiz- gruppe	E (Pu hgr)	Elektrizitätsverbrauch kann in Abhängigkeit des Heiz- wärmebedarfs berechnet werden. %-Funktion von Q <sub>h</sub> mit Korrekturfunktion $\eta$ Pumpe	Einrohr? TAB? (eher Kühlung)	Als % von Heiz- wärmebedarf oder als Wirkungsgrad- Funktion und Di- mensionierungs- Empf. Zus. Empf. gere- gelt... LF
Wärmeerzeuger-P.: Kesselkreis-, Fernlei- tungs-, Speicherlade- Pumpen, Förderpumpen der Wärmequellen von Wärmepumpen	E (Pu we)	Funktion: Potenz (Pth)? Anzahl Wärmeerzeuger Art (WP), mit/ohne WW	Wärmepumpen: Erdsonden / Luft ähnlich?	Für $\eta$ P?
Hilfsaggregate von Feu- erungen	E (Feu)	Funktion: Potenz (Pth) Anz./Typ Wärmeerzeuger	Holz? Förder-Infra- struktur	möglich, z.Zt. eher willkürlich
Heizungs-Steuerungen bzw. -Regelungen	E (Hzst)	pauschal 5 W?		Empfehlung
Speicherladepumpen Warmwasser	E (Pu wwsp)	Funktion prop. Warmwas- serverbrauch Q <sub>ww</sub>	ev. Korrektur $\eta$ Pumpe?	Für $\eta$ P?
Zirkulationspumpen Warmwasserverteilung	E (Pu wwz)	abhängig von Gebäudeform Funktion mit A/EBF, korri- giert mit $\eta$ Pumpe		Für $\eta$ P?
Elektrische Heizbänder Warmwasserverteilung	E (eHB)	1. prop. EBF 2. abhängig von A/EBF Empfehlung W'd, Steue- rung etc. wie FP?	kombiniert ZP / HB?	eher willkürlich?
Elektrische Erwärmung des Zirkulationsrücklaufs *		nicht behandeln? Berechnung wie Heizbän- der *1.5?		Anforderung <b>nicht</b> Widerstandshei- zung?

Tab. 2 Übersicht Hilfsenergie-Verbraucher Heizung und Warmwasser

\* Der Energieverbrauch kann auf die Verteilungsverluste zurückgeführt werden. Diese sind auf Flächenbasis mit Berücksichtigung der Wohnungen/Bezugsstellen berechenbar. Für den Elektrizitätsverbrauch ist die Effizienz der Wärmeerzeugung entscheidend: Wärmepumpe (je nach Wärmequelle) oder Widerstandsheizung (vgl. Anforderungen). Einzige sinnvolle Anforderung dürfte das Verbot von elektrischer Widerstandsheizung (ausser als Zusatz) sein.

### Berechnungsformel für Hilfsenergie Heizung / Warmwasser E (Hi-HzWW)

$$E(\text{Hi-HzWW}) = E(\text{Pu hgr}) + E(\text{Pu we}) + E(\text{Feu}) + E(\text{Hzst}) + E(\text{Pu wwsp}) + E(\text{Pu wwz}) + E(\text{eHB})$$

Bei mehreren Heizgruppen bzw. Wärmeerzeugern etc. sind deren Beiträge zu summieren.

### **Benötigte Basisdaten bzw. Eingaben:**

#### **a) Objektdaten, die auch für SIA 380/1 benötigt werden:**

- EBF, A/EBF
- $Q_h$  Wärmebedarf
- Warmwasserverbrauch: aus SIA 380/1 bzw. wie Bericht "Elektrowärme Warmwasser": Zimmerzahl 4.2, flächenbezogen 4.3
- $P_{th}$  Wärmeleistungsbedarf (kann aus  $EBF \cdot Q_h$  mit Standard-Vollbetriebsstunden berechnet werden),  
Achtung: Aufteilung wenn mehrere Wärmeerzeuger vorhanden sind.

#### **b) Zusätzliche Objektdaten**

- Eingesetzte Wärmeerzeuger (Typ, Anzahl); auch für Warmwasser, Aufteilung des Wärmeverbrauchs
- Anzahl Heizgruppen (nur Raumheizung)

#### **b) Funktionen, Parameter (in Norm festzulegen)**

- Log-Funktion  $\eta$ -Pumpe (Bild Pumpen-Wirkungsgrade als Begründung)
- Log-Lin-Funktion Hilfsenergie-Leistungsaufnahme Wärmeerzeuger
- Standard-Vollbetriebsstunden in Funktion von  $Q_h$  und Klima (HGT?)
- Standard-Heizperiode in Funktion von  $Q_h$  und Klima (HGT?)

## **2. Berechnungsmethoden**

### **2.1 Umwälzpumpen Heizgruppen ( $P_u$ hgr)**

Die **Ausgangslage** für die Berechnung ist durch zwei Entwicklungen gekennzeichnet, welche zu wesentlich kleineren spezifischen Hilfsenergie-Verbräuchen führt:

- Der Heizenergiebedarf neuer Bauten sinkt markant, Stichworte: MINERGIE, Passivhaus. Es werden sogar Bauten ohne Zentralheizung gebaut (Luftheizung, Einzelöfen). Dies wirkt sich auch bei der Hilfsenergie der Pumpen und Brenner aus.
- Die Überdimensionierung der Umwälzpumpen wird zunehmend reduziert und es kommen Pumpen mit höherem Wirkungsgrad zum Einsatz.

Deshalb ist es schwierig, mit spezifischen Werten (Energiekennzahlen) zu arbeiten. Solche können allenfalls als Grenzwerte dienen. Im Verlauf der Projektierung, sobald der Heizleistungsbedarf bekannt ist, können Kennzahlen wie Pumpenleistung : Heizleistung auch zur Verbrauchsberechnung verwendet werden [5, 7]. Vgl. dazu auch Anforderungen.

**Der Elektrizitätsverbrauch wird pro Heizgruppe in linearer Abhängigkeit vom Heizwärmebedarf berechnet.**

Zusätzlich wird eine Korrekturfunktion für den stark grössenabhängigen Wirkungsgrad der Umwälzpumpen angewandt. Diese basiert auf den Marktdaten für Pumpenwirkungsgrade und wird durch eine logarithmische Funktion angenähert (Bild 3). Die vorgeschlagenen Funktion kann erst ab ca. 0.7 W (P hy) verwendet werden, da sonst zu kleine bzw. negative Werte resultieren.

Evtl. ist eine zusätzliche Korrekturfunktion für höhere Lagen (Klima/Heizperiode) einzuführen.

**Begründung** für die Proportionalität (Wirkungsgrad-korrigiert) zum Heizwärmebedarf:

Ein hoher Heizwärmebedarf zieht einen hohen Förderenergie-Bedarf nach sich. Zwar benötigen Heizsysteme mit hohen Temperaturdifferenzen tendenziell weniger Förderenergie, sie sind aber aus anderen Gründen möglichst zu vermeiden. Systeme mit besonders tiefen Temperaturdifferenzen des Heizmediums (z.B. selbstregelnd ausgelegte Fussbodenheizungen) benötigen einen höheren Förderenergie-Anteil. Mit der proportionalen Berechnung ergibt sich für solche Systeme ein zu kleiner Pumpen-Elektrizitätsverbrauch. (evtl. korrigieren?)

