



Bild 1 Umlaufbeschleuniger des Wilhelm Opländer (Wilo) von 1929

Schritt für Schritt zur richtigen Umwälzpumpengröße

Pumpenauswahl leicht gemacht

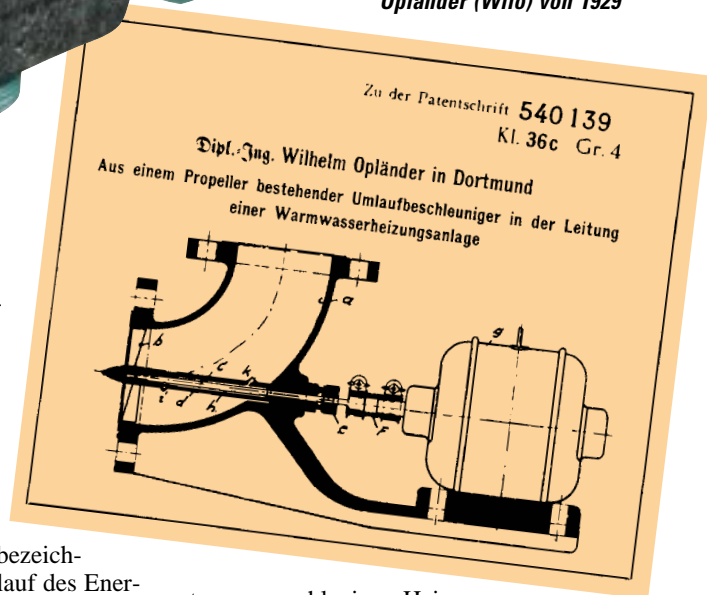
Ehrhardt Buscher*
Klaus Walter**

„Genau berechnen ist das Ziel, doch überschlägig ist schon viel“ – unter diesem Motto steht der folgende Artikel. Schritt für Schritt werden Planer und Praktiker zur richtigen Auswahl von Heizungsumwälzpumpen geführt. An Stellen, wo es notwendig ist, wird zwischen Neubau und Altbau unterschieden, da die Auswahlwege nicht vergleichbar sind.

Seit der Erfindung der Heizungsumwälzpumpe in den 20er Jahren des vorigen Jahrhunderts (Bild 1) hat die gesamte Heizungstechnik eine gewaltige Entwicklung durchlaufen. Das ist zunächst keiner besonderen Erwähnung wert, weil man es ja aus allen anderen technischen Bereichen hinlänglich kennt. Aber gerade die Heizung führt im Keller eines Gebäudes ein häufig unauffälliges und unbeachtetes Dasein.

Zentrale Anforderungen zur Auslegung

Mit der Erfindung der Heizungsumwälzpumpe wurde der entscheidende Schritt von der Schwerkraftheizung zur kontrollierten Heizwasserumwälzung getan. Deshalb wurde die erste Ausführung von seinem Erfinder vorausschauend auch zunächst als „Umlaufbeschleuniger“ bezeichnet. Inzwischen wird der Umlauf des Energieträgers Wasser nicht nur beschleunigt, sondern er entspricht allen Anforderungen einer zeitgemäßen Regelungstechnik. Um zu einer optimalen Auswahl und Einstellung der Heizungsumwälzpumpe zu gelangen, muß der Planer deshalb die Heizungsanlage in ihrer ganzheitlichen Funktion betrachten. Der Wärmeerzeuger als der Energielieferant wird nach dem Gesamt-Wärmebedarf des Gebäudes auszulegen sein. Den Energietransport zu den Heizflächen übernimmt dann die Pumpe. Dabei muß sie die Rohrreibungswiderstände in sämtlichen Leitungen und den verschiedenen Heizungskomponenten überwinden. Mit dieser Erläuterung sind die beiden Anforderungen umschrieben, die an die Auslegung der Heizungsumwälzpumpe gestellt werden: der zu transportierende Volumenstrom unter Bereitstellung einer ausreichenden Förderhöhe. Diese Kriterien werden in einer Pumpen-Kennlinie (Bild 2) dargestellt. Der Auslegungspunkt, der später genauer definiert wird, soll optimal im rechten Bereich des mittleren Drittels liegen. Bei der Lei-



stungsauswahl einer Heizungsumwälzpumpe muß zudem unterschieden werden, ob sie für eine Neubauplanung oder für eine Altbaurüstung eingesetzt werden soll.

