

Brennwertheizungen: Grundregeln zur (Pumpen-)Auslegung

Rücklauf­temperatur als zentrale Größe

Ehrhardt Buscher*
Klaus Walter**

Die Energieausbeute von Brennwertheizungen ist besser, weil die im Kondensationsprozeß der Rauchgase enthaltene latente Wärme zusätzlich teilweise für die Gebäudeheizung genutzt werden kann. Dadurch verbessert sich der energetische Wirkungsgrad der Heizung erheblich – zumindest in der Theorie. Damit sich diese Verbesserungen in der Praxis tatsächlich bemerkbar machen, sind einige wichtige Grundregeln zu beachten. Dies gilt insbesondere auch für die Auswahl und Auslegung der Heizungsumwälzpumpe.

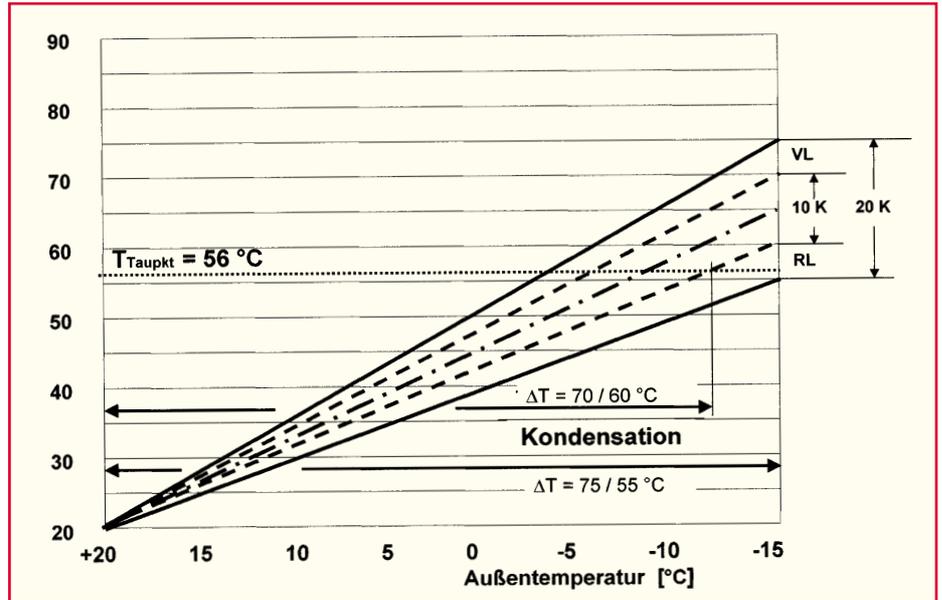


Bild 1 Heizkurven für gleiche mittlere Heizkörpertemperatur:
Legende: ——— VL / RL = 75 / 55 °C; $\Delta T = 20$ K; volle Kondensation
- - - - - VL / RL = 70 / 60 °C; $\Delta T = 10$ K; eingeschränkte Kondensation
- · - · - in beiden Fällen $T_{\text{mittel}} = 65$ °C; Wärmestrom $\dot{Q} = \text{const.}$

Bei der Brennwertheizung ist die Rücklauf­temperatur während der gesamten Heizperiode so zu wählen, daß die Kesseleintrittstemperatur ständig unterhalb von 50 °C liegt. Lediglich im Auslegungspunkt darf bei einer Gasheizung die Kondensationstemperatur von 56 °C erreicht oder kurzzeitig überschritten werden. Die Heizkurve soll deshalb nicht höher als zur einwandfreien Wärmeversorgung notwendig eingestellt werden. Das Ansteigen der Kesselrücklauf­temperatur über den Kondensationsbereich kann durch eine elektronisch geregelte Heizungsumwälzpumpe verhindert werden, wenn sie am richtigen Platz mit der richtigen Leistungsanpassung eingesetzt wird.