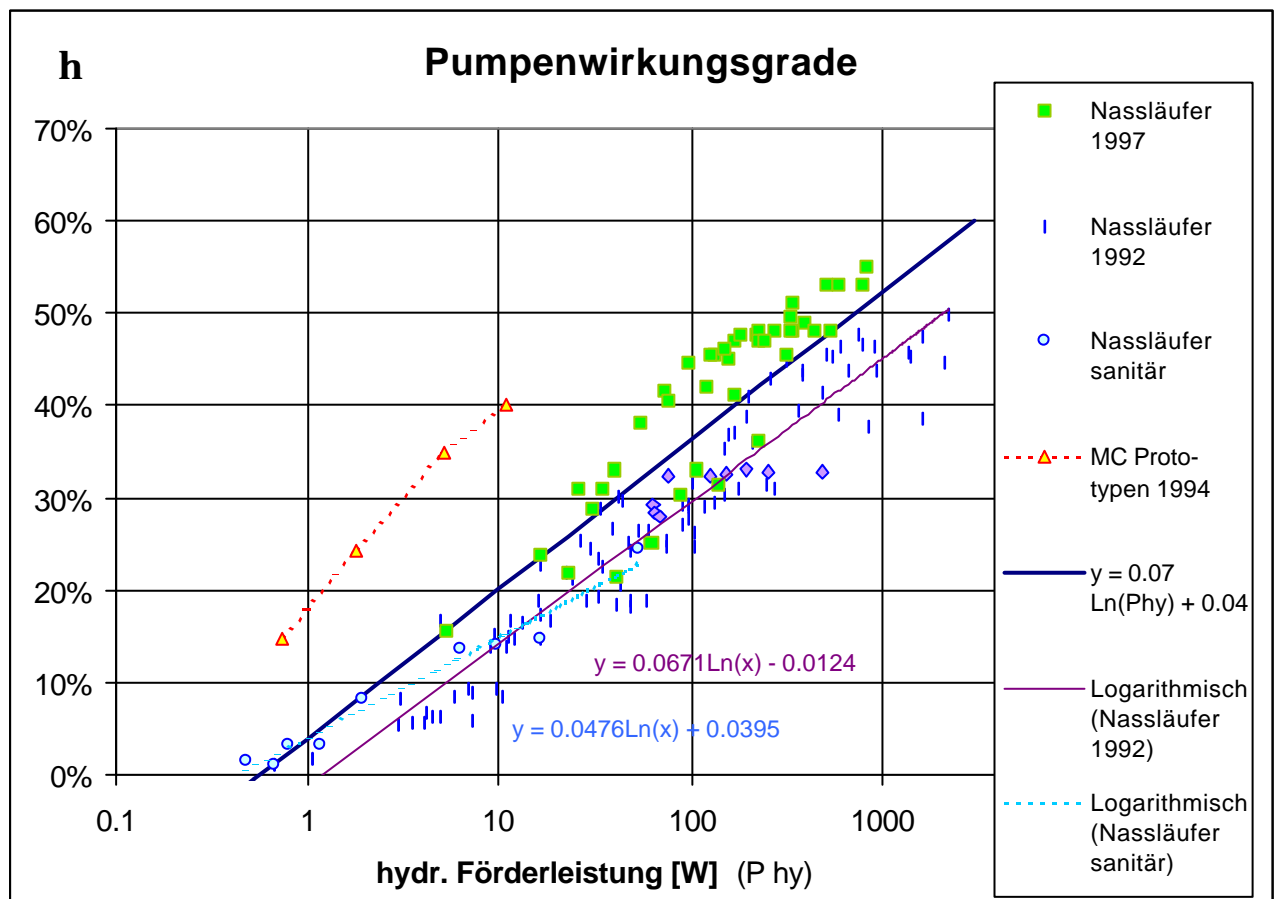


Bild 3 Pumpenwirkungsgrad, Regressionsfunktionen und Korrekturfunktion, in Abhängigkeit der hydraulischen Förderleistung

Der Elektrizitätsverbrauch ist pro Heizgruppe zu berechnen und ggf. für das Gebäude zu summieren. Der Heizwärmebedarf  $Q_h$  wird gemäss EBF-Anteilen auf die Heizgruppen aufgeteilt.



Der Basisfaktor für die Proportionalität beruht auf der "Promille-Regel" für das Verhältnis "Pumpen-Leistungsaufnahme zu thermischer Heizleistung", welches in Messprojekten [5] untersucht wurde:

Dieses Verhältnis  $P_e / P_{th}$  beträgt für kleine bis mittlere, richtig ausgelegte Heizanlagen mit Heizkörpern rund 0.001, also 1‰ (vgl. auch Umwälzpumpen-Leitfaden [7]). Da der Pumpenwirkungsgrad hier ca. 20% ist (Bild 3), resultiert ein **Verhältnis der hydraulischen Förderleistung  $P_{hy}$  zur thermischen Heizleistung  $P_{th}$  von 0.0002** ( $= 0.001 \cdot 0.2$ ).

Das Verhältnis  $P_{hy} / P_{th}$  wird in erster Näherung als konstant betrachtet, da bei der empfohlenen Auslegung von Verteilnetzen der Grossteil des Druckverlustes in den Heizkörperventilen, den letzten Metern der Verteilung (kleinste Rohrdimensionen) und allenfalls Strangregulierorganen anfällt. Die grosskalibrige Hauptverteilung sollte für die Druckverluste und damit den Förderenergiebedarf unwesentlich sein.

Die Pumpen-Wirkungsgrad-Korrekturfunktion (primär auf die hydraulische Förderleistung  $P_{hy}$  bezogen, Bild 3) kann unter diesen Annahmen auch als Funktion des Wärmeleistungsbedarfs und, mit einer Standardnutzung der Vollbetriebsstunden, als Funktion des Heizwärmebedarfs  $Q_h \cdot EBF$  angegeben werden (Bild 4). Für die Berechnung des Elektrizitätsverbrauchs wird die Pumpen-Betriebszeit (Heizperiode) benötigt.

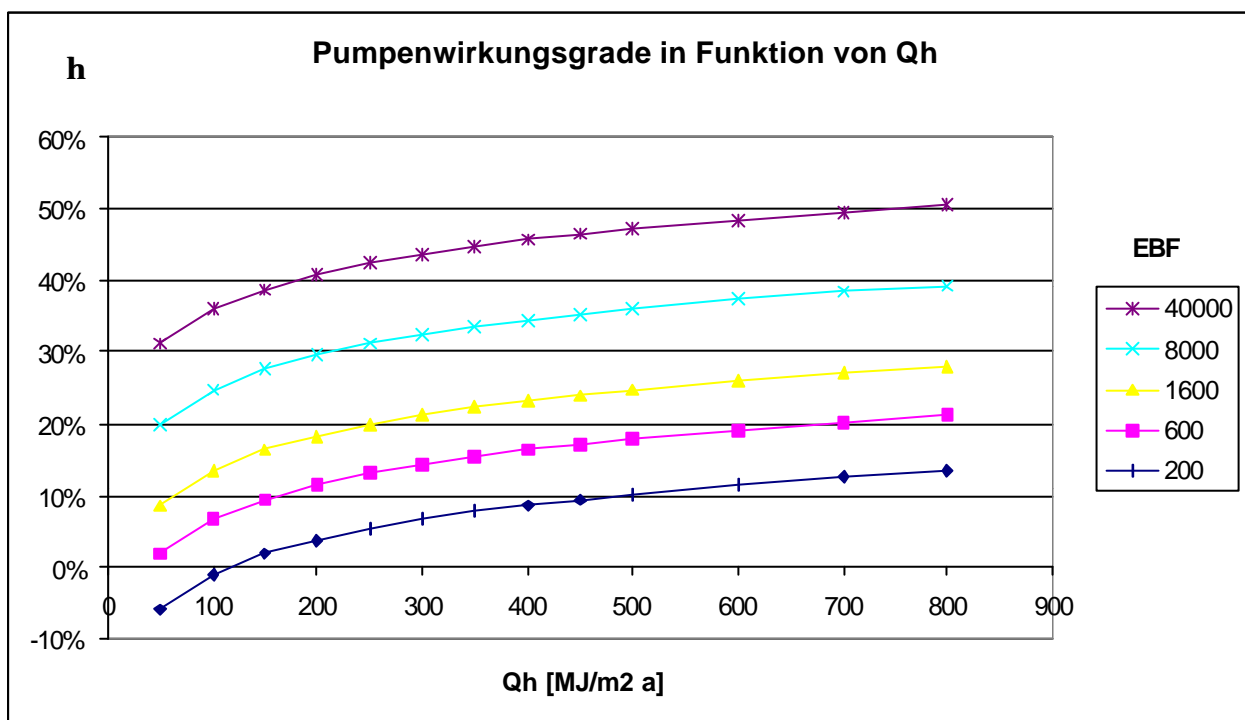


Bild 4 Pumpenwirkungsgrade in Abhängigkeit von Heizwärmebedarf  $Q_h$  und Anlagengrösse (EBF). Achtung: bei sehr kleinen Anlagen führt die logarithmische Formel zu falschen Ergebnissen.