Neubau

Bei einem Neubau wird die Heizung nach einer exakten, computergestützten Planung ausgelegt. Der Wärmebedarf des Gebäudes in kW wird nach der Norm DIN 4701 errechnet. Daraus ergibt sich in einem einzigen Rechenschritt der Volumenstrom der Pumpe in m³/h. Der Rohrreibungsverlust wird nach einer nicht genormten aber standardisierten Rohrnetzberechnung in mbar (bzw. hPa) durchgeführt. Auch hieraus kann die Förderhöhe der Pumpe in m sofort ermittelt werden.

Altbau

Bei einem Altbau existieren in den seltensten Fällen alte Planungsunterlagen. Man ist also auf Schätzungen angewiesen. Man kennt weder den Aufbau der Gebäudehülle noch die Durchmesser und Wege der Rohr-

* Ehrhardt Buscher war bis Ende Juni 2000 Leiter Marketing-Engineering der Wilo GmbH, 44263 Dortmund, Telefon (02 31) 4 10 20, Telefax (02 31) 4 10 23 63, Internet: www.wilo.de

** Klaus Walter, langjähriger Schulungsingenieur bei heizungstechnischen Industrieunternehmen

leitungen. Nachfolgend sollen Rechenverfahren vorgestellt werden, die solche Überschlagsrechnungen mit hinreichender Genauigkeit absichern. Dabei wird Wert darauf gelegt, daß sie schnell und einfach durchgeführt werden können.

Erforderlicher Volumenstrom

Der erforderliche Volumenstrom einer Pumpe \dot{V} errechnet sich nach der Formel

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}}{1,163 \cdot \Delta\vartheta} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Legende:

\dot{Q} = Gebäude-Wärmebedarf in kW (DIN 4701)

1,163 = spez. Wärmekapazität des Wassers in Wh/(kg K)

$\Delta\vartheta$ = Vorlauf-/Rücklauf-Spreizung des Wassers in K

Bekanntlich wird der Volumenstrom in der Pumpenkennlinie auf der waagerechten Achse aufgetragen (Bild 2).

Hinweis zu den verwendeten Formelzeichen: In vielen Hersteller-Katalogen wird der Volumenstrom für die Pumpen mit dem Buchstaben \dot{Q} bezeichnet. Gemäß der Norm DIN 24260, Teil 1 „Kreiselpumpen und Kreiselpumpenanlagen, Begriffe, Formelzeichen, Einheiten“ verwenden wir dafür das Formelzeichen \dot{V} . Damit wird einer möglichen Verwechslung des Wärmestroms und des Wasserstroms vorgebeugt.

Anwendungsfall Neubau

Die dargestellte Formel wird automatisch im Auslegungsprogramm berechnet. Allerdings sind zum Wärmebedarf Anmerkungen zu machen: Der Gebäude-Wärmebedarf gemäß DIN 4701 ist die Summe der Raum-Wärmebedarfs-Ergebnisse. Darin sind für die Lüftungsanteile nur 50 % der Summe

