Schaltungsvorschläge zur Sicherung der geforderten Wasser-Eintrittstemperaturen an korrosionsgefährdeten Kesseln

Dr. sc. techn. B. GLUCK
VEB Kombinat Technische Gebäudeausrüstung – Institut –

(Fortsetzung von Heft 3/1978)

Beispiel 1:

Ein Gaskessel mit einer Leistung von $\dot{Q}_K = 290$ kW versorgt eine Gebäudeheizung mit den Auslegungsdaten 100 °C/70 °C und einem Anschlußwert von $\dot{Q}_V = 250$ kW. Die Schaltung erfolgt nach Bild 10. Der Druckverlust bei vollem Durchsatz beträgt im Heizstromkreis $\Delta p_H = 5 \cdot 10^4$ Pa. Die Druckverluste über dem Beipaß und dem Kessel sind festzulegen, die Pumpen auszuwählen sowie die Abweichungen des Gesamt-Mengenstromes zu ermitteln. Es soll ein Zweiwege-Ventil mit symmetrischer, linearer Kennlinie und einem $k_{vs} = 15$ m³/h ($\equiv 4{,}208 \cdot 10^{-4}$ m², vgl. [2]) installiert werden.

Ausgehend vom Massenstrom durch den Verbraucher

$$\dot{m}_V = \frac{\dot{Q}_V}{c \cdot \Delta t} = \frac{250 \cdot 10^3}{4{,}19 \cdot 10^3 \cdot 30} \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 1{,}99 \text{ kg/s}$$

können nach der Bestimmung der dimensionslosen Massenströme die realen Soll-Werte bestimmt werden. Aus den aufgestellten Diagrammen folgen

Bild 5 $\quad \mu = 0{,}08 \ldots 1{,}0 \quad \mu_{BV} = 0 \ldots 0{,}92$
Bild 13 $\quad \mu_{BK} = 0{,}196 \quad \mu_K = 0{,}28 \ldots 1{,}20$.

Damit ergeben sich weiter

$\dot{m} = 0{,}159 \ldots 1{,}99$ kg/s $\quad \dot{m}_{BV} = 0 \ldots 1{,}83$ kg/s
$\dot{m}_{BK} = 0{,}39$ kg/s $\quad \dot{m}_K = 0{,}55 \ldots 2{,}38$ kg/s .

Für die maximal möglichen Massenströme erfolgte die Bemessung der Strecken X, Y und Z (Bild 10). Einschließlich der Armaturen und des Kessels, jedoch ohne Zweiwege-Ventil, ergaben sich

$\Delta p_{X,max} = 0{,}64 \cdot 10^4$ Pa $\quad$ bei $\dot{m}_{BV,max} = 1{,}99$ kg/s
$\Delta p_{Y,max} = 0{,}5 \cdot 10^4$ Pa $\quad$ bei $\dot{m}_{K,max} = 2{,}38$ kg/s
$\Delta p_{Z,max} = 0{,}14 \cdot 10^4$ Pa $\quad$ bei $\dot{m}_{max} = 1{,}99$ kg/s .

Das Zweiwege-Ventil weist folgende Druckverluste bei jeweils vollen Durchsätzen ($\dot{m}_{max} = \dot{m}_{BV,max} = 1{,}99$ kg/s) auf

$$\Delta p_{VX} = \Delta p_{VZ} = 2{,}33 \cdot 10^4 \text{ Pa},$$

wodurch sich die Gesamt-Druckverluste zu

$$\Delta p^+ = \Delta p_X + \Delta p_{VX} = 2{,}97 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$
$$\Delta p^+ = \Delta p_Y + \Delta p_Z + \Delta p_{VZ} = 2{,}97 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

ermitteln. Der erforderliche Pumpendruck errechnet sich nunmehr zu

$$\Delta p^*_{P,U} = \Delta p^* + \Delta p_H = (2{,}97 \cdot 10^4 + 5 \cdot 10^4) \text{ Pa} = 7{,}97 \cdot 10^4 \text{ Pa}.$$

Es wird eine Umwälzpumpe mit der im Bild 17 aufgezeichneten Kennlinie gewählt. Bei der Soll-Wassermenge steht ein Pumpendruck von $\Delta p_{P,U} = 8{,}48 \cdot 10^4$ Pa an. Der vorhandene Differenzdruck von $\Delta p_{P,U} - \Delta p^*_{P,U} = 0{,}51 \cdot 10^4$ Pa wird dem Druckverlust des Heizsystems zugeschlagen, da dadurch die Regelabweichung verringert wird. Falls keine Durchmesserveränderung mehr möglich ist, muß der errechnete Differenzdruck gedrosselt werden. In jedem Fall ist mit $\Delta p_H = 5{,}51 \cdot 10^4$ Pa zu rechnen.

Die Kennlinie der Beimischpumpe wurde ebenfalls im Bild 17 angegeben. Für die Bemessung der Strecke Y′ (Bild 10) steht somit die Druckdifferenz

$$\Delta p_{Y'} = \Delta p_{P,B} - \Delta p_Y = (2 \cdot 10^4 - 0{,}5 \cdot 10^4) \text{ Pa} = 1{,}5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

zur Verfügung, die voll ausgenutzt werden muß.

Zur Bestimmung des Gesamt-Mengenstromes wird schrittweise vorgegangen.

1. Schritt: Zusammenhang zwischen $\dot{m}$ und $\dot{m}_{BK}$

Mit steigendem Durchsatz von $\dot{m}$ nimmt der Druckverlust Δp_Y zu, wodurch entsprechend der Pumpenkennlinie $\Delta p_{P,B} = f(\dot{m}_{BK})$ die Rezirkulationsmenge $\dot{m}_{BK}$ sinkt. In Bezugnahme auf die errechneten Druckverluste bei maximaler Durchströmung bzw. unter Soll-Bedingungen gilt

$$\Delta p_{P,B} = f(\dot{m}_{BK}) = \Delta p_Y + \Delta p_{Y'}$$
$$= \Delta p_{Y,max} \left(\frac{\dot{m} + \dot{m}_{BK}}{\dot{m}_{max} + \dot{m}_{BK,Soll}} \right)^2 + \Delta p_{Y',Soll} \left(\frac{\dot{m}_{BK}}{\dot{m}_{BK,Soll}} \right)^2 \tag{20}$$

Da es rechentechnisch zu aufwendig ist, nach $\dot{m}_{BK}$ aufzulösen und die Pumpenkennlinie analytisch darzustellen, wird die inverse Funktion aufgezeichnet. Ausgehend von $\dot{m}_{BK}$, kann aus Bild 17 $\Delta p_{P,B}$ entnommen und $\dot{m}$ nach Umformen der Gl. (20)

$$\dot{m} = (\dot{m}_{max} + \dot{m}_{BK,Soll}) \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_{P,B} - \Delta p_{Y',Soll} \left(\frac{\dot{m}_{BK}}{\dot{m}_{BK,Soll}} \right)^2}{\Delta p_{y,max}}} - \dot{m}_{BK} \tag{20a}$$

berechnet werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt und im Bild 18, I, aufgezeichnet.