$Q_h$  Jährl. Heizwärmebedarf [MJ/m²]

$P_{th} [W] = Q_h [MJ/m²] / 3.6 \cdot EBF / 2.3$

entspricht dem **Wärmeleistungsbedarf** "Q punkt" von SIA 384/2

$P_{hy}$  hydraulische Förderleistung [W], wurde mittels eines Standardwerts für die Vollbetriebsstundenzahl  $t_V = 2300$  der Wärmeerzeugung wie folgt bestimmt:

$$\begin{aligned}
 P_{hy} [W] &= P_{th} [W] \cdot 0.0002 = (Q_h [MJ/m²] \cdot (EBF / 3.6) / 2.3) \cdot 0.0002 [W] \\
 &= Q_h \cdot EBF \cdot 0.0000242
 \end{aligned}$$

tV Vollbetriebsstundenzahl der Wärmeerzeugung = Wärmeenergie / max. Wärmeleistung bzw. Wärmeleistungsbedarf. Standardwert Vollbetriebsstunden tV = 2300

$$E \text{ (Pu hgr) [MJ/m}^2\text{a]} = Q_h \cdot 0.00047 / (0.07 \ln(Q_h \cdot \text{EBF} \cdot 0.0000242)) + 0.04$$

**Bild 5**

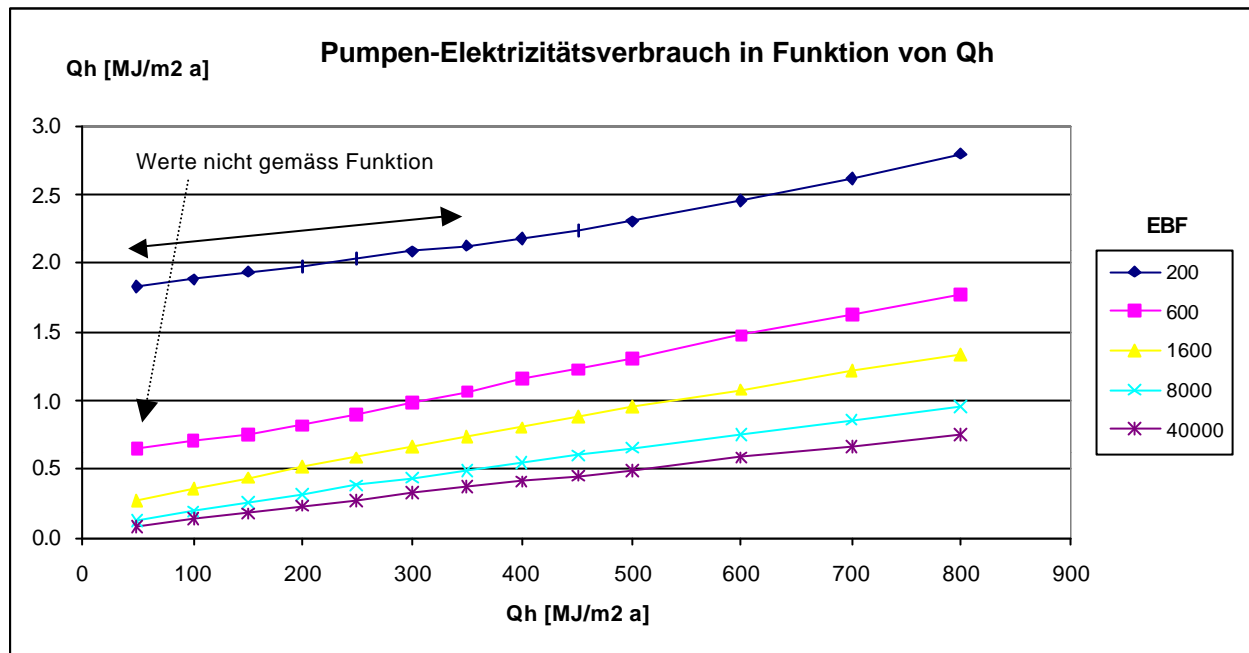


Bild 5 Elektrizitätsbedarf von Heizgruppen-Umwälzpumpen, pro m² EBF.  
 $E \text{ (Pu hgr)} = Q_h \cdot 0.00047 / (0.07 \ln(Q_h \cdot \text{EBF} \cdot 0.0000242)) + 0.04$   
 Herleitung der Formel im Anhang.  
 Für sehr kleine Qh bzw. EBF sind extrapolierte Ersatzwerte eingefügt.

### Spezialfälle, Ausnahmen

Einrohrheizungen weisen tendenziell höhere Druckverluste auf. Da diese Rohrführung aus verschiedenen Gründen nicht mehr zu empfehlen ist, soll keine Ausnahmen gemacht werden.

Thermoaktive Bauteile TAB werden zunehmend in Niedrigenergiehäusern zum Kühlen und Heizen eingesetzt. Sie weisen z.T. besonders hohe Druckverluste, was aber von der Funktion her nicht notwendig ist. Daher soll keine Ausnahme gemacht werden. Hingegen ist der Sommerbetrieb zusätzlich zu berücksichtigen, gehört aber zum Bereich Klima/Lüftung.

## 2.2 Umwälzpumpen für die Wärmeerzeugung (Pu we)

Viele Heizanlagen benötigen neben den Heizgruppumpen (für die Wärmeverteilung) weitere Umwälzpumpen: Kesselkreis-, Fernleitungs-, Speicherlade-Pumpen, Förderpumpen der Wärmequellen von Wärmepumpen (hierzu werden auch Ventilatoren von Luft-Wasser-Wärmepumpen gerechnet). Da eine genaue Bestimmung der erforderlichen Pumpen in der Phase der Gebäude-Projektierung kaum möglich ist, wird Standard-Berechnungsverfahren vorgeschlagen, welches die Art der Heizungsanlage und den Pumpenwirkungsgrad (stark grössenabhängig) berücksichtigt. Als vereinfachender Zusammenhang zwischen Pumpen-

Leistungsaufnahme und Heizleistung des Wärmeerzeugers wird eine empirisch gefundene Potenzfunktion (ungefähr Quadratwurzel) angenommen. Sind mehrere Wärmeerzeuger vorhanden, muss die gesamte Heizleistung (Wärmeleistungsbedarf) auf diese gemäss Projektierungsannahmen aufgeteilt und die jeweilige Pumpen-Leistungsaufnahme separat berechnet werden.

Um aus der Pumpen-Leistungsaufnahme den Elektrizitätsverbrauch zu erhalten, muss erstere mit der Betriebsdauer multipliziert werden. Standard-Betriebsdauer ist die Heizperiode mit 5400 h/a (Mittelland), bei Dauerbetrieb (mit Wassererwärmung im Sommer) 8760 h/a.

Offene Fragen:

Betriebsdauer nach Klimaregion differenzieren?

Reduktion für Niedrigenergiehäuser? wie zu berechnen?

Aus einer Funktion von H (in 380/1: spez. Wärmeverlust d. Geb.)?

### Sonderfälle:

Heizkessel Öl/Gas/Holz,  
wenn kondensierend: Faktor 2

WKK-Anlagen: nicht behandeln?

Wärmepumpen:  
(Erdsonden, Erdregister, Grundwasser, Luft [Ventilatoren]: alle gleich behandelt)

Aufteilung bivalent? nach Bivalenzpunkt, zeitproportional

Solaranlagen:  
% des projektierten Bruttowärmeertrags? (fast ein Tabu-Thema der Branche!)

Oder mit (projekt) Deckungsanteil? Pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche?

$E (P_{u we}) [kWh/a] = tB * 0.005 * (P_{th we})^{0.55}$	
$E (P_{u we}) [MJ/m^2 a] = 5400 * 3.6 / EBF * 0.005 * (0.000121 Q_h * EBF)^{0.55}$	<b>Bild 6</b>

$P_{th}$  Wärmeerzeuger-Leistung thermisch [kW] (Wärmeleistungsbedarf gem. SIA 384/2), berechnet aus  $Q_h * EBF / 2300$  (2300 = Standard-Volllaststunden)

$tB$  Jährliche Betriebsdauer [h] Standardwert 5400 h

Achtung: die empirisch gefundene Formel ergibt bei kleinen  $Q_h$  und EBF sehr kleine Pumpenleistungen, welche (noch) nicht auf dem Markt sind. In Bild 6 sind diese deshalb so korrigiert, dass mindestens 20 W elektrische Leistungsaufnahme resultiert.