Volumenstrombegrenzung noch wichtiger

Die Vorlauf­temperatur eines Heizkessels wird im allgemeinen nach der gemessenen Außentemperatur gefahren. Andere klimatische Einfluß­größen (z. B. Windstärke, Windrichtung, Regen, Nebel, Sonnenein-

fall) sind zwar vorhanden, bleiben aber regelungstechnisch unberücksichtigt. Der Wärmeverlust der Räume und des Gebäudes wird als Summe der Transmissions- und der Lüftungs­lasten ebenfalls einzig auf der Grundlage von Temperatur­gefällen definiert und rechnerisch ermittelt. Innere Lasten (z. B. Öffnen von Fenstern oder Anheizphasen nach Absenkezeiten) sowie innere Gewinne (z. B. Abwärme elektrischer Geräte oder die Anwesenheit von Menschen im Raum) bleiben quantitativ unberücksichtigt. Aus Gründen der Vereinfachung werden deshalb die Vorlauf- und Rücklauf­temperaturen über der Außentemperatur im Bild 1 linear dargestellt. Jeder weiß aller-

* Ehrhardt Buscher war 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 war langjähriger Schulungsingenieur bei heizungstechnischen Industrieunternehmen

dings, daß die Praxis des Wärmeverteilungsprozesses nicht linear verläuft. Die für Vorlauf und Rücklauf beschriebenen Zufälligkeiten führen keinesfalls zu einer unmittelbaren Abhängigkeit der Rücklauf-temperatur von der Vorlauf-temperatur. Die umfangreiche Ausgleichsarbeit zwischen Wärmelieferung (außentemperaturabhängig) und Wärmeverbrauch (innentemperaturabhängig) müssen die Thermostatventile an den Heizflächen übernehmen. Ihrer Wirkungsweise und Funktionsfähigkeit muß deshalb eine große Aufmerksamkeit gewidmet werden. Das heißt, die sowieso vorgeschriebene Volumenstrombegrenzung an den Heizflächen durch Voreinstellung ist bei Brennwertheizungen noch wichtiger als sonst.

Große Spreizungen sind sinnvoll

Es ist bekannt, daß große Schwankungen der einen Heizkörper durchfließenden Wassermenge nur geringe Veränderungen der Wärmeabgabe an den beheizten Raum bewirken. Zurückzuführen ist diese Erscheinung auf die veränderte Verweildauer des Heizungswassers in der Heizfläche. Bei geringerem Volumenstrom, also geringerer Wassergeschwindigkeit, erhöht sich die Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf bei gleicher Wärmeabgabe.

Die Heizleistung, also der erforderliche Wärmestrom, gehorcht der Formel $\dot{Q} = \dot{V} \cdot c \cdot \Delta T$, so daß der Wärmestrom \dot{Q} in kW selbsttätig zwischen Volumenstrom \dot{V} in m³/h und Temperaturspreizung ΔT in K ausgeglichen wird. Die spezifische Wärmekapazität des Wassers beträgt $c = 1,163 \text{ Wh/(kg} \cdot \text{K)}$. Die Temperaturen für das Heizungswasser werden, der Monitoring-Regelung entsprechend, mit dem Formelzeichen T angegeben.

Bei Brennwertheizungen ist es sinnvoll, mit einer großen Spreizung (z. B. $\Delta T = 20 \text{ K}$, entspricht der vollen Linien im Bild 1) zu fahren, um den Abstand zwischen der außentemperaturgeführten Vorlauf-temperatur und der kondensationsgeforderten Rücklauf-temperatur möglichst groß zu machen. Dadurch wird eine niedrige Rücklauf-temperatur erreicht. Erkennbar wird im Bild 1, daß auch im Auslegungspunkt die Rücklauf-temperatur nicht den Taupunkt der Rauchgase übersteigt. Man kann hier also von einer Kondensation während der gesamten Heizzeit ausgehen. Würde bei gleichbleibender mittlerer Heizkörpertemperatur (strichpunktierte Linie im Bild 1) die Spreizung auf 10 K halbiert (gestrichelte Linien), so würde die Rücklauf-temperatur zumindest zeitweise über 56 °C steigen. Damit nimmt man nicht nur eine Teilkonden-