2. Schritt: Zusammenhang zwischen $\dot{m}$ und $\dot{m}_{BV}$

Zwischen den Punkten A und B (Bild 10) muß stets

$$\Delta p_Y + \Delta p_Z + \Delta p_{VZ} = \Delta p_X + \Delta p_{VX} \tag{21}$$

gelten. Für den Druckverlust im Zweiwege-Ventil mit symmetrischer, linearer Charakteristik kann weiterhin

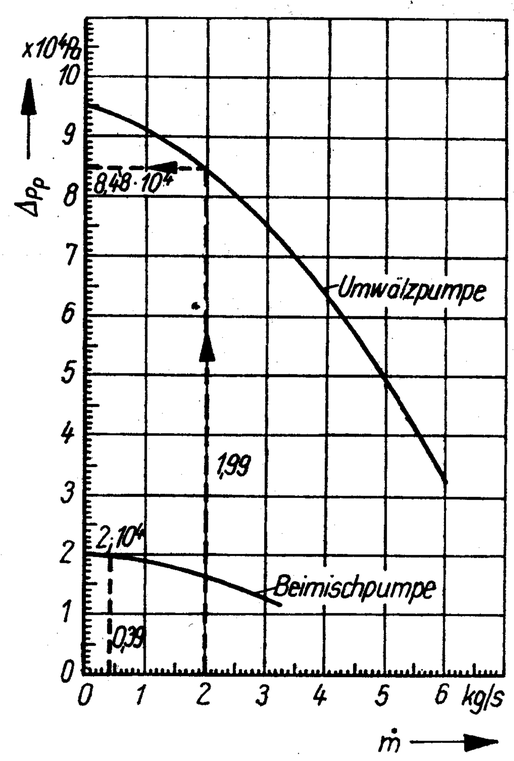
$$\Delta p_{VZ} = \left(\frac{\dot{m}}{k_{vs} \cdot \psi} \right)^2 \cdot \frac{1}{\varrho} \text{ bzw. } \Delta p_{VX} = \left(\frac{\dot{m}_{VB}}{k_{vs}(1 - \psi)} \right)^2 \cdot \frac{1}{\varrho} \tag{22}$$

mit $\psi = H/H_{voll}$ dem relativen Hub geschrieben werden. Damit nimmt die Gleichung (21) die Form

$$\Delta p_{Y,max} \left(\frac{\dot{m} + \dot{m}_{BK}}{\dot{m}_{max} + \dot{m}_{BK,Soll}} \right)^2 + \Delta p_{Z,max} \cdot \left(\frac{\dot{m}}{\dot{m}_{max}} \right)^2 + \left(\frac{\dot{m}}{k_{vs} \cdot \psi} \right)^2 \cdot \frac{1}{\varrho}$$
$$= \Delta p_{X,max} \cdot \left(\frac{\dot{m}_{BV}}{\dot{m}_{BV,max}} \right)^2 + \left(\frac{\dot{m}_{BV}}{k_{vs} \cdot (1 - \psi)} \right)^2 \cdot \frac{1}{\varrho} . \tag{21a}$$

an. Da zu jedem $\dot{m}$ ein $\dot{m}_{BK}$ nach Bild 18, I, fest zugeordnet erscheint eine Parameterdarstellung von ψ und die Auflösung nach $\dot{m}_{BV}$ am geeignetsten. Somit gilt Gl. (21 b) (siehe S. 105 oben).

Diese Gleichung wurde in Tabelle 2 ausgewertet und im Bild 18, II, grafisch dargestellt. Da die Beimischung $\dot{m}_{BK}$ nur geringen Einfluß auf den Gesamt-Druckverlust nimmt, sind die Parameterkurven praktisch Geraden.