Gestrichelt der effektiv für 200/600/1600 m<sup>2</sup> EBF aus der Formel resultierende Elektrizitätsverbrauch.

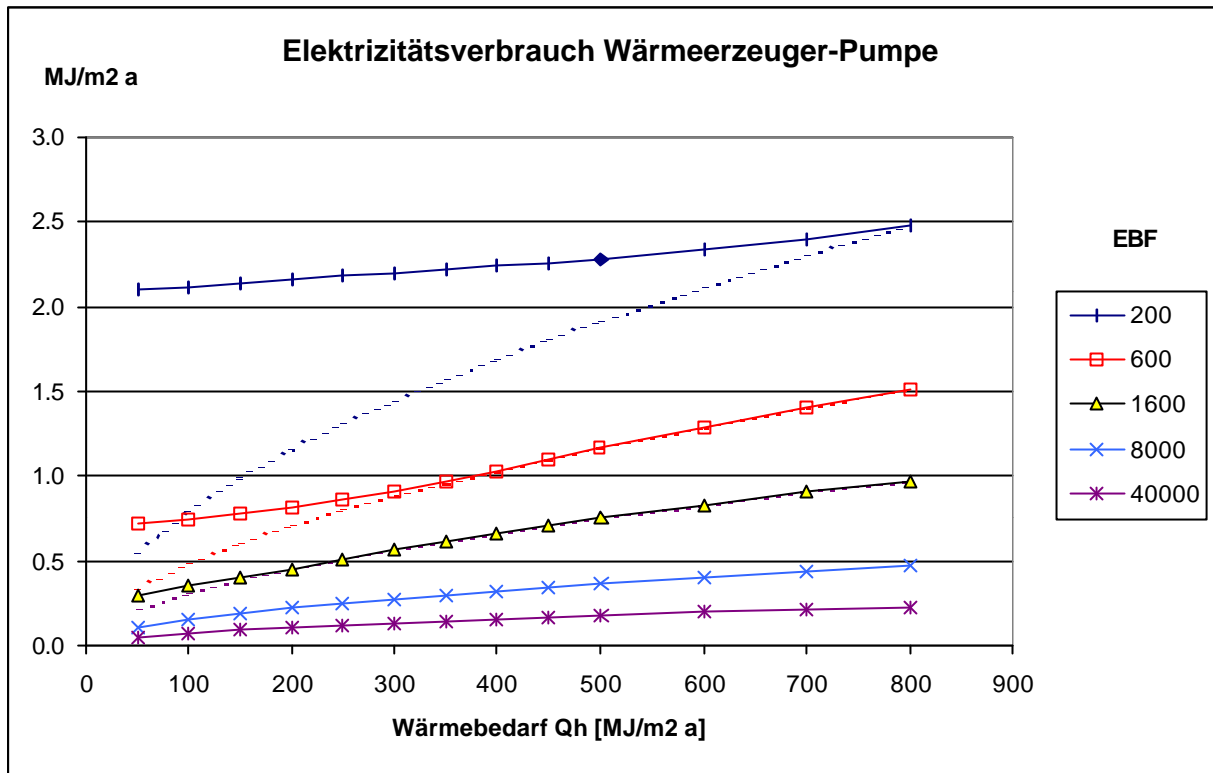


Bild 6 Elektrizitätsbedarf von Wärmepumpe (5400 h, Mittelland, höhere  $Q_h$ , ohne Sommer)

## 2.3 Hilfsaggregate von Feuerungen (Feu)

Die wichtigsten Elektrizitätsverbraucher von Feuerungsaggregaten sind:

- Gebläse, Ölpumpen, evtl. Gas-Verdichter
- Abgasventilatoren
- Ölvorwärmung (bei kleinen Leistungen bis ca. 50 kW)
- Brennersteuerung

Hilfsaggregate von Holzfeuerung:

- Transportschnecken, -gebläse
- Abgasventilatoren
- Zündvorrichtung
- Steuerung

Die wichtigsten Elektrizität verbrauchenden Teile eines Öl-/Gasbrenneraggregates nehmen zusammen eher etwas mehr Leistung auf als die Umwälzpumpen; bei kleinen Einheitsleistungen (EFH) und mit Ölvorwärmung sogar deutlich mehr. Hingegen sind die jährlichen Laufzeiten wesentlich kleiner, nämlich 2'000 bis 2'500 h bei nicht modulierenden Brennern und bis gegen 5'000 h bei modulierenden (dann aber mit reduzierter Leistungsaufnahme). In einem BFE-Forschungsprojekt [3] wurden 1999 Grundlagen und Daten zusammengetragen.

Mit den höheren lufthygienischen Anforderungen (saubere Verbrennung, Low-Nox) haben sich die elektrischen Leistungen erhöht durch höhere Luft- und Öldrücke, Abgas-Rezirkulation (Ventilator) und Ölvorwärmung. Die forcierte Entwicklung führte z.T. zu Elektrizitätsverschwendenden Lösungen, z.B. mit Ventilatormotoren tiefsten Wirkungsgrades (Spaltpolmotoren) und ungeregelter Ölvorwärmung. Mittlerweile ist das Problem in der Branche erkannt und es wird diskutiert, im Normnutzungsgrad (DIN) den Elektrizitätsverbrauch mit einer Gewichtung mit zu berücksichtigen.

Die Hilfsaggregate von Holzfeuerungen benötigen wegen des festen Brennstoffs wesentlich stärkere Motoren. Daten dazu müssten noch zusammengetragen werden. Als erste Näherung kann ein gegenüber Öl-/Gasfeuerungen um einen Faktor (z.B. 4) erhöhter Hilfsenergieverbrauch angenommen werden.

Analog zu den Umwälzpumpen der Wärmeerzeugung wurde auch für die Feuerungs-Hilfsaggregate als vereinfachender Zusammenhang zwischen Leistungsaufnahme und Heizleistung des Wärmeerzeugers eine empirisch gefundene Potenzfunktion (ungefähr Quadratwurzel) angenommen. Sind mehrere Wärmeerzeuger vorhanden, muss die gesamte Heizleistung (Wärmeleistungsbedarf) auf diese gemäss Projektierungsannahmen aufgeteilt werden und für jeden Wärmeerzeuger die Hilfsenergie separat berechnet werden.

$E \text{ (Feu)} \text{ [kWh/a]} =$	$tB * 0.03 * (P_{th} \text{ we})^{0.6}$	<b>Bild 7</b>
$E \text{ (Feu)} \text{ [MJ/m}^2 \text{ a]} =$	$2300 * 3.6 / EBF * 0.03 * (0.000121 Q_h * EBF)^{0.6}$	

$P_{th}$       Wärmeerzeuger-Leistung thermisch [kW] (Wärmeleistungsbedarf gem. SIA 384/2), berechnet aus  $Q_h * EBF / 2300$  (2300 = Standard-Volllaststunden)

$tB$       Jährliche Betriebsdauer [h]                      Standardwert 2300 h (Mittelland, höhere  $Q_h$ )

Um aus der Hilfsaggregate-Leistungsaufnahme den Elektrizitätsverbrauch zu erhalten, muss erstere mit der Betriebsdauer multipliziert werden. Als Standard-Betriebsdauer für den Wärmeerzeuger werden 2300 h/a eingesetzt (Mittelland), mit Wassererwärmung ist ein Zuschlag von 20...40% zu machen.