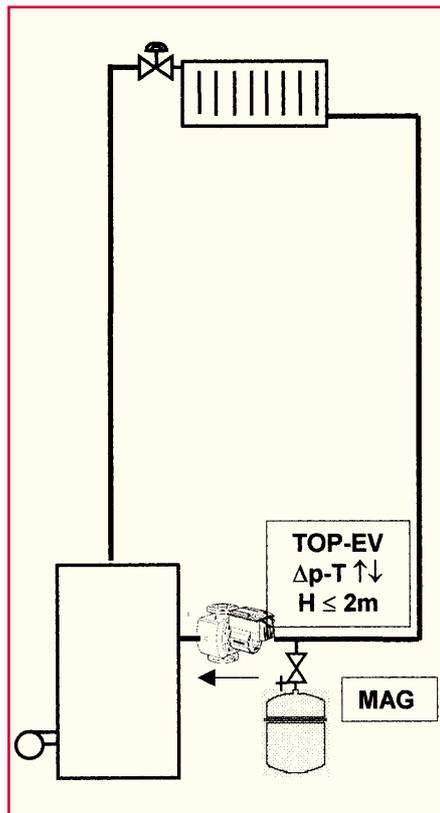


Bild 2 Brennwertkessel ohne vorgeschriebenen Mindestvolumenstrom mit geregelter Umwälzpumpe im Rücklauf

sation in Kauf, man verschlechtert die Kondensationsausbeute während der gesamten Heizzeit, wie aus der steileren Rücklauf-temperatur im Bild 1 erkannt werden kann.

Auswahl der geeigneten Umwälzpumpe

Man kann bei den z. T. im Markt angebotenen Brennwertkesseln drei Konstruktionsarten unterscheiden:

- Kessel mit eingebauter Umwälzpumpe. Bei diesen Produkten muß der Installateur die Montageanleitung des Herstellers genau beachten.
- Kessel ohne eingebaute Pumpe und ohne vorgeschriebenen Mindestvolumenstrom (Bild 2). Weil die Rücklauf-temperatur beeinflusst werden soll, muß die Pumpe zwingend in der Rücklaufleitung sein.
- Kessel ohne eingebaute Pumpe und mit vorgeschriebenem Mindestvolumenstrom

(Bild 3). Um hierbei die zuvor dargestellten Zufälligkeiten auszuschließen, muß durch eine hydraulische Entkoppelung dafür gesorgt werden, daß diese Bedingung ständig erfüllt wird.

Ängstliche Überdimensionierungen vermeiden

Speziell bei einer Brennwertheizung ist eine kleine Umwälzpumpe zu wählen, jede ängstliche Überdimensionierung ist unbedingt zu vermeiden. Denn der geringere Volumenstrom bedingt schließlich eine größere Spreizung in den Heizflächen, wodurch sich die Rücklauf-temperatur selbsttätig niedrig einstellt. Durch einen regelnden Pumpeneingriff ist eine Unterversorgung nicht zu befürchten. Die aus der Praxis bekannte Überdimensionierung der Heizungspumpen gehört endgültig der Vergangenheit an. Gemäß der gültigen Heizungsanlagen-Verordnung sind seit dem 1. 1. 1996 Heizungsumwälzpumpen mit Schaltgeräten zur automatischen Leistungsanpassung auszustatten bzw. elektronisch geregelte Pumpen einzusetzen. Auch wenn der Verordnungstext diese Vorschrift erst ab einer Kesselleistung von 50 kW vorschreibt, hat der Kunde bei kleineren Gebäuden ebenso einen Anspruch auf die modernste Technik bei bestem Energie-Spareffekt.