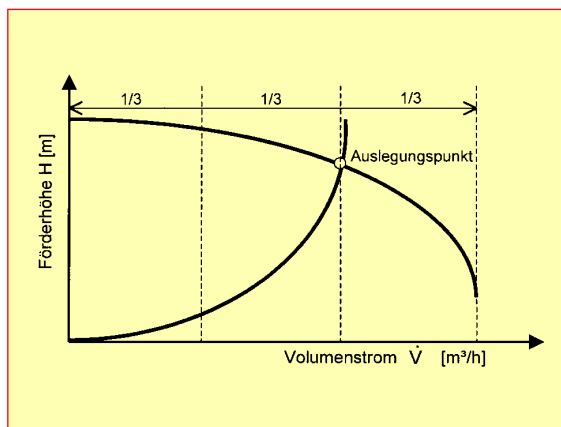


Bild 2 Pumpenkennlinie einer Kreiselpumpe

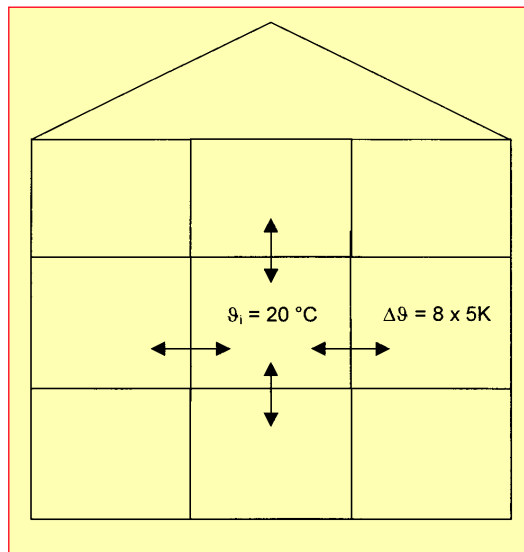


Bild 3 Normgemäße Wärmeströme in einem Gebäude

einzusetzen, weil der Wind nur auf eine Gebäude-Ecke blasen kann. Die Addition der Transmissions-Anteile kann jedoch zu einer grundsätzlichen Überdimensionierung von Kesseln und Pumpen führen. Wenn man eine Wohnung, wie empfohlen als „teilweise eingeschränkt beheizt“ berechnet, wird zu jedem beheizten Nachbarraum ein Temperaturgefälle von 5 K eingerechnet, allerdings auch in der jeweiligen Gegenrichtung (Bild 3).

Während dieses Verfahren für die Auslegung der Heizkörper eine zwingende Notwendigkeit ist, ergeben sich für die Kesselleistung Werte, die um ca. 15 bis 20 % zu hoch sind. Man rechne deshalb für die Pumpe mit

$$\dot{Q}_{\text{erf. Geb.}} = 0,85 \cdot \dot{Q}_{\text{Norm Geb.}}$$

Es wird von Fachleuten seit vielen Jahren die These vertreten, daß man im Grenzfall die kleinere von zwei möglichen Pumpengrößen wählen sollte. Ein Grund dafür ist die dargestellte Berechnungs-Abweichung von den Realitäten.

Anwendungsfall Altbau

Der Gebäude-Wärmebedarf eines alten Hauses kann nur geschätzt werden. Dabei hat es sich weitgehend durchgesetzt, den spezifischen Wärmebedarf je Quadratmeter beheizter Nutzfläche der Berechnung zugrunde

zu legen. Es gibt verschiedene Tabellen, die Anhaltswerte in Abhängigkeit des Gebäude-Baujahres ausweisen. Hier soll die Heizungs-Anlagen-Verordnung (HeizAnIV) in der Fassung von 1994 die Richtschnur sein. In § 4 (2) steht, daß auf die ausführliche Berechnung des Wärmebedarfs verzichtet werden kann, wenn Wärmeerzeuger von Zentralheizungen ersetzt werden und ihre Nennwärmeleistung 0,07 kW je m² Gebäudenutzfläche nicht überschreitet; für freistehende Gebäude mit nicht mehr als zwei Wohnungen gilt der Wert 0,10 kW/m². Das heißt im Umkehrschluß, daß eine Wärmedämmqualität des Gebäudes in dieser Größenordnung bei der Heizungssanierung unterstellt wird. Falls diese Werte nicht erreicht werden, möge zunächst eine Gebäudesanierung durchgeführt werden. Der verantwortliche Planer kann sich in seinen Rechnungen also auf die Werte der HeizAnIV berufen. Aus dem spezifischen Wärmebedarf \dot{Q}_{spez} läßt sich im ersten Rechenschritt ein spezifischer Volumenstrom \dot{V}_{spez} in Anlehnung an die vorherige Formel errechnen:

$$\dot{V}_{\text{spez}} = \frac{\dot{Q}_{\text{spez}}}{1,163 \cdot \Delta\vartheta} \quad [\text{l}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)]$$