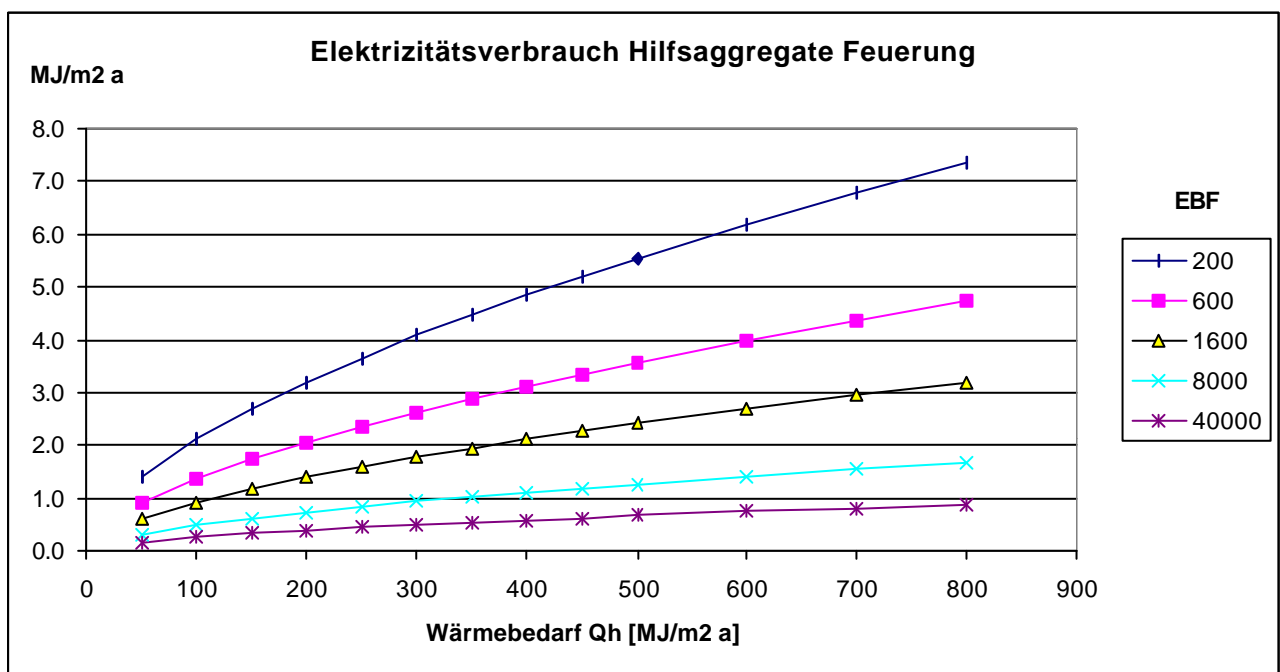


Bild 7      Elektrizitätsbedarf von Hilfsaggregaten von Feuerungen (Mittelland, höhere  $Q_h$ )

Wegen der empirisch gefundenen eher groben Näherungsfunktion könnte eine "optisch" einfachere mit Geraden definiert werden. Diese würde allerdings formelmässig **nicht** einfacher (wegen der Bezugsgrösse EBF, c = Konstanten):

$$E \text{ (Feu)} = c1 / EBF^{0.38} * (Q_h + c2) / c3$$

(Wird nur die grafische Funktion benötigt, wären die Geraden ev. vorzuziehen).

## 2.4 Steuerungen bzw. Regelungen (Hzst)

Der Elektrizitätsverbrauch der Heizungs-Steuergeräte (Netzteil), Ventiltriebe etc. hat in den letzten Jahren abgenommen, weil kleinere und effizientere Netzteile (u.a. für kleinere Wärmebelastung der Elektronik) eingesetzt werden. Diese Entwicklung dürfte sich noch fortsetzen. Der Elektrizitätsverbrauch ist in jedem Fall um mindestens eine Größenordnung kleiner als jener von Pumpen und Brennern.

Die Leistungsaufnahme von modernen Heizungsregelgeräten kann pauschal mit ca. 5 W berücksichtigt werden. Motorische Ventiltriebe sind vernachlässigbar; thermische wären mit ca. 10 W in der Heizperiode zu berücksichtigen, werden aber kaum mehr angeboten. Bei mehr als 2 Heizgruppe werden i.d.R. zusätzliche Regelgeräte benötigt. Somit resultiert folgender Elektrizitätsverbrauch als Näherung:

Heizungsregelgerät für 1 bis 2 Heizgruppen, auch mit Wassererwärmung	50 kWh/a
Pro zusätzliche Heizgruppe	50 kWh/a

Wenn ein flächenbezogener Wert berechnet werden soll (Energiekennzahl), so muss dafür die Anzahl Heizgruppen angegeben werden.

## 2.5 Speicherladepumpen Warmwasser (Pu wwsp)

Bei Warmwasserspeichern, die durch den Heizwärmeerzeuger erwärmt werden, muss die Speicherladepumpe für die Umwälzung des Heizungswassers zum Speicher und durch einen Wärmetauscher sorgen. Die aufzuwendende Energie ist sehr viel kleiner als die transportierte Warmwasser-Energie. Wegen der kleinen Bedeutung wird ein einfacher proportionaler Zusammenhang vorgeschlagen (Verzicht auf Berücksichtigung des Pumpenwirkungsgrades):

$E \text{ (Pu wwsp)} = 0.0025 \cdot Q_{ww} \text{ (Warmwasser)}$
--

Beispiel: 500 l Warmwasser (= 23.2 kWh) werden mit einem 25 kW Heizkessel in 1 h erwärmt. Benötigte Pumpe 50 W,  $E \text{ (Pu)} = 50 \text{ Wh} = 0.22\%$

Der Rechenwert für E (Warmwasser) kann aus SIA 380/1 entnommen werden (Tabelle 3). Diese Richtwerte genügen für die Bestimmung des Ladepumpen-Energieverbrauchs. Im Bericht zu Elektro-Wassererwärmern, sind weitere Angaben zu finden. Auslegungswerte des Warmwasserverbrauchs sind höher und hier nicht zu verwenden.

Geb. Kat.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Wohnen MFH	Wohnen EFH	Verwaltung	Schulen	Verkauf	Restaurant	Versam- lungslokale	Spitäler	Industrie	Lager	Sportbauten	Hallenbäder
Wärmebed. WW MJ/m²a	75	50	25	25	25	200	50	100	25	5	300	300

Tab. 3 Rechenwerte Wärmebedarf für Warmwasser aus SIA 380/1

## 2.6 Zirkulationspumpen Warmwasserverteilung (Pu wwz)

Der Elektrizitätsverbrauch der Warmwasser-Zirkulationspumpen ist viel kleiner als jener der Heizgruppenpumpen, da sehr viel weniger Wasser umzuwälzen ist (statt Gebäudeheizung nur Deckung der Leitungsverluste). Zwei energierelevante Eigenschaften der zirkulierenden Warmwasserverteilung sind jedoch ähnlich wie bei der Heizwärmeverteilung:

- Die Abhängigkeit von der Gliederung (A/EBF) des Gebäudes: starke Gliederung ergibt lange Leitungen. Werte von A/EBF liegen etwa zwischen 0.6 (sehr kompakt) und 2 (EFH eingeschossig).
- Der stark grössenabhängige Pumpenwirkungsgrad (vgl. Bild 3).

Hingegen ist kein Zusammenhang mit dem Wärmebedarf gegeben; es muss also ein Flächen-Zusammenhang definiert werden. Auf der Basis üblicher, eher überdimensionierter Anlagen gemäss Tabelle 4 lässt sich ein Berechnungsansatz vorschlagen.

Nutzung	EBF [m <sup>2</sup> ]	typische Pumpen-Leistung el. [W]	typ. Pumpen-Wirkungsgrad (vgl. Bild 3)	Elektrizitätsverbrauch mit 8760 h/a [kWh]	result. Elt.-Verbrauch [MJ/m <sup>2</sup> ]
4 Wohnung à 80 m <sup>2</sup>	320	20	3%	175.2	1.97
20 Wohnung à 80 m <sup>2</sup>	1'600	40	10%	350.4	0.79
100 Wohnungen à 80 m <sup>2</sup>	8'000	100	18%	876	0.39
500 Wohnung à 80 m <sup>2</sup>	40'000	200	22%	1'752	0.16

Tab. 4 Beispiele üblicher, eher überdimensionierter Warmwasser-Zirkulationspumpen. Die Differenz im resultierenden Verbrauch ist teils auf den Pumpenwirkungsgrad, teils auf die kompaktere Bauweise bei 100 und mehr Wohnungen zurückzuführen.

