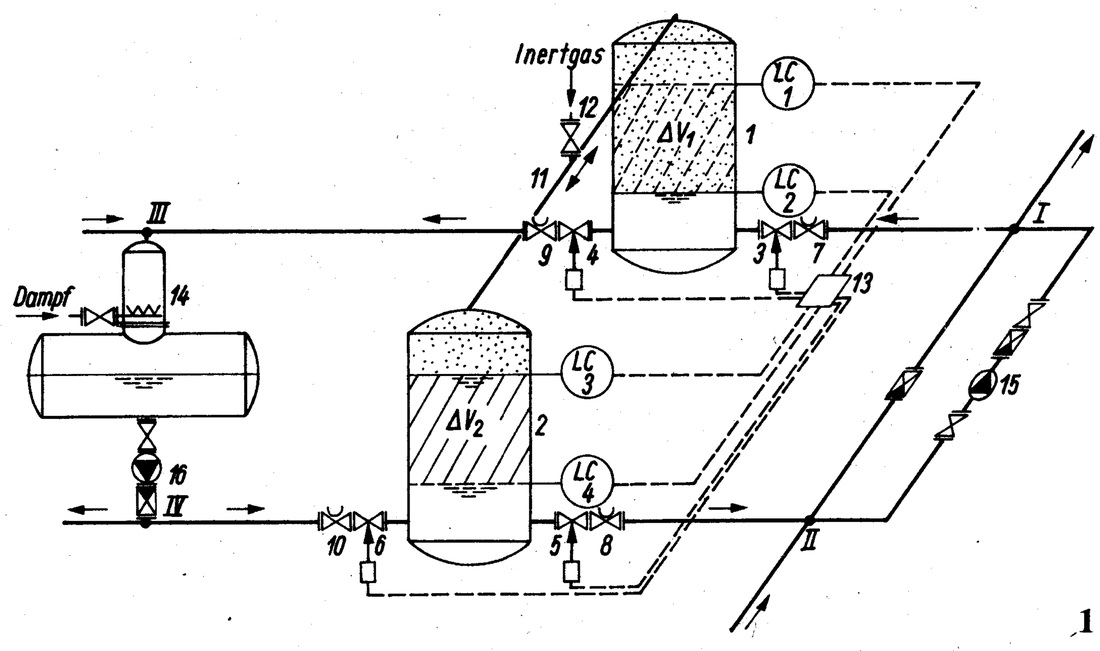
Schaltungsvorschlag zur Entgasung quantifizierbarer Teilströme aus mehreren Heizwasserkreisläufen