Legende:

\dot{V}_{spez} = spezifischer Volumenstrom der Pumpe in [l/(h · m²)]

\dot{Q}_{spez} = spezifischer Wärmestrom in W/m²
= 70 W/m² in Mehrfamilienhäusern,
= 100 W/m² in freistehenden Ein- und Zweifamilienhäusern

Am Beispiel einer Heizung in einem Mehrfamilienhaus mit einer herkömmlichen Vorlauf-/Rücklauf-Spreizung von 20 K ergibt sich diese Berechnung:

$$\dot{V}_{\text{spez}} = \frac{70 \text{ W/m}^2}{1,163 \text{ W} \cdot \text{h}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 20 \text{ K}} = 3,0 \text{ l}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$$

Dieses Ergebnis „Für jeden m² Wohnfläche muß die Pumpe 3 l/h Wasser fördern“ sollte zum festen Bestandteil des Fachhandwerker-Wissens werden und jederzeit abrufbar sein. Bei anderen Temperaturgefällen kann schnell zu den Werten umgerechnet werden, wie sie in der Tabelle (Bild 4) aufgelistet sind.

Spez. Wärmebedarf je m ² Nutzfläche	Wohngebäude mit . . .	spez. Volumenstrom je m ² Nutzfläche bei Δθ			
		\dot{Q}_{spez}	\dot{V}_{spez} bei 20 K	\dot{V}_{spez} bei 15 K	\dot{V}_{spez} bei 10 K
max. 2 Wohnungen	100 W/m ²	4,3 l/h	5,7 l/h	8,6 l/h	17,2 l/h
über 2 Wohnungen	70 W/m ²	3,0 l/h	4,0 l/h	6,0 l/h	12,0 l/h

Bild 4 Volumenstromermittlung nach dem spezifischen Wärmebedarf

Beispiel

Es sei schnell zu einem mittelgroßen Gebäude weitergerechnet: Ein 12-Familienhaus mit Wohnungen von je 80 m² hat eine Gesamtwohnfläche von knapp 1000 m². Die erforderliche Heizungsumwälzpumpe muß bei Δθ = 20 K einen Volumenstrom von 3 m³/h fördern können. Vorläufig wird eine unregelmäßige Pumpe der Größe Star-RS 30/6 (Bild 5) ausgewählt. Die genauere Bestimmung erfolgt nach der Ermittlung der erforderlichen Förderhöhe.

Ermittlung der Förderhöhe

Der Druckverlust in den Heizungsrohrleitungen wird über eine Rohrmetzberechnung ermittelt. Dabei verfolgt man den ungünstigsten Weg des Heizungswassers, was meist dem längsten Rohrstrang entspricht. Alle anderen Rohrverteilungen im Hause haben logischerweise geringere Verluste. Das macht einen Abgleich aller Teilstränge in Form von Differenzdruckregelungen zwingend erforderlich. (Bild 6). Andernfalls würde das Heizungswasser dem Weg des geringsten Widerstandes folgend, in größeren Mengen entlang der kurzen Rohrstrecken zum Heizkessel zurückfließen. Eine ausgeglichene Wärmeversorgung wäre im Gebäude nicht mehr gegeben.