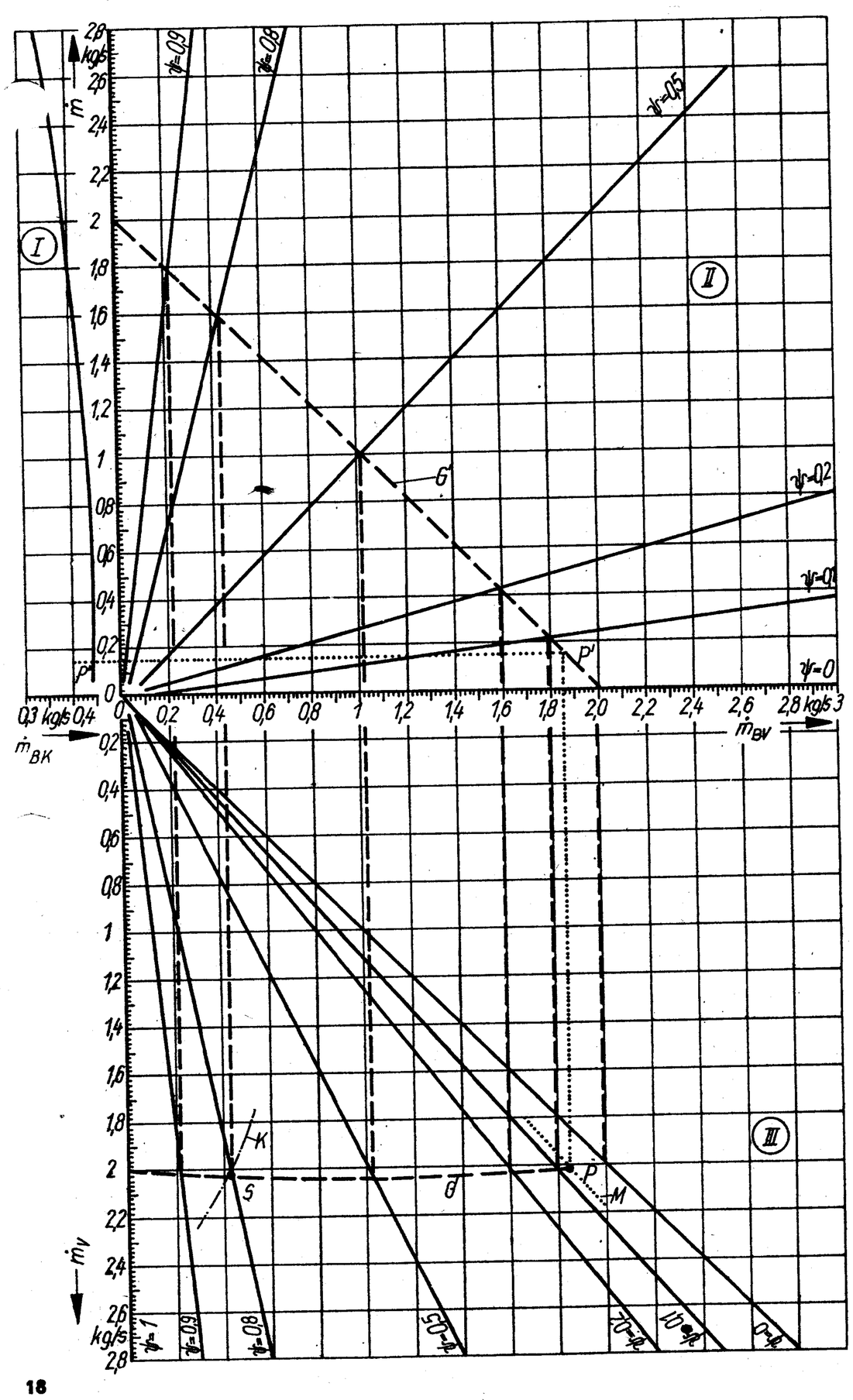


17

$$\dot{m}_{BV} = \sqrt{\frac{\Delta p_{Y,max}\cdot\left(\frac{\dot{m}+\dot{m}_{BK}}{\dot{m}_{max}+\dot{m}_{BK,Soll}}\right)^2 + \Delta p_{Z,max}\cdot\left(\frac{\dot{m}}{\dot{m}_{max}}\right)^2 + \left(\frac{\dot{m}}{k_{\varphi s}\cdot\psi}\right)^2\cdot\frac{1}{\varrho}}{\frac{\Delta p_{X,max}}{(\dot{m}_{BV,max})^2} + \frac{1}{[k_{\varphi s}\cdot(1-\psi)]^2\cdot\varrho}}} \quad (21b)$$

Tabelle 1
$\dot{m}_{max} = 1{,}99$ kg/s; $\dot{m}_{BK,Soll} = 0{,}39$ kg/s; $\Delta p_{Y,max} = 0{,}5\cdot10^4$ Pa; $\Delta p_{Y',Soll} = 1{,}5\cdot10^4$ Pa

$\dot{m}_{BK}$	$\Delta p_{P,B}$	$\Delta p_{Y',Soll}\cdot\left(\frac{\dot{m}_{BK}}{\dot{m}_{BK,Soll}}\right)^2$	$\dot{m}$
kg/s	Pa	Pa	kg/s
0,2	$2\cdot10^4$	3945	4,06
0,3	$2\cdot10^4$	8876	3,25
0,4	$2\cdot10^4$	15779	1,79
0,44	$1{,}99\cdot10^4$	19093	0,54



3. Schritt: Ermittlung von $\dot{m}_V$

Nach Gl. (2) werden $\dot{m}$ und $\dot{m}_{BV}$ addiert. Die Ergebnisse sind im Bild 18, III aufgezeichnet.

4. Schritt: Druckabgleich mit der Pumpenkennlinie

Es muß stets die Gesamt-Druckbilanz

$$\Delta p_{P,U} = f(\dot{m}_V) = \Delta p_H + \Delta p_X + \Delta p_{VX} = \Delta p_{H,Soll}\cdot\left(\frac{\dot{m}_V}{\dot{m}_{V,Soll}}\right)^2 + \Delta p_{X,max}\left(\frac{\dot{m}_{BV}}{\dot{m}_{BV,max}}\right)^2 + \left(\frac{\dot{m}_{BV}}{k_{\varphi s}\cdot(1-\psi)}\right)^2\cdot\frac{1}{\varrho} \quad (23)$$

gelten. Der Pumpendruck ist dem Bild 17 zu entnehmen. Damit erhält man für einen festen Parameter ψ eine Kurve

$$\dot{m}_{BV} = f(\dot{m}_V) = \sqrt{\frac{\Delta p_{P,U} - \Delta p_{H,Soll}\left(\frac{\dot{m}_V}{\dot{m}_{V,Soll}}\right)^2}{\frac{\Delta p_{X,max}}{(\dot{m}_{BV,max})^2} + \frac{1}{[k_{\varphi s}\cdot(1-\psi)]^2\cdot\varrho}}}. \quad (23a)$$

Da der Soll-Massenstrom $\dot{m}_{V,Soll} = 1{,}99$ kg/s beträgt und der hydraulische Hauptwiderstand im Abnehmerstromkreis liegt, kann angenommen werden, daß die Abweichung des Massenstromes vom Soll-Wert gering sein wird. Aus diesem Grund erfolgte die Auswertung der Gl. (23a) auch nur in den Grenzen zwischen $\dot{m}_V = 1{,}8$ bis 2,2 kg/s (Tabelle 3). Für $\psi = 0{,}8$ wurde die errechnete Kurve K als Beispiel in Bild 18, III eingetragen. Selbstverständlich sind nicht alle Punkte dieser Kurve mögliche Betriebsfälle, sondern nur diejenige Paarung $\dot{m}_V$; $\dot{m}_{BK}$, die auch den in den Schritten 1 bis 3 aufgestellten Bedingungen genügt.

In einfacher Form ergibt sich der reale Betriebspunkt als Schnittpunkt S zwischen den Parameterkurven. Der geometrische Ort G dieser Betriebspunkte ist im Bild 18, III eingetragen. Rückwärtig können nunmehr diese Betriebspunkte in Bild 18, II als Kurve G′ projiziert werden.