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

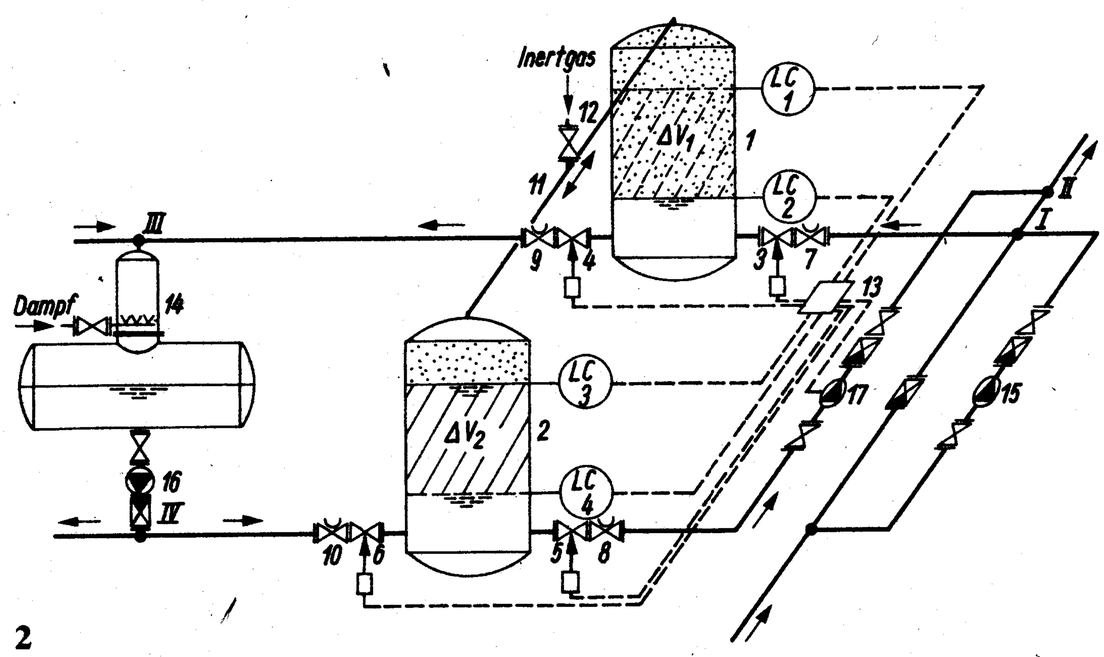
Zum Austreiben der im Heizungswasser gelösten Gase Sauerstoff und Kohlendioxid hat sich die thermische Entgasung, beispielsweise in einem Rieselentgaser, bewährt. Dieser ist in der Regel auf einem Speisewasserbehälter angeordnet. Handelt es sich um eine Wärmeübertragerstation, die Dampf auf Heißwasser umformt, und ist nur ein Wärmenetz zu versorgen, so wird häufig der Speisewasserbehälter als Ausgleichgefäß für das zu kompensierende Netzwasservolumen verwendet und daran eine dynamische Druckhaltung angeschlossen. Besondere Schaltungen müssen aber gewährleisten, daß ein genau definierter Mengenstrom über den Entgaser geleitet wird, damit dieser voll funktionstüchtig ist, und daß die restliche Menge, die z. B. beim Aufheizen abgespeist werden muß, an der Rieselstufe vorbei direkt in den Speisewasserbehälter gelangt. Eine solche Lösung wird künftig vom VEB Technische Gebäudeausrüstung Wittenberg angeboten /1/.
Soll zur Volumenkompensation eine rein statische Druckhaltung nach /2/ oder eine Mitteldruckhaltung mit minimalem Energieaufwand entsprechend /3/ eingesetzt werden, ist es üblich, zwecks Sicherung der Netzwasserqualität einen Teilstrom des Netzwassers über den Entgaser zu leiten. Der zum Entgaser geführte Teilstrom muß aber in gleicher Größe in das Netz zurückgespeist werden, anderenfalls könnten Störungen im Druckhaltesystem auftreten.
Solange nur das Wasser aus einem Wärmenetz aufzubereiten ist, kann eine zeitweise Speicherung im Entgaser-Stromkreis vermieden werden, wenn eine Wasserstandregelung am Speisewasserbehälter den Wasserstand konstant hält.
Sollen die Teilströme mehrerer Wärmenetze und evtl. auch das Speisewasser des Kesselkreislaufs über den Entgaser geführt werden, genügt eine Wasserstandregelung am Speisewasserbehälter nicht, sondern es müssen die Ab- und Zuspeiseströme von und zu den einzelnen Wärmenetzen genau gleich sein, bzw. die Speiseströme sind um die Leckwassermengen der Netze zu vergrößern, Material- und kostenaufwendige Regeleinrichtungen wären erforderlich, die die Bestimmung des Volumenstroms mit Hilfe von Meßblenden vornehmen, den Vergleich mit den Soll-Werten durchführen und die Stellventile entsprechend positionieren müßten. Dabei ist auf die Gleichheit der Massenströme zu achten, d. h., die unterschiedlichen spezifischen Volumina sind bei der Messung zu kompensieren.
Die mit den bekannten technischen Mitteln aufgebaute Lösung hat neben dem großen materiellen Aufwand noch den Nachteil, daß während des Einschwingens der Regelkreise beim Anfahren und bei Veränderungen der Drücke im Wärmenetz bzw. am Entgaser keine Abgeglichenheit zwischen Zu- und Abspeisewasserstrom erzielbar ist.
In der Praxis werden die genannten Probleme oft übersehen, und die Funktionstüchtigkeit ist daher nicht immer gewährleistet. Mitunter werden auch für jeden zu entgasenden Teilstrom gesonderte Entgaser mit zugehörigen Speisewasserbehältern aufgestellt. Zur Umgehung der hohen technischen Aufwendungen wird im folgenden eine einfache Einrichtung für die Entgasung quantifizierbarer Teilströme aus mehreren kleinen Heizwasserkreisläufen vorgestellt.