Anwendungsfall Neubau

Die Berechnung des Druckverlustes Δp ist die Grundlage für die Pumpenauslegung. Er setzt sich aus den Verlusten in den geraden Leitungsabschnitten sowie in Formstücken, Armaturen und anderen Heizungskomponenten (Kessel, Mischer, Schmutzfänger u.v.a.) zusammen. Die allgemeine Formel lautet:

$$\Delta p = R \cdot l + \Sigma Z \quad [\text{Pa}]$$

Legende:

R = Druckverlust in den geraden Rohrleitung in Pa/m (aus Netztafeln zu entnehmen)

l = Länge des ungünstigsten Rohrstranges (Vorlauf- plus Rücklaufänge) in m

Z = tabellarisch erfaßte Zuschlagswerte von Formstücken und Komponenten in Pa

Die Förderhöhe der Umwälzpumpe errechnet sich danach aus der Formel

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} \quad [\text{m}]$$

Legende:

ρ = Dichte des Fördermediums im kg/m³
g = Erdbeschleunigung in m/s²

In den Rechenprogrammen werden zunächst die Druckverluste summiert und danach durch die beiden Naturkonstanten dividiert:

$$H = (\Delta p_1 + \Delta p_2 + \dots + \Delta p_n) \cdot \frac{1}{\rho \cdot g} \quad [\text{m}]$$

So läßt sich die Diskussion um die vermeintlich „richtige“ Maßeinheit der Förderhöhe erklären. Die Förderhöhe wird auf der senkrechten Achse einer Pumpenkennlinie (Bild 2) aufgetragen.

Anwendungsfall Altbau

Während man die Außenwände eines alten Gebäudes noch hinlänglich genau abschätzen kann, wird das für die im Hause verlegten Rohrleitungen niemandem gelingen. Es gibt nicht die geringsten Anhaltspunkte für die eingeputzten Rohrleitungen, ihre Durchmesser und Durchmesseränderungen, Abzweigungen usw. Auch ein Urteil über den inneren Zustand der Leitungen, also über vermutete Verkrustungen, läßt sich nicht abgeben. Um dennoch zu einem Überschlagsverfahren zu gelangen, wird ein un-