Die Pumpenregelung

Die Heizungsumwälzpumpe „TOP-EV“ von Wilo (Bild 4) besitzt eine serienmäßig integrierte Differenzdruckregelung als Funktion der Medientemperatur ($\Delta p-T$). Die

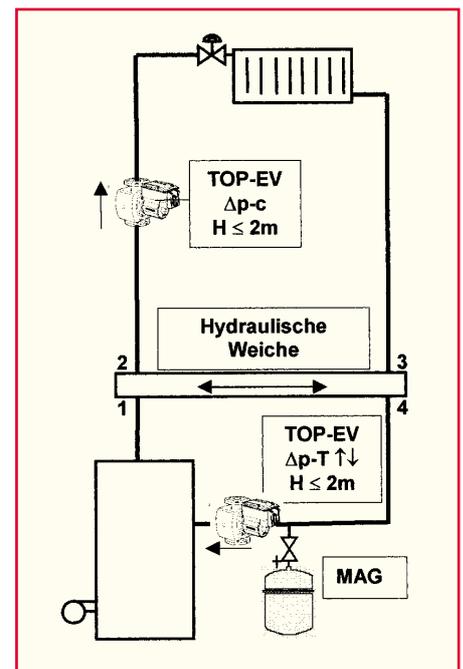


Bild 3 Brennwertkessel mit vorgeschriebenem Mindestvolumenstrom und hydraulischer Weiche

Programmierung erfolgt durch den Fachmann mit dem Servicewerkzeug „Monitoring“. Die Pumpendrehzahl, und dadurch bedingt Pumpenförderhöhe und Volumenstrom, können sich gleichläufig ($\uparrow\uparrow$) oder gegenläufig ($\uparrow\downarrow$) zur gemessenen Wassertemperatur entlang der Rohrnetzkenlinie verändern (Bild 5). Für den Einsatz in Brennwertheizungen wird die gegenläufige Regelungsart eingestellt (Punkte A \rightarrow B). Wichtig ist, daß die Temperaturerfassung und damit die Volumenstromveränderung unmittelbar vor dem Wassereintritt in den Wärmeaustauscher stattfindet. Die Umwälzpumpe darf aus diesem Grunde nur in den Heizungsrücklauf eingebaut werden, wie in den Bildern 2 und 3 dargestellt.

Anschauliches Anwendungsbeispiel

Für eine Beispieldarstellung wird die Auslegung des Bildes 1 mit $T_{V\max} = 75\text{ °C}$ und $T_{R\max} = 55\text{ °C}$ gewählt. Die Rücklauftemperatur liegt im Auslegungspunkt also genau am Kondensationspunkt (Taupunkt für Gashzg. = 56 °C). Bei jeder Heizungsanlage mit niedriger gefahrenen Temperaturen verbessern sich die beschriebenen Betriebszustände. Die Pumpenregelung wird für eine Pumpe TOP-EV 25/1-7 gemäß des Bildes 5 gewählt: $T_{\max} = 55\text{ °C}$, das entspricht dem Punkt A. Aus der Pumpenkennlinie (Bild 6) folgt: $H_{\max} = 3,5\text{ m}$, $\dot{V}_{\max} = 4,0\text{ m}^3/\text{h}$; $T_{\min} = 45\text{ °C}$, das entspricht dem Punkt B. Aus der Pumpenkennlinie kann man ablesen: $H_{\min} = 2,0\text{ m}$, $\dot{V}_{\min} = 3,0\text{ m}^3/\text{h}$. Das sind nur noch 75 % der maximalen Wassermenge. Die Verweildauer in den Heizflächen verlängert sich, die Rücklauftemperatur sinkt.