Es ist möglich, daß der gesamte Verbraucherstrom $\dot{m}_V$ durch den Kessel strömt ($\psi = 1$). Andererseits ist es jedoch unter normalen Betriebsbedingungen nicht üblich, den gesamten Massenstrom $\dot{m}_V$ über den Beipaß zu leiten ($\psi \neq 0$). Der untere Grenzwert ergibt sich aus dem dimensionslosen Beimischstrom

$$\mu_{BV} = \frac{\dot{m}_{BV}}{\dot{m}_V} = 0{,}92\,.$$

Dieser lineare Zusammenhang ist als Kurve M ebenfalls im Bild 18, III eingetragen und begrenzt die Betriebskurve G im Punkt P. Damit sind alle Voraussetzungen geschaffen, um die in der Aufgabenstellung gefragten Abweichungen ablesen zu können. Die Extremwerte lauten für den Gesamt-Massenstrom

$$\dot{m}_{V,min} = 1{,}99\ \text{kg/s} \quad \text{und} \quad \dot{m}_{V,max} = 2{,}05\ \text{kg/s}\,.$$

Dies sind relative Abweichungen zum Soll-Wert $\dot{m}_{V,Soll} = 1{,}99$ kg/s von 0 Prozent bis +3 Prozent. Nach [1], S. 49, ergeben sich somit Fehler bezüglich der Wärmeabgabe am Verbraucher von maximal 0,5 Prozent, d. h., die Bemessung der vorgestellten Heizungsanlage ist durchaus akzeptabel.

Die Rezirkulationsmenge schwankt zwischen $\dot{m}_{BK} = 0{,}39$ bis 0,44 kg/s. Bei Schwachlastbetrieb werden die Kessel-Wasser-Ein-

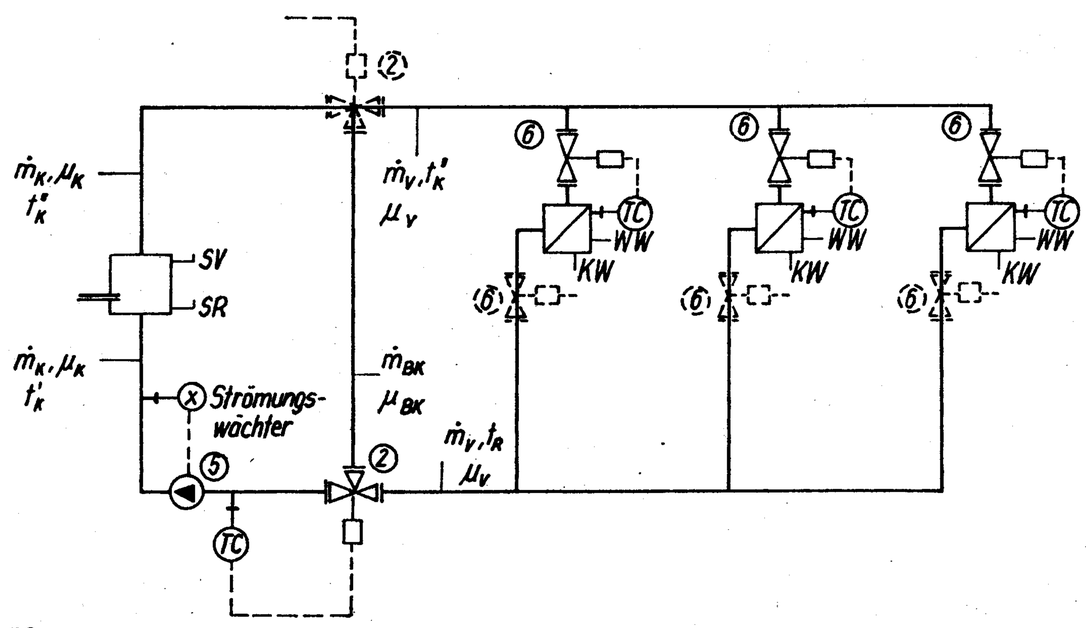
Tabelle 2
$\Delta p_{Z,max} = 0{,}14\cdot10^4$ Pa;
$\Delta p_{X,max} = 0{,}64\cdot10^4$ Pa;
$\dot{m}_{BV,max} = 1{,}99$ kg/s;
$\varrho = 960$ kg/m³,
weitere Basiswerte wie Tabelle 1

$\dot{m}$	$\dot{m}_{BK}$	$\Delta p_{Y,max}\cdot\left(\frac{m+\dot{m}_{BK}}{\dot{m}_{max}+\dot{m}_{BK,Soll}}\right)^2$	$\Delta p_{Z,max}\cdot\left(\frac{\dot{m}}{\dot{m}_{max}}\right)^2$	$\dot{m}_{BV}$ in kg/s					
kg/s	kg/s	Pa	Pa	$\psi = 0{,}1$	0,2	0,5	0,8	0,9	1
0,1	0,45	267	4	0,83	0,40	0,14	0,05	0,02	0
0,4	0,44	623	57	3,27	1,50	0,42	0,12	0,06	0
0,8	0,435	1346	226		2,98	0,81	0,22	0,10	0
2	0,39	5042	1414			2,00	0,54	0,25	0
2,4	0,365	6748	2036			2,40	0,64	0,29	0

$\dot{m}_V$	$\Delta p_{P,U}$	$\sqrt{\Delta p_{P,U} - \Delta p_{H,Soll} \cdot \left(\frac{\dot{m}_V}{\dot{m}_{V,Soll}}\right)^2}$	$\dot{m}_{BV}$ in kg/s						
kg/s	Pa	$\sqrt{Pa}$	$\psi = 0$	$\psi = 0{,}1$	$\psi = 0{,}2$	$\psi = 0{,}5$	$\psi = 0{,}8$	$\psi = 0{,}9$	$\psi = 1$
1,8	$8{,}6 \cdot 10^4$	202,3	2,34	2,15	1,95	1,28	0,52	0,26	0
2	$8{,}48 \cdot 10^4$	170,7	1,97	1,81	1,64	1,08	1,44	0,22	0
2,2	$8{,}27 \cdot 10^4$	123,9	1,43	1,32	1,19	0,78	0,32	0,16	0