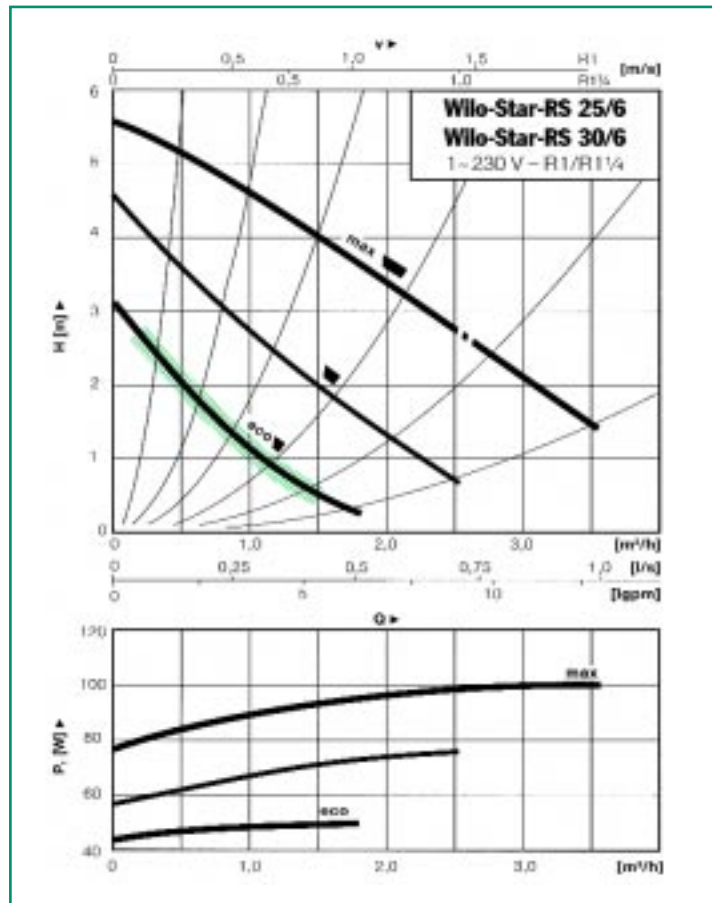


Bild 5 Kennlinie der Heizungsumwälzpumpe Star-RS 30/6

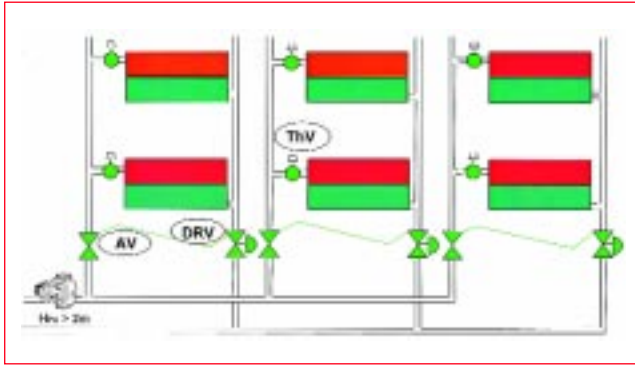


Bild 6 Wärmeverteilungen in Rohrsystemen mit mehreren Teilsträngen

Für diese dimensionslosen Zuschlagsfaktoren wird wieder auf Erfahrungswerte zurückgegriffen. Im Verhältnis zu den Verlusten in geraden

ter Fachleuten anerkannter Grenzwert als Richtschnur angesetzt: Falls in einem Rohrstrang ein höherer Druckverlust als $\Delta p = 200$ mbar abgebaut werden muß, so ist mit störenden Geräuschen zu rechnen. Wenn man also die Pumpe und die Teilstränge durch Differenzdruckregelungen auf diesen Grenzwert abstimmt (Bild 6), so läßt sich eine schätzungsweise Rohrmetzberechnung so gestalten, daß die gleichmäßige Wärmeverteilung im Hause gewährleistet ist.

Der Aufnahmeablauf ist folgender: Durch grobe Inaugenscheinnahme der Gebäudegröße wird der längste Weg der Rohrleitung vom Kessel zum entferntesten Heizkörper festgelegt (Länge plus Breite plus Höhe des Hauses, das verdoppelt wegen der Vor- und Rücklaufängen). Erfahrungswerte besagen, daß sich die Widerstandswerte alter Rohrleitungen zwischen 100 und 150 Pa/m bewegen. Damit kann der erste Teil der Formel $\Delta p = R \cdot l + \dots$ auch für einen Altbau schon festgelegt werden. Der zweite Teil der Formel wird aber nicht als Zuschlag addiert, sondern als Faktor multipliziert. Denn Einzelwerte können wirklich nicht erfaßt werden. Die Formel verändert sich zu

$$\Delta p = \frac{R \cdot l \cdot ZF}{10\,000} \text{ [m]}$$

Legende:

R = Rohrreibungswiderstand der Rohrleitung in Pa/m

l = max. Leitungslänge (VL + RL) in m

ZF = Zuschlagsfaktor

Rohrleitungen betragen die Verluste:

– in Formstücken und Armaturen

ca. 30 % $\Rightarrow ZF_1 = 1,3$

– in Thermostatventilen

ca. 70 % $\Rightarrow ZF_2 = 1,7$

– im Mischer

ca. 20 % $\Rightarrow ZF_3 = 1,2$

Daraus errechnen sich die Zuschlagsfaktoren beim Vorhandensein von:

Formstücken + Th-Ventilen

$(1,3 \cdot 1,7)$ zu ZF = 2,2 (Bild 7)

w.o. + Mischer

$(1,3 \cdot 1,7 \cdot 1,2)$ zu ZF = 2,6 (Bild 8)