Schaltung

Nach Bild 1 wird davon ausgegangen, daß der Behälter 2 bis zum oberen Wasserstand LC 3 mit aufbereitetem Wasser und der Behälter 1 bis zum unteren Wasserstand LC 2 mit abgespeistem Netzwasser gefüllt sind. Über den Wasserspiegeln befindet sich ein Inertgaspolster mit dem Druck p_G. Mitunter ist es zweckmäßig, zwischen Wasserspiegel und Gaspolster eine Diffusionssperre vorzusehen.
Ein konstruktiver Vorschlag ist in /4/ für Behälter großer Durchmesser enthalten. Bei rohrähnlichen Behältern kleiner Durchmesser genügt das Aufbringen einer Silikonölschicht.
Die beiden Behälter sind über die Rohrleitung 11 gasseitig miteinander verbunden. Die Gasfüllung und damit der Druck p_G können über das gasdichte Ventil 12 einreguliert werden. Die Magnetventile 4 und 6 sind geschlossen. Haben sich die Wasserstände wie beschrieben eingestellt, werden durch das Steuergerät 13 die Magnetventile 3 und 5 geöffnet. Der höhere Druck an der Stelle I gegenüber dem am Einbindepunkt II, der bei Betrieb der Netzumwälzpumpe 15 anliegt, bewirkt das Füllen des Behälters 1 mit Netzwasser. Dabei wird das Inertgas aus dem Behälter 1 verdrängt und strömt in den Behälter 2, wodurch dort das aufbereitete Wasser zum Einspeisepunkt II in das Wärmenetz fließt.
Die Geschwindigkeit des Flüssigkeitstransports wird durch die Druckdifferenz ($p_I - p_{II}$) und die Stellung der Drosselventile 7 und 8 bestimmt. Ist der Wasserstand LC 1 erreicht, schließt das Magnetventil 3, bei Erreichen des Wasserstandes LC 4 schließt das Magnetventil 5. Die Zeitpunkte des Schließens der Ventile können auch in umgekehrter Reihenfolge liegen. Der weitere Medienfluß bei nicht zeitgleichem Abschluß der Ventile wird durch die Kompressibilität des Inertgases ausgeglichen. So würde sich bei vorzeitigem Schließen des Magnetventils 3 beim weiteren Entspeichern des Behälters 2 das verdichtete Gas wieder etwas entspannen, während beim Abschluß von Ventil 5 bei noch offenem Ventil 3 sich das Gaspolster infolge des Wasserzuflusses weiter verdichtet, bis der zum Wasserstand LC 1 gehörige Druck erreicht ist. Sind die Magnetventile 3 und 5 geschlossen, erfolgt, ausgehend vom Steuergerät 13, sofort oder zeitverzögert das gleichzeitige Öffnen der Magnetventile 4 und 6. Infolge des höheren Drucks am Punkt IV gegenüber dem Druck am Punkt III strömt das im Behälter 1 gespeicherte Netzwasser zum Entgaser 14 und druckseitig der Pumpe 16 aufbereitetes Wasser in den Behälter 2. Dabei wird zum Ausgleich ein Gasstrom vom Behälter 2 in den Behälter 1 fließen.
Die Massenstromgeschwindigkeit ist abhängig vom Differenzdruck ($p_{IV} - p_{III}$) und der Drosselstellung der Ventile 9 und 10. Sind die Wasserstände LC 2 bzw. LC 3 erreicht, schließen die Magnetventile 4 bzw. 6. Bei nicht zeitgleichem Abschluß dieser Ventile erfolgt wiederum eine Volumenkompensation durch das Gaspolster, was eine Druckschwankung im Behältersystem bis zum beiderseitigen Abschluß des Volumenstroms zur Folge hat.