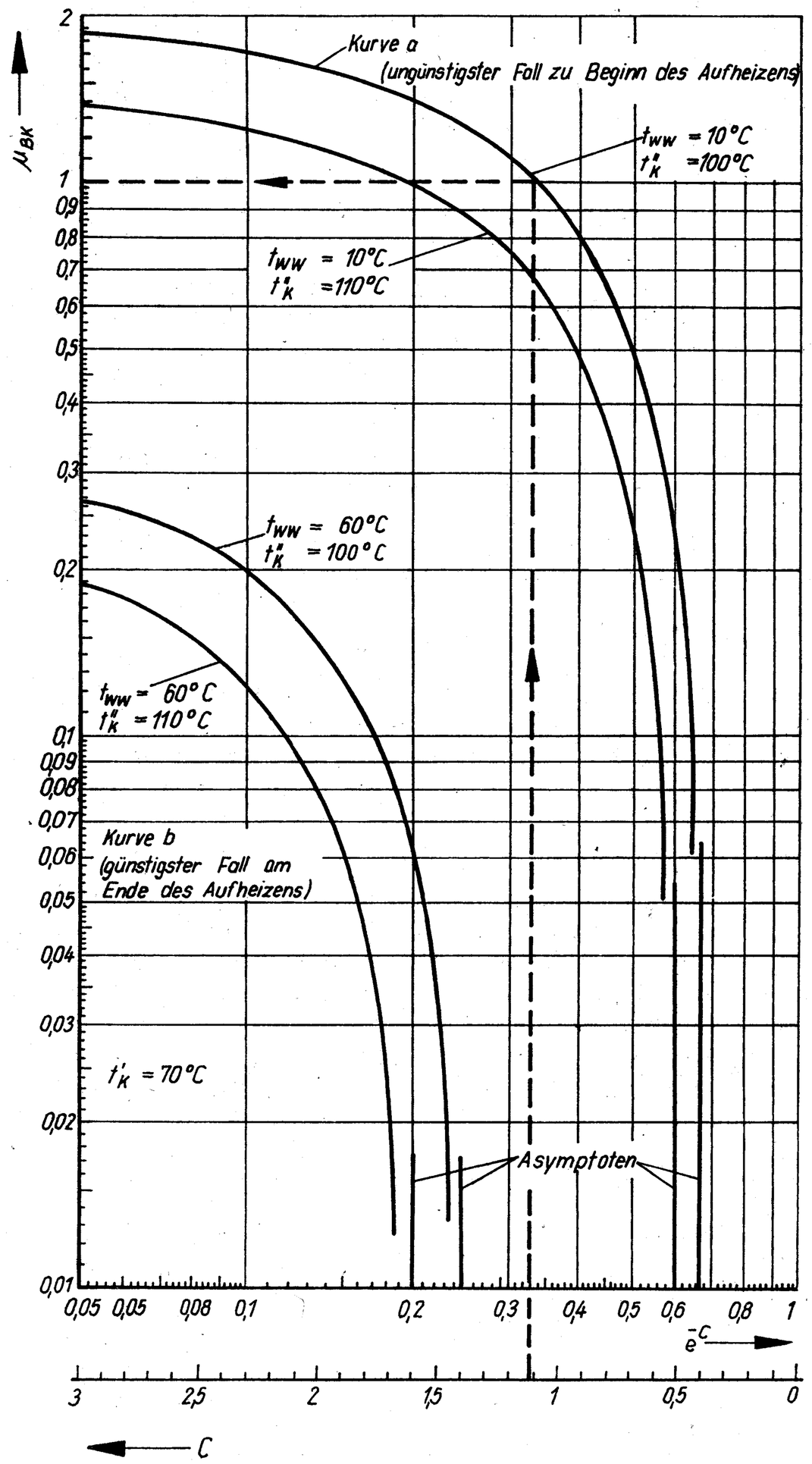
Tabelle 3

$\Delta p_{H,Soll} = 5{,}51 \cdot 10^4$ Pa; $\dot{m}_{V,Soll} = 1{,}99$ kg/s; weitere Basiswerte wie in Tabellen 1 und 2



19

20



trittstemperaturen also noch etwas höher — als im Bild 16 dargestellt — liegen.

2.2. *Anschluß von Warmwasser-Bereitungssystemen*

Werden ausschließlich Warmwasserbereiter angeschlossen, so kann dies nach der im Bild 19 dargestellten Prinzipschaltung erfolgen. Da die Abnehmer direkt geregelt werden, ist lediglich die Mindest-Kessel-Wasser-Eintrittstemperatur zu gewährleisten. Dies bedeutet, daß sich nur eine Rezirkulation des Massenstromes $\dot{m}_{BK}$ erforderlich macht.

Am Mischventil 2 gelten die Enthalpie- und Massenstrombilanzen

$$\dot{m}_V \cdot c \cdot t_R + \dot{m}_{BK} \cdot c \cdot t_K'' = \dot{m}_K \cdot c \cdot t_K' \tag{24}$$

$$\dot{m}_V + \dot{m}_{BK} = \dot{m}_K \,. \tag{25}$$

Schwieriger ist es, die Rücklauftemperatur t_R anzugeben. L... analytischen Beziehungen sind in [1], S. 142, zusammengestellt. Das hier interessierende Ergebnis lautet

$$t_R - t_{WW} = (t_K'' - t_{WW}) \cdot e^{-\frac{k \cdot A}{\dot{m}_{HW} c}} = (t_K'' - t_{WW}) \cdot e^{-C} \,, \tag{26}$$

wobei t_{WW} die Wassertemperatur im Boiler, k den Wärmedurchgangskoeffizienten, A die Heizfläche im Boiler sowie $\dot{m}_{HW}$ den Heizmedienstrom darstellen. Die letztgenannten Größen wurden analytisch zusammengefaßt und mit C bezeichnet. Diese Größe C braucht nicht berechnet zu werden, sondern kann im Verlaufe der Boilerbemessung nach [1] direkt aus den in [1] enthaltenen Diagrammen abgelesen werden. Somit entfällt jegliche manuelle Rechnung.