Beispiel 12-Familienhaus

In dem schon besprochenen 12-Familienhaus sind die Wohnungen in 3 Etagen à 4 Wohnungen angeordnet. Der Heizkessel steht zentral unter dem Treppenhaus. Somit sind die beiden Heizkreise parallel und gleich lang. Deshalb kann auf einen differenzdruckregelnden Abgleich verzichtet werden. Die Rohrwege sind maximal 30 m lang, Vor- und Rücklauf addieren sich jeweils zu ca. 60 m. Es wird ein innerer Widerstand der Rohre von 130 Pa/m angenommen. Die Heizung ist mit einem Mischer ausgestattet. Im Zuge der Renovierung werden neue Thermostatventile eingebaut. Die Voreinstellung dieser Ventile ist Vertragsbestandteil.

Die Überschlagsrechnung für diese Altbau-sanierung sieht so aus:

$$\begin{aligned} \Delta p &= R \cdot l \cdot ZF \\ &= 130 \text{ Pa/m} \cdot 60 \text{ m} \cdot 2,6 \\ &= 20\,280 \text{ Pa} = 203 \text{ hPa} \end{aligned}$$

Für die Pumpenauslegung gelten bekanntlich diese Zusammenhänge:

1 hPa = 1 mbar = 1 cm.

Die notwendige Förderhöhe der Umwälzpumpe beträgt also $H = 203 \text{ cm} = 2,0 \text{ m}$

● Pumpenauswahl

Die vorläufig ausgewählte Pumpe Star-RS 30/6 (Bild 5) entspricht auch in bezug auf die Förderhöhe in ihrer Max-Stufe genau den Anforderungen dieses Gebäudes. Sie wird gegen eine vorgefundene Pumpe vom Typ S 40/80 r getauscht. Diese ist natürlich erheblich überdimensioniert, wie ein Blick auf die Pumpenkennlinie in einem alten Katalog deutlich macht. Um keine zu große Leitungsreduzierung erforderlich zu machen, wird eine Pumpe DN 30 der leistungsgleichen Pumpe DN 25 vorgezogen.

● HeizAnIV

Das Gebäude hat einen Gesamt-Wärmebedarf von $1000 \text{ m}^2 \cdot 70 \text{ W/m}^2 = 70 \text{ kW}$. Die HeizAnIV schreibt seit 1996 vor, daß Anlagen über $\dot{Q}_N = 50 \text{ kW}$ mit Umwälzpumpen auszustatten sind, von denen die elektrische Leistungsaufnahme in mindestens 3 Stufen selbsttätig angepaßt wird. Die spontan ausgewählte Pumpe RS 30/6 erfüllt allerdings diese Bedingung nicht. Daher muß eine stufenlos geregelte Pumpe vom Typ Star-E 30/1-5 zum Einsatz kommen. In der hydraulischen Leistung sind die beiden Pumpen vergleichbar.

● Leistungsaufnahme

Ein elementarer Bestandteil einer Pumpenkennlinie ist die Darstellung der Leistungsaufnahme des Pumpenmotors (unterer Teil des Bildes 5). Man sieht, daß die Stromaufnahme mit zunehmendem Volumenstrom steigt. Die drei dargestellten Linienverläufe sind die Veränderungen bei jeweils konstanter Drehzahl. Für das Rechenbeispiel ($\dot{V} = 3 \text{ m}^3/\text{h}$ bei $H = 2 \text{ m}$) liest man eine Leistungsaufnahme für das 12-Familienhaus von $P_1 = 100 \text{ W}$ ab.