1



2

Danach können sofort oder mit Verzögerung die Magnetventile 3 und 5 öffnen, und der beschriebene Vorgang wiederholt sich.
Die in einem Förderintervall transportierten Volumina ΔV_1 und ΔV_2 können unterschiedlich groß sein. So können beispielsweise bei Berücksichtigung der verschiedenen spezifischen Volumina, die von der Medientemperatur abhängig sind, durch entsprechende Stellung der Steuerwasserstände LC 1 und LC 3 exakt gleiche Massen realisiert werden. Weiterhin wäre es möglich, die Zuspeisemenge um einen genau definierten Betrag größer als die abzuspeisende Wassermenge festzulegen.
Je nach Wahl der Drücke, der Leitungswiderstände und der im Steuergerät eingestellten Verzögerungszeiten kann jeder gewünschte mittlere Förderstrom verwirklicht werden. Die Meßgenauigkeit ist außerordentlich groß, da es sich nur um eine Volumenmessung und eine Intervallzählung handelt. Die hohe Genauigkeit ist auch beim Anfahren und bei äußeren Parameteränderungen, z. B. der Drücke im Wärmenetz und im Bereich des Entgasers, gegeben.
Die intermittierende Arbeitsweise der Wechselfördervorrichtung wirkt sich nicht nachteilig auf das Wärmenetz und die Wasseraufbereitung aus, da die Zu- und Abspeisungen zum jeweiligen Anlagenteil immer zeitgleich beginnen und auch nahezu zeitgleich enden.
Soll die Einspeisestelle in das Wärmenetz hinter der Abspeisestelle liegen, ist die im Bild 2 gezeigte Schaltung anwendbar. Zusätzlich muß eine Pumpe 17 installiert werden. Sie wird vom Steuergerät 13 aus synchron zum Magnetventil 5 geschaltet. Die für die fluktuierenden Massenströme von und zum Wärmenetz maßgebende Druckdifferenz folgt zu ($p_I - p_{II} + \Delta p_P$), wenn Δp_P den Drucksprung in der Pumpe 17 darstellt. Energie-Mehraufwendungen entstehen durch Einsatz der zusätzlichen Pumpe theoretisch nicht, da um den gleichen Betrag sich die Förderleistung der Pumpe 15 reduziert.

Bemessung

Der Teilstrom $\dot{m}$ eines Wärmenetzes ist zu entgasen. Die spezifischen Volumina betragen an der Netzabspeisestelle v_N und an dem Entgaseraustritt v_E. Damit ergeben sich die mittleren Volumenströme zu

$$\dot{V}_N = \dot{m}\, v_N \tag{1}$$

$$\dot{V}_E = \dot{m}\, v_E. \tag{2}$$

Die in den Behältern 1 und 2 zu realisierenden Differenzvolumina ΔV_1 und ΔV_2 können nach der Festlegung der zulässigen Schalthäufigkeiten n der Magnetventile 3 bis 6 bzw. der Pumpe 17 berechnet werden. Damit folgen:

$$\Delta V_1 = \frac{\dot{V}_N}{n} \tag{3}$$

$$\Delta V_2 = \frac{\dot{V}_E}{n}. \tag{4}$$

Aus fertigungstechnischen Gründen sollten die beiden Behälter gleich groß gewählt werden. Das gesamte Behältervolumen ist nach

$$V_1 = V_2 \approx (1{,}5 \ldots 2)\, \Delta V_2 \tag{5}$$

zu bemessen. Dabei sollte der obere Wert bei kleinen Speichervolumen angewendet werden.
Da die Volumenströme nicht kontinuierlich, sondern in Intervallen durchgesetzt werden, sind die tatsächlich fluktuierenden Volumenströme, die für die Druckverlustberechnung maßgebend sind, größer als die durch die Gln. (1) und (2) definierten Mittelwerte. Bei völlig zeitgleicher Zu- und Abspeisung und absolut verzögerungsfreien Schaltvorgängen müßten die mittleren Volumenströme verdoppelt werden. Für die praktische Auslegung wird vorgeschlagen

$$\dot{V}'_N = 3\, \dot{V}_N \tag{6}$$

$$\dot{V}'_E = 3\, \dot{V}_E \tag{7}$$

zu setzen. Für die Festlegung des Gasdruckes p_G im Behältersystem gelten folgende Restriktionen:

$$p_I > p_G > p_{III} \tag{8}$$

$$p_{IV} > p_G > p_{II} \tag{9}$$

bzw. bei einer Schaltung nach Bild 2

$$p_{IV} > p_G > p_{II} - \Delta p_P. \tag{9a}$$

Damit sind gleichbedeutend

$$p_{IV} > p_{III}, \tag{10}$$

wodurch bei abgesperrten Magnetventilen 3 und 5 der Medientransport vom und zum Entgaser möglich wird, und

$$p_I > p_{II} \tag{11}$$

bzw. nach Bild 2

$$p_I > p_{II} - \Delta p_P, \tag{11a}$$

was die Netzzu- und -abspeisung gewährleistet. Es wird empfohlen,

$$p_G = \frac{p_I + p_{III}}{2} \tag{12}$$

zu wählen und

$$p_G < p_{IV} \tag{13}$$

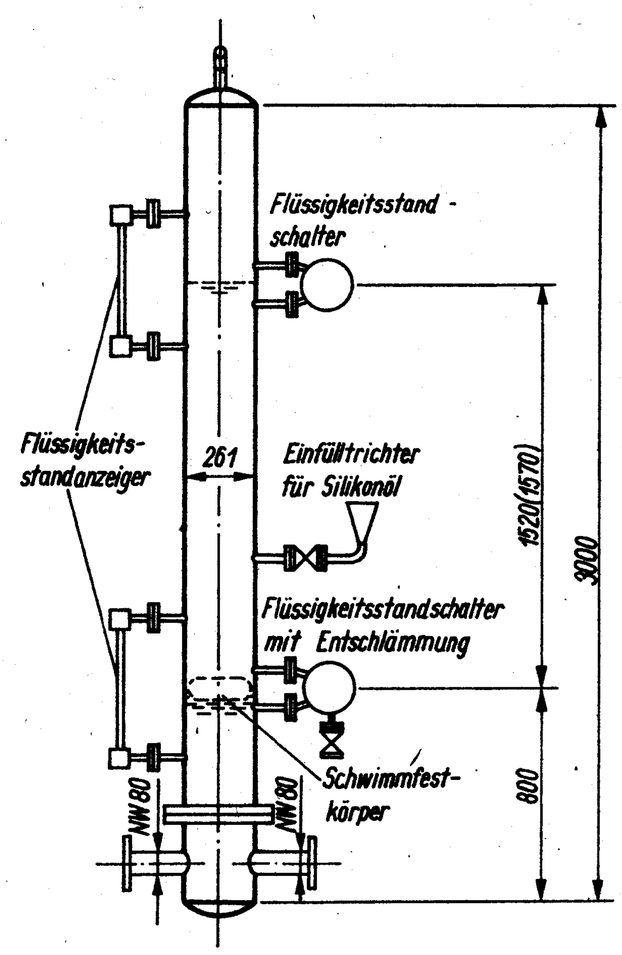
$$p_G > p_{II} \tag{14}$$

zu prüfen bzw. bei Einbau der Pumpe 17 diese nach

$$\Delta p_P > p_{II} - p_G \tag{14a}$$

zu bemessen.

Nach Festlegung von p_G und eventuell Δp_P können die Nennweiten der Magnetventile, der Verbindungsleitungen und der Drosselventile sowie deren zugehöriger $k_{v,s}$-Wert ermittelt werden. Bevor keine sicheren Erkenntnisse vorliegen, sollten die Strömungsgeschwindigkeiten im Anschlußquerschnitt der Magnetventile 1 m/s



3

nicht überschreiten. Die Druckverluste sind so festzulegen, daß nicht nur die Abgeglichenheit über die einzelnen Transportstromkreise (I → II und IV → III) erreicht wird, sondern auch der Gasdruck p_G während der Strömungsvorgänge konstant bleibt. Sind unter Δp der Druckverlust im Behälter, im Magnetventil und in der Anschlußleitung zusammengefaßt und bezieht sich der k_v-Wert auf das Drosselventil im jeweiligen Betriebsfall, gelten folgende Beziehungen:

Netz – Behälter 1

$$p_I - p_G = \Delta p_A + \varrho_N \left(\frac{\dot{V}_N}{k_{v,A}} \right)^2 \tag{15}$$

Behälter 2 – Netz

$$p_G - p_{II} = \Delta p_B + \varrho_E \left(\frac{\dot{V}_E}{k_{v,B}} \right)^2 \tag{16}$$

Behälter 1 – Entgaser

$$p_G - p_{III} = \Delta p_C + \varrho_N \left(\frac{\dot{V}_N}{k_{v,C}} \right)^2 \tag{17}$$

Entgaser – Behälter 2

$$p_{IV} - p_G = \Delta p_D + \varrho_E \left(\frac{\dot{V}_E}{k_{v,D}} \right)^2 \tag{18}$$

Bei einer Schaltung nach Bild 2 ist an Stelle von Gl. (16)

$$p_G - p_{II} + \Delta p_P = \Delta p_B + \varrho_E \left(\frac{\dot{V}_E}{k_{v,B}} \right)^2 \tag{16a}$$

zu setzen.

Die Verbindungsleitung 11 sollte so bemessen sein, daß deren Druckverlust vernachlässigt werden kann. Die Gln. (15) bis (18) sind jeweils nach dem k_v-Wert aufzulösen, und das entsprechende Drossel- oder Stellventil ist so auszuwählen, daß möglichst

$0{,}8\, k_{v,s} > k_v > 0{,}5\, k_{v,s}$ gilt.

Die Öffnungszeiten der Magnetventile müßten bei genauer Realisierung der Druckverluste gleich sein. Sie betragen theoretisch

$$\Delta\tau = \frac{\Delta V_1}{\dot{V}_N} = \frac{\Delta V_2}{\dot{V}_E}. \tag{19}$$

Die näherungsweise Gleichheit sollte im praktischen Probebetrieb durch entsprechende Verstellung der Drosselventile hergestellt werden.

Beispiel

In einem Heizhaus mit Dampfkesseln ist für die thermische Wasseraufbereitung ein Entgaser installiert. Außer dem Kesselspeisewasser soll ein Teilstrom des vom Heizhaus versorgten Wärmenetzes über den Entgaser geleitet werden. Das Wärmenetz ist mit einer statischen Druckhaltung verbunden, die durch das Zu- und Abspeisen des Teilstromes nicht beeinflußt werden darf.
Die Umwälzpumpen des Heiznetzes fördern bei Vollast 400 m^3/h. Etwa ein Prozent davon soll über den Entgaser geführt werden. Es ist eine Schaltung nach Bild 1 zu bemessen. Die Drücke betragen: $p_I = 0{,}85$ MPa; $p_{II} = 0{,}15$ MPa; $p_{III} = 0{,}2$ MPa; $p_{IV} = 1{,}0$ MPa.
In erster Näherung kann angenommen werden, daß diese Drücke durch den intermittierenden Ab- und Zuspeisevorgang nicht beeinträchtigt werden.
Weiterhin gelten die Temperaturen: $t_I = 70$ °C; $t_{IV} = 105$ °C.
Es sind die Behältergrößen auszuwählen, wenn für die Magnetventile eine maximale Schalthäufigkeit von $n = 50\ h^{-1}$ zulässig ist.
Weiterhin sollen die erforderlichen $k_{v,s}$-Werte bestimmt, die Transportzeiten eines Förderintervalls geschätzt und der Vermischungsgrad ermittelt werden.