Der Massenstrom $\dot{m}_V$ ist während des Aufheizvorganges (Stellventile offen) konstant. Da sich die Rücklauftemperatur mit steigender Boilertemperatur erhöht, wird notwendigerweise die Temperatur des Beimischstroms $\dot{m}_{BK}$ sinken. Überlagert wird dieser Vorgang noch durch die schwankenden Kessel-Wasser-Austrittstemperaturen. Das Einsetzen der Gl. (26) und (25) in Gl. (24) und entsprechendes Auflösen liefern schließlich den dimensionslosen Beimischstrom

$$\mu_{BK} = \frac{\dot{m}_{BK}}{\dot{m}_V} = \frac{t_K' - t_{WW}}{t_K'' - t_K'} - \frac{t_K'' - t_{WW}}{t_K'' - t_K'} \cdot e^{-C} \,.$$

Für die heizwasserseitigen Grenztemperaturen sowie die niedrigste und höchste Boilertemperatur erfolgte die im Bild 20 aufgezeichnete Auswertung. Zu jeder Auslegungskonstanten C und den Grenztemperaturpaarungen kann sofort μ_{BK} abgelesen werden. Deutlich tritt die große Schwankungsbreite während des Aufheizvorganges (C = const.; Parallele zur Ordinate) hervor. Sie beträgt mindestens eine Zehnerpotenz. Die eingetragenen Asymptoten geben an, daß bei diesem Wert C oder einem niedrigeren keine Beimischung mehr erforderlich ist. Physikalisch kann das durch die höheren Rücklauftemperaturen $t_R \geqq 70$ °C erklärt werden. Die hohen Rücklauftemperaturen ergeben sich im Laufe des Aufheizvorganges durch steigende Boilertemperaturen und die damit verbundene geringere Auskühlung des Heizmediums, oder von Anbeginn an — z. B. bei $C \leqq 0{,}4$ — infolge kleiner Heizflächen bzw. durch sehr große Heizwasserströme. Der letztgenannte Auslegungsfall, der von Anfang an keine Rezirkulation verlangt, kommt praktisch nicht vor. Die großen Schwankungen von μ_{BK} zeigen deutlich, daß eine konstante Beimischung — wie im Bild 10 vorgeschlagen — wirtschaftlich nicht realisierbar ist. Dies ist auch nicht notwendig, da die Schaltung (Bild 19) mit einer Beimischung und einer Pumpe auskommt. Um zu verhindern, daß die Pumpe 5 längere Zeit bei abgesperrter Umwälzung arbeitet, kann die Abschaltung z. B. durch einen Strömungswächter mit Signalanzeige vorgenommen werden. Die Wiederinbetriebnahme erfolgt von Hand oder durch ein Zeitrelais (es ist jedoch auch der Einbau einer Umgehungsleitung am Boiler — vergl. Bild 21 — denkbar, so daß stets ein Mindest-Strom fließt). Prinzipiell können die Stellventile 2 und 6 im Vor- bzw. Rücklauf

angeordnet werden. Der Druckverlauf ist in der Regel problemloser als beim Anschluß von Gebäudeheizungsanlagen, da die Anordnung der Boiler in Kellerräumen genügend Auflastdruck gewährleistet. Weiterhin sind Volumenänderungen in den relativ kleinen Rohrnetzen selbst bei geschlossenen Stellventilen meist durch die Leckflüsse kompensierbar.

Beispiel 2:

Eine Batterie, bestehend aus drei Warmwasserbereitern ($V = 5000$ l, $A = 8{,}3$ m²) soll innerhalb von 2,5 Stunden von $t_{KW} = 10$ °C auf $t_{WW} = 60$ °C aufgeheizt werden. Zu bestimmen sind der Heizwasserstrom und die Rezirkulationsmenge. Im Mittel wird mit einer Vorlauftemperatur von $t_K'' = 105$ °C gerechnet.

Nach [1], Tabelle 5.2.-1, folgen die Behälterkonstanten B1 = 2,01 h und B2 = 2490 kcal/h · K, womit sich nach Bild 5.2.-25 die Rücklauftemperatur am Ende der Aufheizzeit zu $t_{R,max} = 74{,}5$ °C und C = 1,12 sowie Bild 5.2.-26 $\dot{m}_{HW} = 2250$ kg/h ($\dot{m}_{HW} = 0{,}625$ kg/s) ergeben. Nach dieser Bemessung des Warmwasserbereiters kann aus Bild 20 sofort $\mu_{BK} = 1{,}01$ abgelesen werden. Damit beträgt der maximale Beimischstrom

$$\dot{m}_{BK,max} = \dot{m}_V \cdot \mu_{BK} = 3 \cdot 0{,}625 \cdot 1{,}01 \text{ kg/s} = 1{,}89 \text{ kg/s}\,.$$

Dieser Beimischstrom sinkt bis auf den Wert Null. Dies zeigt sich sowohl daran, daß im Bild 20 kein Schnittpunkt zwischen C = 1,12 und Kurve b existiert als auch bereits in dem Zwischenergebnis $_{,max} = 74{,}5$ °C.

2.3. Anschluß von Raumheiz- und Warmwasser-Bereitungssystemen

Die Möglichkeiten der Versorgung mit gleitender Vorlauftemperatur für die Raumheizung und mit konstanter — genauer mit im Betriebsbereich des Kessels liegender — Vorlauftemperatur für die Gebrauchswasserbereitung sind vielfältig.

Variante I

Die einfachste Lösung ist der Anschluß eines Boilers an die meistens dafür am Kessel vorgesehenen Vor- und Rücklaufstutzen, unabhängig davon, wie die Rezirkulation für das Raumheizsystem gelöst wurde. Die konstruktive Gestaltung der Rücklaufeinführung am Kessel sowie der relativ geringe Massenstrom gestatten es, den Rücklauf des Boilerheizwassers unter 70 °C direkt einzuspeisen. Diese Schaltung ist im Bild 21 dargestellt. Bei genau symmetrischer Heiz- und Brauchwasser-Durchströmung und vernachlässigbarem thermodynamischen Umtriebsdruck kann man die Umwälzpumpe als Folge einer Zweipunkt-Regelung schalten. Ist eine getrennte Boiler-Regelung unumgänglich, sollte bei Einbau von Schließventilen 6 das Abschalten der Pumpe durch einen Strömungswächter analog Bild 19 oder aber durch Einbau eines Zweiwege-Ventils 7 ein Mindest-Umlauf garantiert werden. Die vorgestellte Variante setzt voraus, daß der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung relativ klein gegenüber der Raumheizung ist. Das heißt, sie eignet sich vor allem zur Versorgung eines Gebäudes bzw. eines Gebäudekomplexes.