Die bisher erarbeiteten Formeln und Rechenwege sind im Bild 9 gegenübergestellt. Man erkennt, daß die beschrittenen Wege für Neubauten und Altbauten nicht vergleichbar sind. Die Altbau-

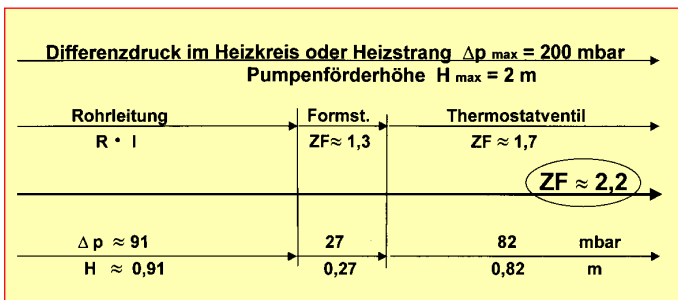


Bild 7 Differenzdruck im System mit Formstücken und Thermostatventilen

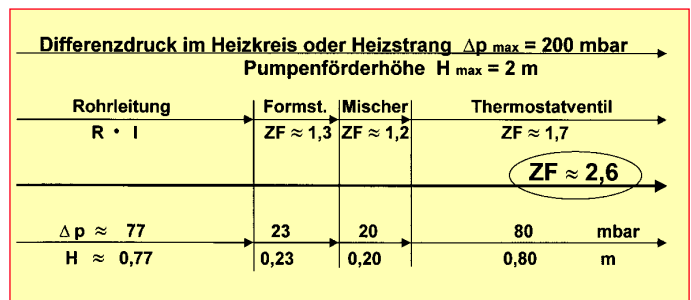


Bild 8 Differenzdruck im System mit Formstücken, Thermostatventilen und Mischer

	Normgerechter Rechengang	Überschlagsrechnung	
Wärmebedarf \dot{Q}_N [kW]	$\dot{Q}_N = \sum \dot{Q}_T + \zeta \sum \dot{Q}_L$	$\dot{Q}_N = \frac{A_N \cdot \dot{Q}_{spez}}{1\ 000}$ <small>A_N = beheizte Nutzfläche in</small>	$\dot{Q}_{spez} =$ 70 od. 100 <small>W/m²</small>
Volumenstrom \dot{V}_{PU} [m ³ /h]	$\dot{V}_{PU} = \frac{\dot{Q}_N}{1,163 \cdot \Delta\vartheta}$	$\dot{V}_{PU} = \frac{A_N \cdot \dot{V}_{spez}}{1\ 000}$	$\dot{V}_{spez} =$ 3,0 l/(h·m ²) <small>[bei $\Delta\vartheta=20K$ im MFH]</small>
Förderhöhe H_{PU} [m]	$H_{PU} = \frac{R \cdot l + \sum Z}{\rho \cdot g}$	$H_{PU} = \frac{R \cdot l \cdot ZF}{10\ 000}$	$ZF =$ 2,2 od. 2,6

Bild 9 Gegenüberstellung der Berechnungsformeln für Neubauten und Altbauten

Rechenwege mit einfachen Überschlagsformeln sollen einen guten Kompromiß aus den beiden bisher praktizierten Extremen aufzeigen: Entweder werden Heizungen in

der Altbau-Sanierung mit Hilfe eines exakten Computer-Programms berechnet. Dabei besteht die große Gefahr, daß ein aus eingegebenen Schätzzahlen hervorgegangenes

Ergebnis zu ernst in bezug auf seine Genauigkeit genommen wird. Oder es wird in Altbauten überhaupt nicht gerechnet. Pumpen werden genau in der vorgefundenen Nennweite getauscht (wenn überhaupt). Dabei bleiben wesentliche Einflüsse unbeachtet wie z. B. daß

- früher Pumpen grundsätzlich überdimensioniert wurden,
- der technische Fortschritt und damit die Verbesserung der hydraulischen Leistungsfähigkeit auch bei Pumpen stattgefunden hat,
- auch die Wärmedämmqualitäten älterer Häuser vielfach verbessert wurden, was zu einem kleineren Heizwärmebedarf (und damit zu kleineren notwendigen Kesseln und Pumpen) führt.

Deshalb sollen sich Planer und Handwerker diesen Grundsatz zu eigen machen: „Genau berechnen ist das Ziel, doch überschlägig ist schon viel.“

□