Lösung

Entsprechend der Forderung ist etwa der Massenstrom
$\dot{m} = 4\,000$ kg/h ≙ 1,11 kg/s
über den Entgaser zu leiten. Die spezifischen Volumina an den Punkten I und IV betragen:

$v_N = 0{,}00102\ m^3/kg$
$v_E = 0{,}00105\ m^3/kg.$

Damit ergeben sich die mittleren Volumenströme nach den Gln. (1) und (2) zu

$\dot{V}_N = 1{,}11 \cdot 0{,}00102\ m^3/s = 1{,}132 \cdot 10^{-3}\ m^3/s$
$\dot{V}_E = 1{,}11 \cdot 0{,}00105\ m^3/s = 1{,}166 \cdot 10^{-3}\ m^3/s.$

Die wechselweise zu speichernden Differenzvolumina berechnen sich nach Gln. (3) und (4)

$$\Delta V_1 = \frac{1{,}132 \cdot 10^{-3}}{50} 3\,600\,m^3 = 81{,}50\ dm^3$$

$$\Delta V_2 = \frac{1{,}166 \cdot 10^{-3}}{50} 3\,600\,m^3 = 83{,}95\ dm^3$$

und die Behältervolumina nach Gl. (5)

$V_1 = V_2 = 2 \cdot 81{,}50\ dm^3 = 163\ dm^3.$

Um eine kleine Oberfläche zu erhalten, wird vorgeschlagen, zwei Rohre mit einem Innendurchmesser 261 mm zu verwenden. Daraus folgen die Abstände zwischen den Grenzwasserständen

$$\Delta L_1 = \frac{81{,}50 \cdot 10^{-3}}{\pi \frac{0{,}261^2}{4}}\,m = 1{,}52\ m$$

$$\Delta L_2 = \frac{83{,}95 \cdot 10^{-3}}{\pi \frac{0{,}261^2}{4}}\,m = 1{,}57\ m.$$

Die Länge der Rohre ergibt sich rechnerisch zu

$$\Delta L = \frac{163 \cdot 10^{-3}}{\pi \frac{0{,}261^2}{4}}\,m = 3{,}05\,m.$$

Es wird schließlich die Rohrlänge 3 m gewählt.
Im Bild 3 ist die Form der Behälter wiedergegeben.
Die Volumenströme für die praktische Auslegung sind entsprechend den Gln. (6) und (7) anzunehmen:
$\dot{V}_N = 3 \cdot 1{,}132 \cdot 10^{-3}\ m^3/s = 3{,}396 \cdot 10^{-3}\ m^3/s$
$\dot{V}_E = 3 \cdot 1{,}166 \cdot 10^{-3}\ m^3/s = 3{,}498 \cdot 10^{-3}\ m^3/s.$
Es werden Magnetventile der Nennweite 80 gewählt (Geschwindigkeit $w \approx 0{,}7$ m/s).
Der Druck im Behältersystem ergibt sich nach Gl. (12) zu

$$p_G = \frac{0{,}85 + 0{,}2}{2}\,MPa = 0{,}525\,MPa.$$

Dieser Druck liegt zwischen p_{IV} und p_{II}, so daß die übrigen Bedingungen erfüllt sind.
Die Druckverluste im Magnetventil und in den Anschlußleitungen einschließlich Behälter betragen näherungsweise

$\Delta p_A \approx \Delta p_B \approx \Delta p_C \approx \Delta p_D = 2$ kPa.

Damit sind die erforderlichen k_v-Werte errechenbar.

Es gelten nach:

Gl. (15)
$k_{v,A} = [v_N (p_I - p_G - \Delta p_A)]^{-0,5}\ \dot{V}_N$
$k_{v,A} = [0{,}00102\,(850–525–2)\,10^3]^{-0,5} \cdot 3{,}396 \cdot 10^{-3}\ m^2 = 187\ mm^2$

Gl. (16)
$k_{v,B} = [v_E (p_G - p_{II} - \Delta p_B)]^{-0,5}\ \dot{V}_E$
$k_{v,B} = [0{,}00105\,(525–150–2)\,10^3]^{-0,5} \cdot 3{,}498 \cdot 10^{-3}\ m^2 = 177\ mm^2$

Gl. (17)

$k_{v,C} = [v_N (p_G - p_{III} - \Delta p_C)]^{-0,5} \dot{V}_N$

$k_{v,C} = [0{,}00102\,(525–200–2)\,10^3]^{-0,5} \cdot 3{,}396 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}^2 = 187\ \mathrm{mm}^2$

Gl. (18)

$k_{v,D} = [v_E (p_{IV} - p_G - \Delta p_D)]^{-0,5} \dot{V}_E$

$k_{v,D} = [0{,}00105\,(1000–525–2)\,10^3]^{-0,5} \cdot 3{,}498 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}^2 = 157\ \mathrm{mm}^2.$