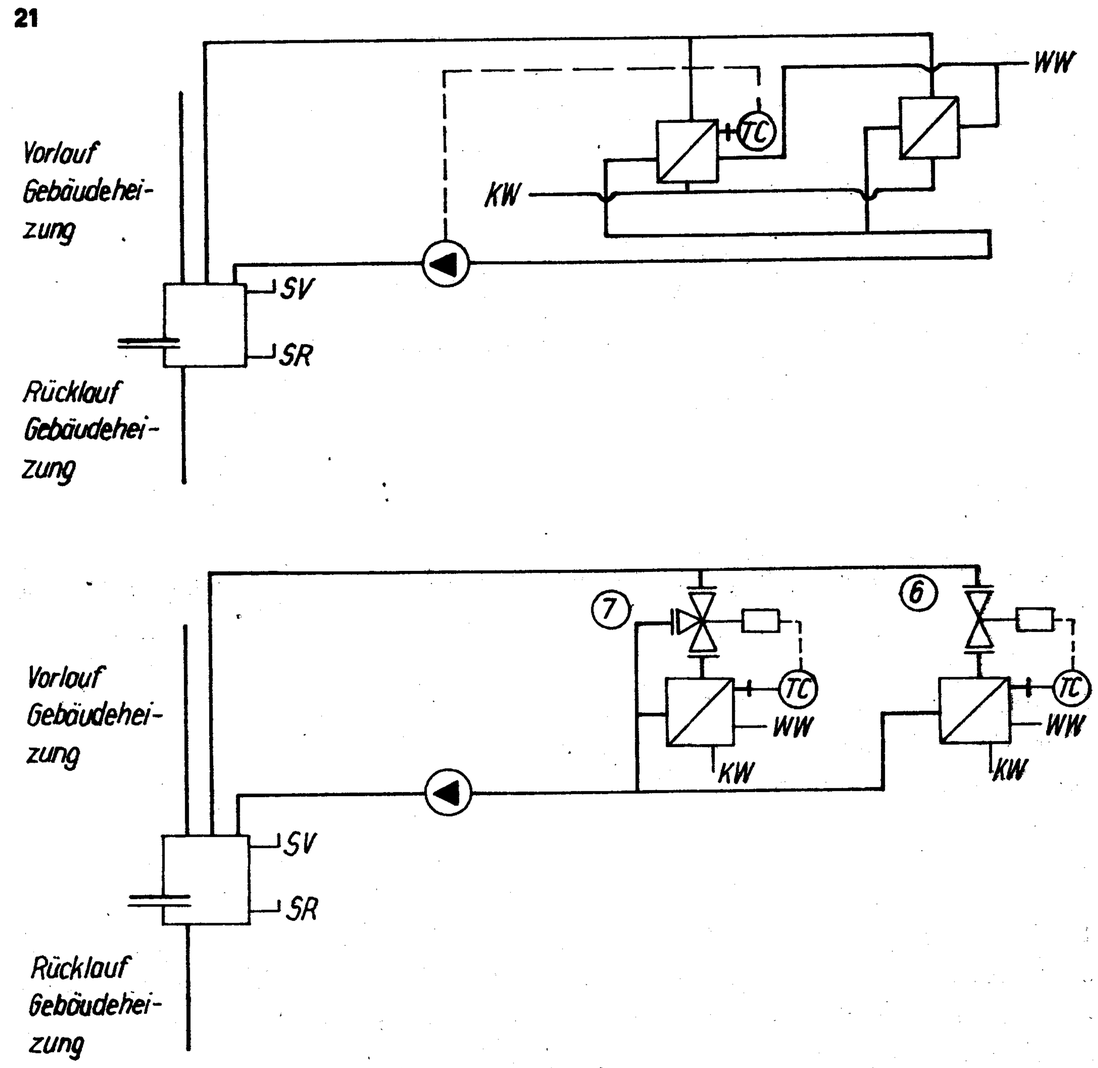
Variante II

Sollen mehrere Gebäude oder kleinere Wohngebiete für Zwecke der Raumheizung und der Warmwasserbereitung mit Heizwasser von zentralen Gas-Kesselhäusern aus versorgt werden, so bieten sich Zwei- und Vierleiternetze an. Dreileiternetze sollten auf keinen Fall in Betracht gezogen werden, da die grundlegenden Mängel dieser Netzform auch bei diesen Einsatzfällen auftreten könnten. Ist beispielsweise der Anschlußwert der Warmwasserbereitung groß gegenüber der Raumheizung oder sind — wie es oft vorkommt — die Temperatur-Regelungen der Boiler defekt, so liegt die gemeinsame Rücklauftemperatur höher als die bei hohen Außentemperaturen benötigten Vorlauftemperaturen für die Raumheizung. Außerdem schwanken die Differenzdrücke an den Gebäudeanschlüssen je nach Belastung der Warmwasserbereitung. Letztlich müssen bei einigen Schaltungen während der heizfreien Zeit die Gebäudeheizsysteme abgeschaltet werden, da es sonst durch Fehlzirkulationen des Rücklaufs zur teilweisen Beheizung kommt.