Bild 4 Wilo-Umwälzpumpe TOP-EV mit integrierten Absperrarmaturen

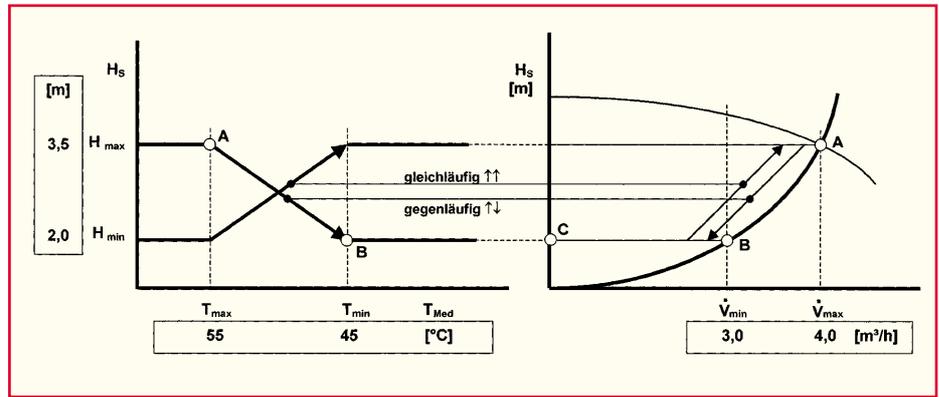


Bild 5 Temperaturabhängige Regelung (Δp -T) der Pumpenbaureihe TOP-E (Hinweis: umrahmte Zahlen gehören zum Rechenbeispiel)

Unterhalb einer Rücklauftemperatur von 45 °C arbeitet die Umwälzpumpe in der normalen Leistungsanpassung Δp -constant entlang der Linie B \rightarrow C im Bild 5. Der Brennwerteffekt wird voll zum Tragen kommen. Überschreitet die Rücklauftemperatur den Wert von 45 °C , so verringert die Elektronik die Motordrehzahl, die Pumpe fördert weniger Wasser.

Rechenbeispiel-Fazit: DN 25 statt DN 40

Angenommen sei als Gebäude ein zu renovierender Altbau, in dem sich 15 Wohneinheiten à 90 m^2 befinden. Die gesamte zu beheizende Wohnfläche beträgt also 1350 m^2 mit einem Wärmebedarf von $\dot{Q}_{\text{spez}} = 70\text{ W/m}^2$ entsprechend den Vorgaben der Heiz-AnlV. Der Gebäude-Wärmebedarf beträgt also $\dot{Q}_{\text{Geb}} = 94,5\text{ kW}$, der maximale Volumenstrom damit $\dot{V} = 4,0\text{ m}^3/\text{h}$ bei einer Spreizung von $\Delta T = 20\text{ K}$.

Ausgewählt wird eine Umwälzpumpe vom Typ TOP-E 25 / 1 - 7 (Bilder 4 + 6). Im Auslegungspunkt hat die Pumpe eine Förderhöhe von $H = 3,5\text{ m}$. Es sei darauf hingewiesen, daß diese maximale Förderhöhe nur kurzzeitig ansteht, weil ja die Regelung so eingerichtet ist, die Pumpe von diesem Betriebszustand wegzufahren. Dazu sind die Betriebspunkte noch einmal in der Tabelle 1 aufgelistet. Sehr wichtig sind auch die in der Tabelle 2 zusammengefaßten Aussagen.

Bei der zuvor erläuterten Spreizung von 20 K ist ein Volumenstrom von $4,0\text{ m}^3/\text{h}$ für den Wärmetransport erforderlich. Dafür ist eine Umwälzpumpe der Nennweite DN 25 geeignet. Die Wahl einer kleineren Spreizung ist nicht nur – wie nachgewiesen – regelungstechnisch ungünstig für eine Brennwertheizung. Sie erfordert den doppelten Volumenstrom und eine Pumpe der Nennweite DN 40. Diese ist mehr als doppelt so teuer und hat einen fast dreifachen Stromverbrauch. Sie regelt viel zu weit im linken Drittel des Kennlinienfeldes mit dort schlechtem Wirkungsgrad. Der Heizungsbauer, der seinem Kunden unbedacht eine größere Pumpe einbaut, verschuldet sowohl höhere Investitions- wie auch höhere Betriebskosten.