$E \text{ (Pu wwz)} = 33 \cdot (A/EBF) \cdot EBF^{(-0.5)} \quad [\text{MJ/m}^2 \text{ a}] \quad ^{(-0.5)} = 1/\sqrt{\phantom{x}}$	<b>Bild 8</b>
---	---------------

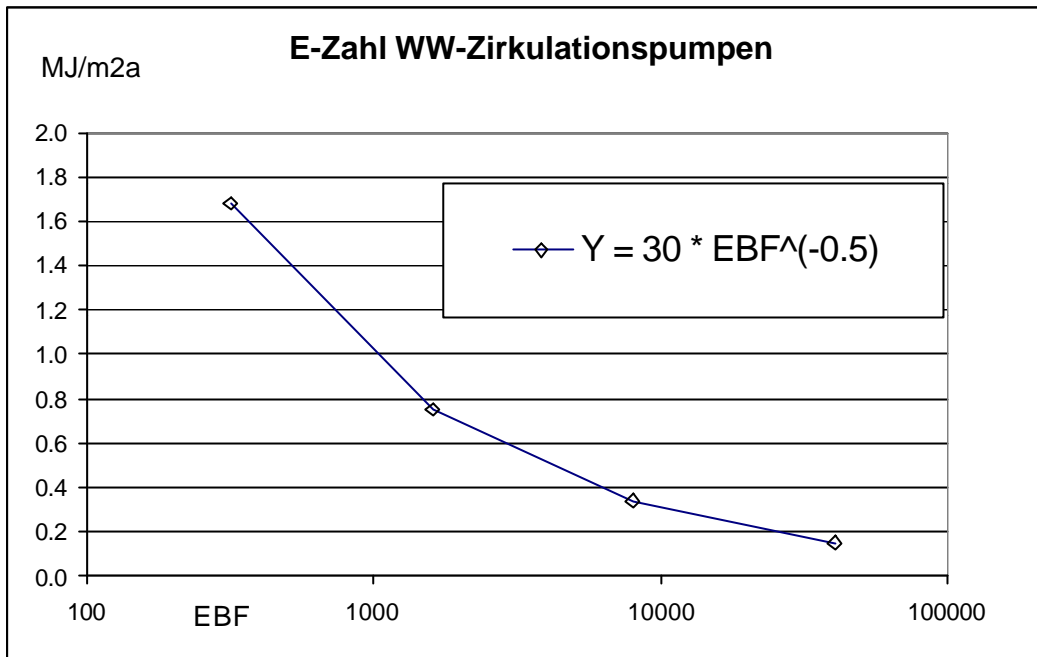


Bild 8 Elektrizitätsverbrauch von Warmwasser-Zirkulationspumpen mit A/EBF = 1

### Hinweise zu Anforderungen

Die kleinste z.Zt. erhältliche Zirkulationspumpe mit 20 W Leistungsaufnahme genügt bis ca. 20 Wohnungen. Neue Hochwirkungsgrad-Pumpen (für Sanitärwasser noch nicht auf dem Markt) könnten dies allerdings mit 5 W erbringen. Mit einer effizienten 50 W Zirkulationspumpe können bis 100 Wohnung versorgt werden; typische installierte Leistungsgrösse dafür sind allerdings eher 150 W.

Entscheidend für eine effiziente Anlage ist neben dem Pumpenwirkungsgrad eine gute hydraulische Auslegung, welche ohne oder mit wenig Drosselorganen eine gleichmässige Versorgung gewährleistet.

## 2.7 Elektrische Heizbänder Warmwasserverteilung (eHB)

Bei Installationen mit elektrischen Heizbändern zur Temperaturhaltung des Warmwassers wird keine Zirkulationsrückleitung benötigt, hingegen muss der Wärmeverlust der (Vorlauf-) Versorgungsleitung weitgehend elektrisch gedeckt werden (ausser wenn gezapft wird, dadurch wird die Leitung aus dem Speicher erwärmt).

Der Elektrizitätsverbrauch ist in erster Näherung proportional zur EBF. Bei üblichen Wärmedämmungen (kantonale Vorschriften ist pro Wohnung (80 m<sup>2</sup>) mit ca. 15 m Warmwasserverteilleitung à 8 W/m Wärmeverlust zu rechnen. Dies ergibt einen Brutto-Wärmeverlust von rund 1'000 kWh pro Jahr. Mit optimaler Steuerung lässt sich dieser Wert auf ca. 70% reduzieren.

In grossen Objekten ergibt sich nicht nur aufgrund des geometrischen Formfaktors eine Reduktion, sondern auch aufgrund der Gleichzeitigkeit der Zapfungen und dadurch grösserem Anteil an Speicher-Wärme (welche Elektrizität ersetzt). Daher kann neben dem Formfaktor noch ein zusätzlicher Korrekturfaktor für die Objektgrösse eingesetzt werden. Dafür eignet sich eine Wurzelfunktion, in Anlehnung an die Funktion bei Zirkulationspumpe. Gegenüber der obigen Annahme für 1 Wohnung soll sich in grossen Objekten eine Halbierung ergeben.



Somit wird folgende Berechnungsfunktion vorgeschlagen.  
Reduktionen können angewandt werden:

- 25% mit Mikroprozessor-gesteuerter Optimierung
- 25% bei im Mittel um mindestens 50% dickerer Rohr-Wärmedämmung (abweichende sind Wärmeleitwerte zu berücksichtig en).

$$E(eHB) = 100 * A/EBF * EBF^{-0.14} \quad [MJ/m^2 a]$$

**Bild 9**

andere Darstellung:  $E(eHB) = A/EBF / EBF^{0.14} \dots [MJ/m^2 a]$

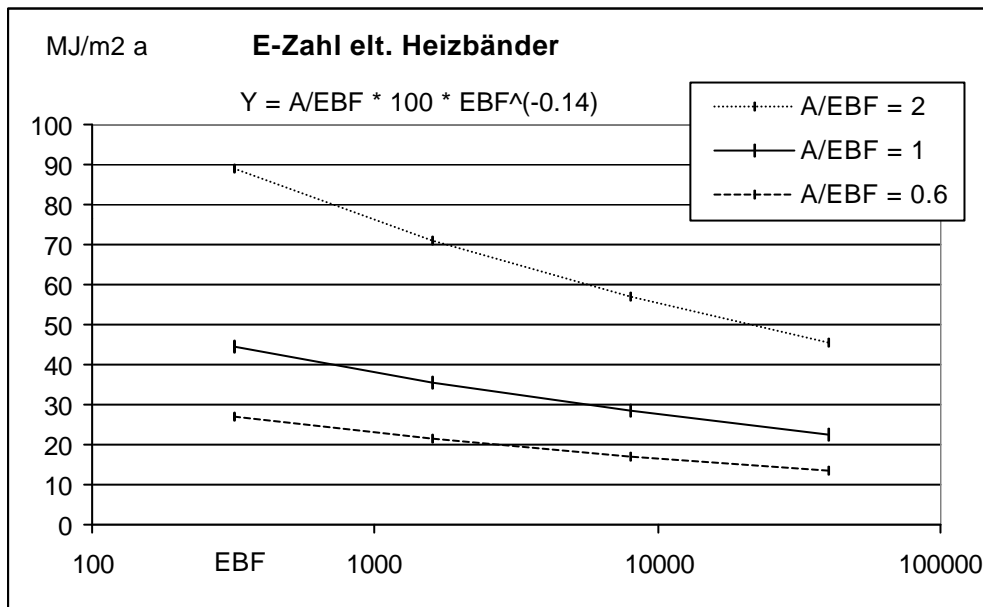


Bild 9 Elektrizitätsverbrauch von elektrischen Heizbändern für die Warmwasserverteilung

## 2.8 Beispiele

**MFH mittel, alt:** 600 m², Qh = 500, A/EBF = 1, Feuerung, WW-Zirk. / Heizband

E (Pu hgr) = 1.315, E (Pu WE) = 1.2, E (Hi-A-Feu) = 3.7, E (Pu wwsp) = 0.1875,  
E (Pu WWZ) = 1.3, E (eHB) = 40

**EFH Minergie:** 200 m², Qh = 120, A/EBF = 1.5, WP 4 kW, ...

E (Pu hgr) = 1.9, E (Pu we) = 0.8, E (Hi-A-Feu) = 2.4, E (Pu wwsp) = 0.125,  
E (Pu WWZ) = 2, E (eHB) = 50

(Mit Wärmepumpe würde E (Pu we) grösser, E (Hi-A-Feu) kleiner)

## 3. Anforderungen

### 3.1 Allgemeines

Basierend auf den Berechnungsmethoden könnten entsprechende Anforderungen (Grenz- und Zielwerte) mit Bezug auf EBF,  $Q_h$  etc. formuliert werden, also Werte die aus der 380/1 Berechnung vorhanden sind. Derartige Anforderungen haben den Nachteil, dass sie in der Projektierung und Ausführung nicht direkt nachvollzogen bzw. kontrolliert werden können.