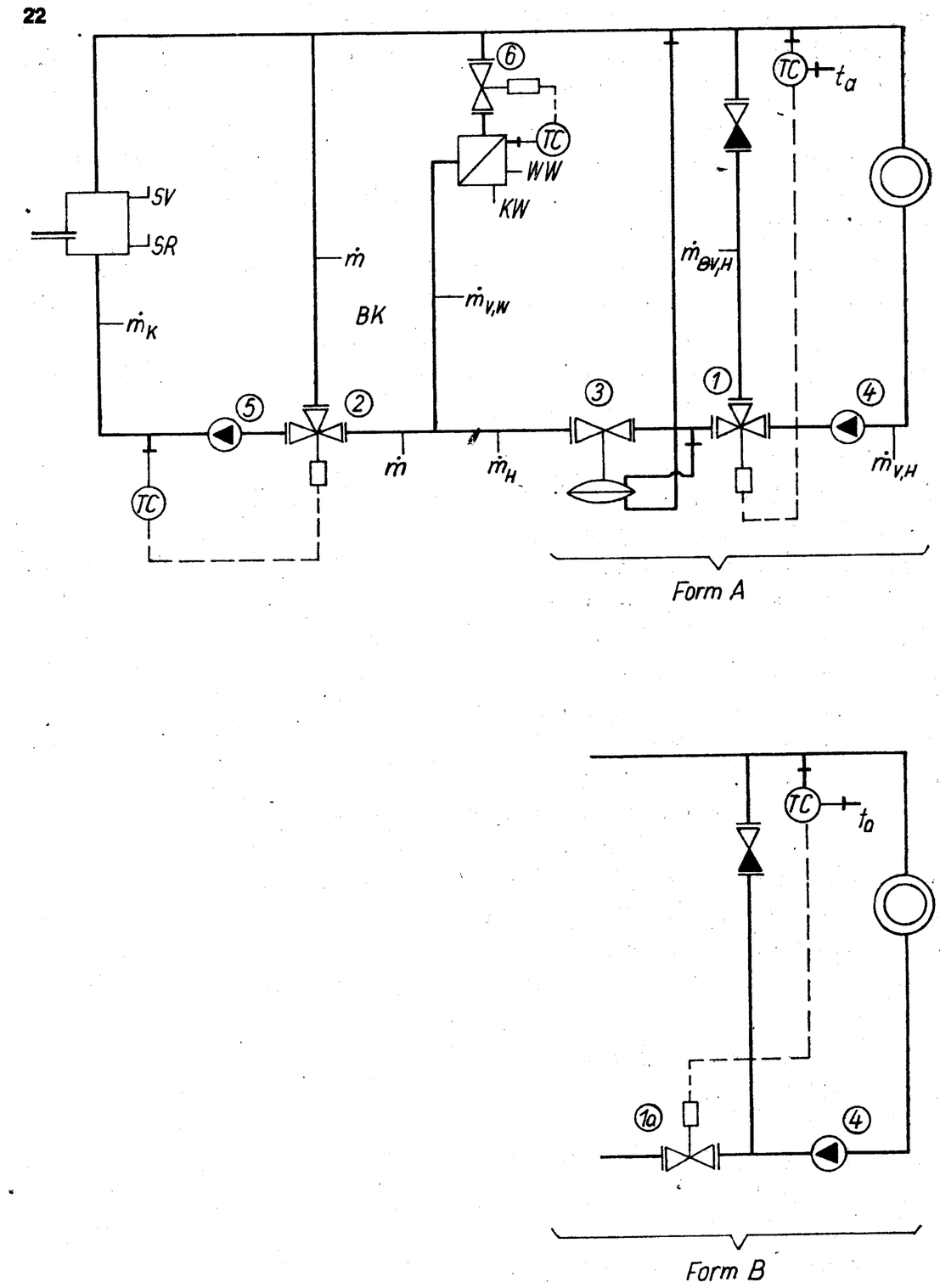
Fällt die Entscheidung zugunsten eines Vierleiternetzes, so ist es ratsam, zwecks Entflechtung der Druckverhältnisse zwei getrennte Zweileiternetze nach Bild 10 und Bild 19 aufzubauen. Dabei sollten Reservekessel wechselweise einsetzbar sein. Die Auslegung verläuft analog der Abschnitte *2.1.* und *2.2.*

Erweisen sich die Zweileiternetze als wirtschaftlich, so wird die im Bild 22 dargestellte Schaltung empfohlen. Der Rezirkulationsstrom schwankt infolge der angeschlossenen Warmwasserbereitung in einem großen Bereich (vgl. *2.2.*). Deshalb muß die Beimischung über das Zweiwege-Ventil 2 belastungsabhängig vorgenommen werden. Der relativ aufwendige Anschluß des Raumheizsystems nach Form A kann nur dann durch die einfachere Form B ersetzt werden, wenn eine Beimischung garantiert ist. Dies ist dann der Fall, wenn die Abnehmerauslegung für einen unter der Kesseltemperatur liegenden Wert — z. B. 90 °C/70 °C — erfolgt. Muß dagegen mit einem auf Null zurückgehenden Beimischstrom gerechnet werden — z. B. bei einer Anlagenauslegung 100 °C/70 °C — so kann diesem Fakt nur mit Schaltungsform A bei genauer Einhaltung des Ver-

21



22



braucherstromes $\dot{m}_{V,H}$ entsprochen werden (vgl. *2.1.*). Der Beimischstrom $\dot{m}_{BV,H}$ errechnet sich in gleicher Weise wie bei einfachem Raumheizanschluß nach den Bildern 3 bis 7. Der Rezirkulationsstrom $\dot{m}_{BK}$ ergibt sich summativ entsprechend der angeschlossenen Verbraucher.

Es wäre aber auch denkbar, Hausanschlußstationen vom Typ HA 3 anzuschließen. Da bisher keine Betriebserfahrungen vorliegen, bestehen noch Bedenken wegen des Zusammenwirkens der Regelkreise. So schwankt nicht nur die Kessel-Wasser-Austrittstemperatur, sondern je nach Brauchwasserentnahme in starkem Maße auch die Rücklauftemperatur. Dadurch sind laufend andere Mischungsverhältnisse erforderlich, die wiederum zu stetigen Verstellungen der Regelorgane führen müssen.

Beispiel 3:

Es sind die im Beispiel 1 gegebene Gebäudeheizung und die im Beispiel 2 vorgestellte Warmwasserbereitung an ein Zweileiternetz angeschlossen. Zwischen welchen Grenzwerten schwankt der Beimischstrom $\dot{m}_{BK}$?

Aus Beispiel 1 kann der Massenstrom des Raumheizsystems H

$$\dot{m}_{V,H} = 1{,}99\ \text{kg/s} \quad \text{sowie} \quad \mu_H = 0{,}08 \ldots 1{,}0$$

übernommen und aus Bild 5

$$\mu_{BK,H} = 0 \ldots 0{,}196$$

abgelesen werden. Analog folgt aus dem Beispiel 2 für den Massenstrom, der die Warmwasserbereiter W beaufschlagt,

$$\dot{m}_{V,W} = 3 \cdot \dot{m}_{HW} = 1{,}875\ \text{kg/s} \quad \text{sowie} \quad \mu_{BK,W} = 0 \ldots 1{,}01.$$

Damit ergibt sich sofort

$$\dot{m} = \dot{m}_{V,W} + \dot{m}_H = 1{,}875\ \text{kg/s} + 1{,}99 \cdot 1{,}0\ \text{kg/s} = 3{,}865\ \text{kg/s}$$

und

$$\dot{m}_{BK} = \dot{m}_{V,H} \cdot \mu_{BK,H} + \dot{m}_{V,W} \cdot \mu_{RK,W} = 0 \ldots 2{,}28\ \text{kg/s}\,.$$

Literatur

[1] *Glück:* Bausteine zur rationellen Projektierung von Wasserheizungssystemen, VEB Kombinat Technische Gebäudeausrüstung — Institut

[2] *Glück:* Ein Vorschlag zur k_V-Wert Darstellung unter Beachtung des SI-Maßsystems.
„Stadt- und Gebäudetechnik", H. 5/1977, S. 156

[3] *Körmöczi:* Einsatz von Vierwegmischern in der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik.
„Stadt- und Gebäudetechnik", H. 4/1974, S. 110—113