Abhängig von Volumenströmen und Temperaturen

Wie beschrieben wird die Vorlauftemperatur nur nach der gemessenen Außentemperatur, also auf Zufälligkeiten beruhend, geregelt. Die Rücklauftemperatur ergibt sich nach einer zweiten Zufälligkeit, der Raumnutzung. Es ist bei den z. Zt. eingesetzten Kesselregelungen unmöglich, eine nur annähernd genaue Aussage zur Höhe der Rücklauftemperatur oder der Menge des Volumenstroms in direkter Abhängigkeit von der außentemperaturgeführten Vorlauftemperatur zu machen. Für den Fall c, d. h. bei vorgeschriebenem Mindestvolumenstrom, ist eine hydraulische Entkopplung erforderlich, um die Zufälligkeiten auszuräumen.

Die VDI-Richtlinie 2073 (Juli 1999) „Hydraulische Schaltungen in Heiz- und Raumluftechnischen Anlagen“ behandelt u. a. im Kapitel 4 die Sollfunktionen eines hydraulischen Verteilsystems, für das als wichtigste Komponente die Umwälzpumpe anzusehen ist. Es heißt dort: „Wegen der Anbindung des Verteilsystems an die Nutzenübergabe und die Erzeugung sind von diesen beiden Seiten auch die Sollfunktionen für ein hydraulisches Verteilsystem vorgegeben. Aus der Erzeugung kann folgen: Die Erzeuger-Eintrittstemperatur (Rücklauf) muß als Grenzwert eingehalten werden.“ In der Tabelle 1 der Richtlinie ist diese Forderung noch einmal als Festforderung (neben anderen Grenzforderungen und Wünschen) aufgeführt. Im erläuternden Text liest man: „Zur Unterstützung der Funktion der Wärmeerzeugung gibt es eine sogenannte Rücklauftemperaturbegrenzung (für Wärmepumpen und Fernheizungen).“ Aus der funktionalen Notwendigkeit dieser beiden Wärmeerzeugungsarten ist damit

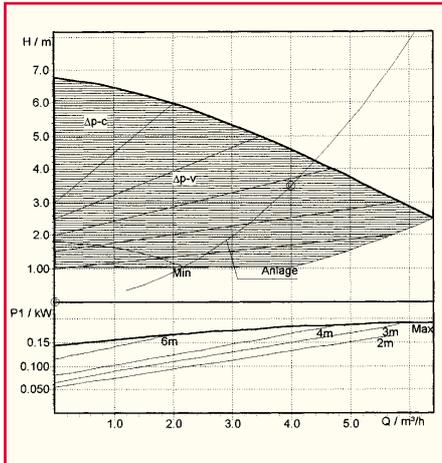


Bild 6 und 7
Ausschnitt aus dem Datenblatt der Pumpe TOP-EV 25/1-7

Betriebsdatenvorgabe		
Förderstrom	4,00	m³/h
Förderhöhe	3,50	m
Fördergut	Wasser	
Fluidtemperatur	55	°C
Dichte	0,986	kg/dm³
Kinematische Viskosität	0,456	mm²/s
Dampfdruck	0,119	bar
Pumpendaten		
Fabrikat	WILO	
Typ	TOP-EV 25/1-7	
Konstruktionsart	Elektronikp. mit Absperreinr	
Anlagenart	Einzelpumpe	
Nenndruckstufe	PN 10	
Min. Fluidtemperatur	20	°C
Max. Fluidtemperatur	110	°C
Hydraulische Daten (Betriebspunkt)		
Förderstrom	4,00	m³/h
Förderhöhe	3,50	m
Leistungsaufnahme P1	0,157	kW
Drehzahl	2540	1/min
Mindestzulaufhöhe		
Temperatur in °C	50	95
Mindestzulaufhöhe in m	0,50	5,0

eindeutig eine Begrenzung nach oben zum Zwecke der Einhaltung einer niedrigen Rücklauf-temperatur gemeint. Auch wenn eine dritte Wärmeerzeugungsart, im konkreten Fall die Brennwerttechnik, in der VDI-Richtlinie aus dem Jahre 1999 (!) nicht erwähnt ist, kann und muß der fachkundige Installateur die heizungstechnischen Forderungen aus der Richtlinie dafür ableiten. So erfüllt z. B. die Heizungsumwälzpumpe „TOP-E mit Monitoring“ in der Funktion Δp -T, also mit der temperaturgeführten Differenzdruckregelung, die aufgezählten For-

derungen uneingeschränkt. Bedingungen sind wie erläutert, daß die Pumpe in der Kesselrücklaufleitung eingebaut ist und in der gegenläufigen Δp -T-Regelung gefahren wird.