Als Alternative sind insbesondere bei Umwälzpumpen Grenz- und Zielwerte für den Pumpenwirkungsgrad möglich, was zu andersartigen Problemen führt:

- Pumpenwirkungsgrade werden bisher nicht direkt deklariert aber aus Datenblatt zu berechnen)
- Wegen der Grössenabhängigkeit sind die Grenz- und Zielwerte (log.) Funktionen
- Effizienzmassnahmen wie richtige Auslegung (besten Arbeitspunkt), optimierte Ausschaltzeiten oder Drehzahlregelung werden nicht erfasst.

### 3.2 Umwälzpumpen Heizgruppen (Pu hgr)

In der SIA-Norm 384/1: 1982 "Zentralheizungen" fand sich der Hinweis, der Energieverbrauch für Pumpenantrieb "sollte 2% der verteilten Brennstoffenergie nicht überschreiten". In der Fassung 1991 wurde dieser ersetzt durch die Empfehlung, über 300 kW Wärmeleistung drehzahlvariable Pumpen einzusetzen (und dies ab 60 kW zu prüfen). Anhand neuer Erkenntnisse über den Pumpen-Energieverbrauch [5, 7] könnten differenzierte Anforderungen definiert werden:

- Für Heizgruppen-Pumpen als Prozentsatz der Heizleistung (z.B. bis 40 kW 0,3%, bis 150 kW 0,2%, darüber 0,1%), Laufzeit = Heizperiode, evtl. nachts/ausser Betriebszeit AUS oder reduziert.
- Für weitere Pumpen evtl. nur Empfehlung (Leistungsaufnahme max. x% der Heizgruppen-Pumpe, evtl. nach Art, vgl. Beschrieb oben b), d)); sowie eine "Vermeidungs-Empfehlung".
- Zirkulationspumpen Warmwasser: da die Ausdehnung der Anlage wichtigstes Kriterium für den Pumpen-Elektrizitätsverbrauch ist, kann eine Anforderung ausgehend von der EBF definiert werden. Evtl. ist eine nichtlineare Funktion sinnvoll (vgl. oben: Berechnung).

Aus den Kommissionsberatungen zu obigen Vorschlägen ergab sich die Absicht, Anforderungen an den Pumpen-Wirkungsgrad zu stellen.

Der Vorschlag gemäss Bild 10 ist aus der Wirkungsgrad-Funktion Bild 3 abgeleitet (Bezugsgrösse elektrische Leistungsaufnahme zur besseren Beurteilung).

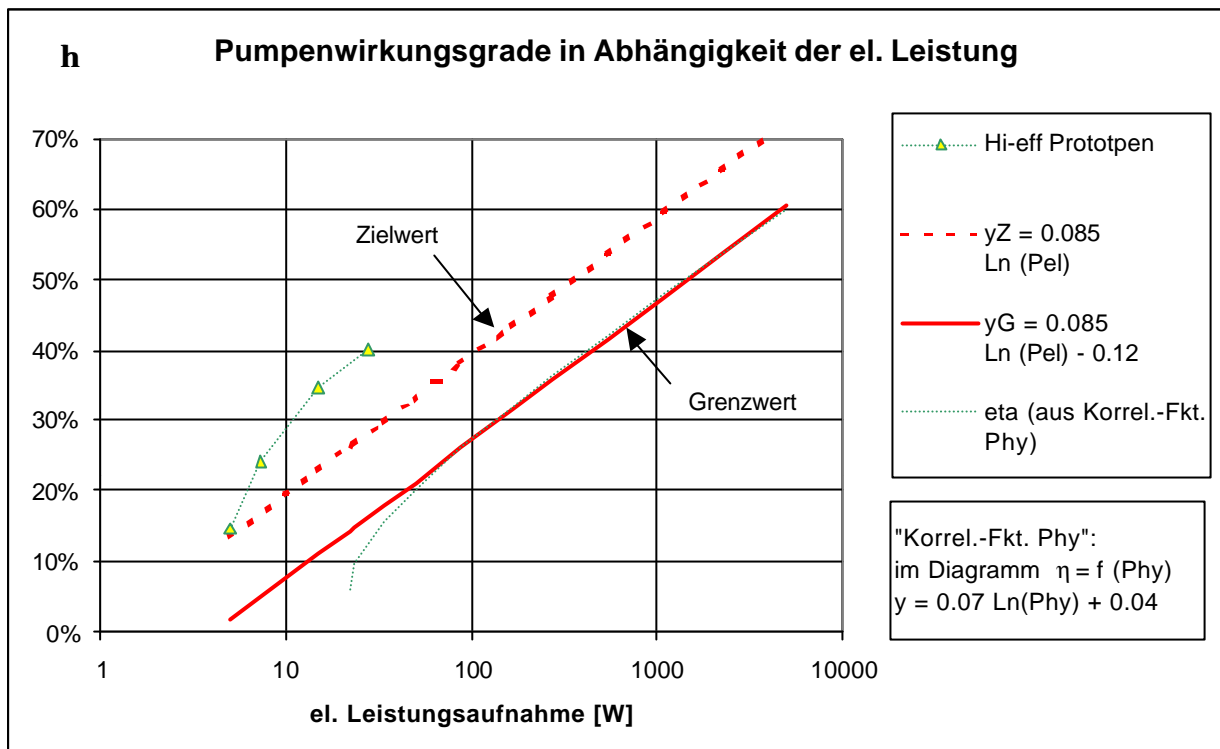


Bild 10 Anforderungen Heizgruppen-Umwälzpumpen

### 3.3 Umwälzpumpen für die Wärmeerzeugung (Pu we)

Kommissionsentscheid: Anforderungen wie Heizgruppenpumpen.

### 3.4 Hilfsaggregate von Feuerungen (Feu)

Der Hilfsenergieverbrauch wird durch die Hersteller bestimmt und ist bisher kein Auswahlkriterium. Somit haben Planer (noch) kaum Einfluss darauf. Anforderung können nur in Betracht gezogen werden, wenn in der EU entsprechende Aktivitäten oder Empfehlungen bekannt werden. Evtl. können Empfehlungen je nach Brenner-Technik gegeben werden.

Die oben für die Berechnung vorgeschlagenen Funktionen (Bild 7) könnten auch als Grenzwerte gelten.

Zielwerte müssten ggf. technologie-abhängig bestimmt werden, da z.T. starke Einflüsse gegeben sind (z.B. Druckverlust bei kondensierenden Heizkesseln). Angesichts der untergeordneten Bedeutung ist eher darauf zu verzichten.

Kommissionsentscheid: keine Anforderungen.

### 3.5 Steuerungen bzw. Regelungen (Hzst)

Wegen der kleinen Bedeutung hat die Kommission beschlossen, keine Anforderung zu definieren.

### **3.6 Speicherladepumpen Warmwasser (Pu wwsp)**

Angesichts der untergeordneten Bedeutung ist auf Anforderungen eher zu verzichten.

Kommissionsentscheid: Anforderungen wie Heizgruppenpumpen.

### **3.7 Zirkulationspumpen Warmwasserverteilung (Pu wwz)**

Die für die Berechnung vorgeschlagene Funktion (Bild 8) kann auch als Grenzwert gelten. Allerdings ist dieser Wert in der Projektierung anhand der eingesetzten Komponenten nur umständlich zu berechnen. Angesichts der Analogie zu Heizgruppen-Pumpen könnte auch der Pumpenwirkungsgrad wie bei Heizgruppen-Pumpen als Anforderung gelten.