Die Umrechnung dieser k_v-Werte auf die konventionelle Darstellung entsprechend /5/ ($28{,}05\ \mathrm{mm}^2 \triangleq 1\ \mathrm{m}^3\,\mathrm{h}^{-1}$) ergibt:

$k_{v,A} = 6{,}67\ \mathrm{m}^3\,\mathrm{h}^{-1}$
$k_{v,B} = 6{,}31\ \mathrm{m}^3\,\mathrm{h}^{-1}$
$k_{v,C} = 6{,}67\ \mathrm{m}^3\,\mathrm{h}^{-1}$
$k_{v,D} = 5{,}60\ \mathrm{m}^3\,\mathrm{h}^{-1}.$

Gewählt werden vier gleiche Stellventile mit $k_{v,s} = 10\ \mathrm{m}^3/\mathrm{h}$, womit die berechneten Werte einregulierbar sind.
Die Füllzeiten betragen nach Gl. (19)

$$\Delta\tau = \frac{81{,}50 \cdot 10^{-3}}{3{,}396 \cdot 10^{-3}}\,\mathrm{s} = \frac{83{,}95 \cdot 10^{-3}}{3{,}498 \cdot 10^{-3}}\,\mathrm{s} = 24\ \mathrm{s}.$$

Die Einleitung des entgasten Wassers an einer Stelle des Netzes, die in Fließrichtung gesehen vor der Entnahmestelle liegt, ist prinzipiell ungünstig, da bei der nachfolgenden Entnahme bereits eine bessere Wasserqualität ansteht. Allerdings muß beachtet werden, daß infolge der Kleinheit des zur Entgasung abgeleiteten Teilstroms die Qualitätsverbesserung nur gering ist. Enthält der Netzwasserstrom die Gaskonzentration k (Massenanteil des mitgeführten Gases), und ist der eingespeiste Teilstrom völlig gasfrei, dann würde an der Abspeisestelle bei kontinuierlichem Betrieb die Konzentration $\bar{k} = 0{,}99\ k$ vorliegen. Infolge der intervallmäßigen Ein- und Abspeisung können sich jedoch Verzerrungen ergeben. So ist bei entsprechendem Abstand der Punkte I und II im günstigsten Fall das eingespeiste Wasser überhaupt noch nicht an der Abspeisestelle angelangt, so daß Wasser der Gaskonzentration k abströmt. Im Zwischenintervall passiert der Teilstrom mit der besseren Wasserqualität die Abspeisestelle. Der ungünstigste Fall stellt sich ein, wenn bei nahe aneinanderliegenden Punkten I und II die zugespeiste Teilstrommenge nach Vermischung sofort an der Abspeisestelle wieder ansteht. Wegen des vergrößerten Intervall-Massenstroms Gln. (6) und (7) ergibt sich die Gaskonzentration $\bar{k} = 0{,}97\ k$.
Alle betrachteten Fälle zeigen, daß die Lage der Abspeisestelle die Qualität des abgespeisten Teilstroms nur wenig beeinflußt und daß wegen des geringen technischen Aufwandes der Schaltung nach Bild 1 der Vorzug gebührt.

Literatur

/1/ Wärmeübertrager-Baugruppe „*Thermische Wasseraufbereitung*“, VEB TGA Wittenberg

/2/ *Glück, B.:* Bausteine zur rationellen Projektierung von Wasserheizungen.
VEB Kombinat Technische Gebäudeausrüstung – Institut – 1976

/3/ *Glück, B.:* Mitteldruckhaltung in Fernwärmenetzen mit minimalem Energieaufwand.
„*Stadt- und Gebäudetechnik*“ **34** (1980) H. 12

/4/ *Gläser, G./Glück, B.:* Ein Vorschlag zum gasdichten Abdecken von Wasseroberflächen in Behältern.
„*Stadt- und Gebäudetechnik*“ **32** (1978) H. 11

/5/ *Glück, B.:* Druckverlusttabellen – Wasserheizungsanlagen.
VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1978