Hydraulische Weiche und MAG

In Bild 3 ist eine Hydraulische Weiche als Entkopplung zwischen dem Erzeugerkreis (primär) und dem Nutzenkreis (sekundär) dargestellt. Im Fall eines erhöhten Angebots, also bei schließenden Thermostatven-

tilen, fließt ein Teilstrom des Vorlaufwassers auf dem Wege 1 → 4 zum Kessel zurück und erhöht die Kesseleintrittstemperatur. Die Pumpe „TOP-EV“ reagiert darauf mit Rücknahme der Drehzahl. Im Fall einer erhöhten Abnahme, also bei öffnenden Thermostatventilen, fließt ein Ausgleichsstrom auf dem Wege 3 → 2. Dadurch verringert sich die Wassertemperatur an der Pumpe. Sie reagiert darauf mit einer Erhöhung der Drehzahl. Der Anlage wird mehr Heißwasser zugeführt. Zu beachten ist, daß es sich hierbei lediglich um eine hydraulische, nicht um eine thermische Entkopplung handelt. Die Wärmebilanz zwischen Primär- und Sekundärkreis bleibt stets konstant. Allerdings muß eine weitere Pumpe im Sekundärkreis installiert werden. Die Heizungsumwälzpumpen der Baureihe „TOP-EV“ haben gegenüber den gängigen Pumpen integrierte Absperrarmaturen am Saug- und am Druckstutzen. Bei den Rohrverschraubungspumpen (DN 25 und 30) sind es Kugelhähne, die mit einem Maulschlüssel geschlossen werden können, z. B. zum Tausch des Pumpenmotors. Eine unbeabsichtigte Bedienung ist von der Konstruktion her ausgeschlossen. Deshalb darf diese Pumpe auch (wie in den Bildern 2 und 3 dargestellt) zwischen dem Membran-Druckausdehnungsgefäß (MAG) und dem Heizkessel installiert werden, ohne gegen die Vorschrift der DIN 4751 zu verstoßen. Falls der MAG-Anschlußpunkt auf der Pumpen-Druckseite gewählt wird, muß der MAG-Vordruck um die maximale Pumpenförderhöhe vergrößert werden, um einen Lufteintritt durch Unterdruck auszuschließen.

Alle, die mit Heizungen zu tun haben, haben gelernt, in Vorlauf-temperaturen zu denken. Mit der Entwicklung der Heizungssysteme, die den Brennwerteffekt ausnutzen, ist plötzlich die Rücklauf-temperatur als ein wichtiges Kriterium in den Vordergrund getreten: Neue Technik verlangt neues Wissen und neues Denken. □

Betriebspunkt im Bild 5	Rücklauf-temperatur	Volumenstrom	Förderhöhe	Leistungs-aufnahme
A	55 °C	4,0 m³/h	3,5 m	160 W
B	45 °C	3,0 m³/h	2,0 m	110 W
B - C	< 45 °C	2,9 bis 0,1 m³/h	2,0 m	min. 55 W

Tabelle 1 Betriebszustände der Umwälzpumpe im Rücklauf

Vorlauf-temperatur	Rücklauf-temperatur	Spreizung	erforderlicher Volumenstrom	Pumpen-größe	Listenpreis der Pumpe	max. Leistungs-aufnahme
75 °C	55 °C	20 K	4,0 m³/h	DN 25	100 %	100 %
70 °C	60 °C	10 K	8,0 m³/h	DN 40	212 %	275 %

Tabelle 2 Vergleich der Betriebszustände bei gleicher mittlerer Heizwassertemperatur von $T_m = 65$ °C