Kommissionsentscheid: Anforderungen wie Heizgruppenpumpen.

### **3.8 Elektrische Heizbänder Warmwasserverteilung (eHB)**

Die für die Berechnung vorgeschlagene Funktion (Bild 9) kann auch als Grenzwert gelten. Allerdings ist dieser Wert in der Projektierung anhand der eingesetzten Komponenten nur umständlich zu berechnen.

Alternativ können als Anforderung auch Richtlinien verbindlich erklärt werden, die aus dem Forschungsprojekt "Elektrische Heizbänder" [6] stammen:

#### **Generell / Vermeidung**

- Notwendigkeit der Warmhaltung vermeiden durch kurze Distanzen (Ausstosszeiten bis 8 Sekunden sind noch komfortabel)
- Zirkulation einsetzen bei erneuerbaren Energieträgern / Abwärmenutzung

#### **Optimale Steuerung einsetzen**

- Einschaltzeiten nach dem Bedarf optimieren: Schaltuhr, noch besser: "intelligente" Steuerung mit Mikroprozessor einsetzen.
- Selbstregelung (objektgerechten Band-Typ wählen) allein ist noch keine optimale Lösung; bei grösseren Warmwassersystemen Feineinstellung mit Leistungssteller.

## 4. Literatur

Einige der aufgeführten Studien sind zum Download verfügbar bei:

[www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch) oder [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

- [1] Der schweizerische Haushalt-Stromverbrauch, J. Mutzner, SEV/VSE-Bulletin 4/1997
- [2] Machbarkeitsstudie Datenerhebung Elektrizität, J. Nipkow et al, BFE Dez. 2000
- [3] Hilfsenergieverbrauch von Öl- und Gasfeuerungen, P. Graf, J. Nipkow, R. Messmer, BFE- Forschungsprogramm "Rationelle Energienutzung in Gebäuden" , Bern, Okt. 1999
- [4] Umwälzpumpen-Dokumentation MC 10, 12, Biral AG Münsingen BE, [www.biral.ch](http://www.biral.ch)
- [5] Elektrizitätsverbrauch drehzahl geregelter Umwälzpumpen, J. Nipkow, BFE-Studie Nr. 57, 1996
- [6] Elektrische Heizbänder - Anwendungen, Energieverbrauch und Sparmöglichkeiten, ARENA J. Nipkow, BFE-Forschungsprogramm "Elektrizität", Bern, Juni 2002.
- [7] Umwälzpumpen - Leitfaden für Dimensionierung und Auswahl, BFE 2001, EDMZ-Nr. 805.164d, Download:  
[www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/gebudeanlagen/vollzugshilfen/11.pdf](http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/gebudeanlagen/vollzugshilfen/11.pdf)

## 5. Anhang

### 5.1 Herleitung der Formel für den Elektrizitätsverbrauch von Heizgruppen-Pumpen

$$P_{th} = Q_h \text{ [MJ/m}^2\text{a]} \cdot \text{EBF} / 3.6 / 2300 \quad [\text{kW}] = Q_h \cdot \text{EBF} \cdot 0.000121$$

$$P_{hy} \text{ [W]} = P_{th} \text{ [W]} \cdot 0.0002 = (Q_h \text{ [MJ/m}^2\text{]} \cdot (\text{EBF} / 3.6) / 2300) \cdot 0.0002$$

$$P_{hy} \text{ [W]} = Q_h \text{ [MJ/m}^2\text{]} \cdot \text{EBF} \cdot 0.0000242$$

$$E_{hy} \text{ [Wh]} = P_{hy} \cdot 5400 \text{ h} \quad \text{Standard-Wert Mittelland}$$

$$E \text{ (Pu hgr)} = E_{hy} / \eta_{Pu}$$

$$\eta_{Pu} \text{ (Standard-Funktion)} = 0.07 \ln(0.2 \cdot P_{th}) + 0.04 \quad P_{th} \text{ in [kW]}$$

$$E \text{ (Pu hgr)} \text{ [Wh]} = P_{hy} \cdot 5400 / (0.07 \ln(0.2 \cdot P_{th}) + 0.04)$$

$$E \text{ (Pu hgr)} \text{ [Wh]} = Q_h \cdot \text{EBF} \cdot 0.0000242 \cdot 5400 / (0.07 \ln(0.2 \cdot P_{th}) + 0.04) \quad P_{th} \text{ in [kW]}$$

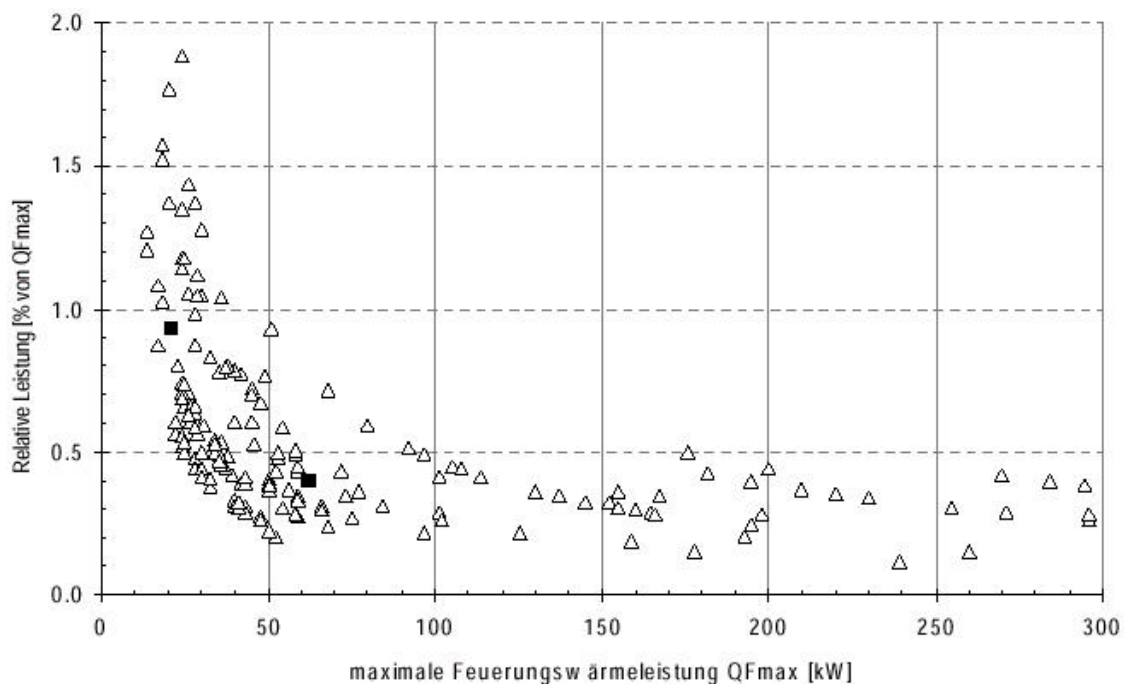
$$E \text{ (Pu hgr)} \text{ [Wh]} = Q_h \cdot \text{EBF} \cdot 0.0000242 \cdot 5400 / (0.07 \ln(Q_h \cdot \text{EBF} \cdot 0.0000242) + 0.04)$$

$$E \text{ (Pu hgr)} \text{ [MJ/m}^2\text{a]} = Q_h \cdot 3.6 \cdot 0.0000242 \cdot 5400 / (0.07 \ln(Q_h \cdot \text{EBF} \cdot 0.0000242) + 0.04)$$

$$E \text{ (Pu hgr)} \text{ [MJ/m}^2\text{a]} = Q_h \cdot 0.00047 / (0.07 \ln(Q_h \cdot \text{EBF} \cdot 0.0000242) + 0.04)$$

### 5.2 Elektrische Leistungsaufnahme von Gebläsebrennern

Die folgende Grafik ist in [3] enthalten, im dort abgedruckten EMPA-Bericht "Hilfsenergieverbrauch von Oelbrennern" (C. Brenner, 1999)



Relative elektrische Leistungsaufnahme im stationären Betrieb in Abhängigkeit der maximalen Feuerungswärmeleistung (Brenn EMPA 1999)