

Bernd Glück

Bemessung eines Pufferspeichers

Es werden Berechnungsmethoden für Pufferspeicher sowohl mit diskontinuierlichem Zu- oder Abfluß als auch zum Ausgleich intermittierend arbeitender Wärmeleistungstufen dargestellt. Zur zweiten Gruppe gehören auch Pufferspeicher in Kältebereitstellungsanlagen, die gleichzeitig die Funktion einer hydraulischen Weiche übernehmen können.

Zahlenbeispiele verdeutlichen die zweckmäßige Anwendung der abgeleiteten Formeln.

Calculation of an intermittent storage tank

Calculation methods for storage tanks are represented both with non continuous supply or discharge and intermittently operating heat supply. To the second group also storage tanks belong in cooling supply systems, which can take over the function of a hydraulic intersection at the same time. Numerical examples clarify the appropriate application of the shown formulas.

Keywords: intermittent storage tank, cooling supply system, hydraulic intersection, design criteria

Angeregt durch den Ki-Beitrag von Jacobowsky [1] soll die Festlegung der Größe eines Pufferspeichers umfassend dargestellt werden. Das Problem ist schon häufig besprochen worden, so beispielsweise auch in [2], [3]. Es gilt gleichermaßen für Sammelbehälter mit diskontinuierlichem Zu- oder Abfluß wie für Pufferspeicher zum Ausgleich intermittierend arbeitender Wärmeleistungstufen. Letzteres enthält natürlich auch den Fall für Pufferspeicher in Kältebereitstellungsanlagen, die gleichzeitig auch die Funktion einer hydraulischen Weiche übernehmen. Aus didaktischen Gründen sei das Problem des Pufferspeichers zum Ausgleich der diskontinuierlichen Zu- und Abflüsse vorangestellt.

1 Sammelbehälter mit einer Förderstufe

Werden diskontinuierliche Zuflüsse in einem Behälter gesammelt und in Intervallen durch eine Pumpe weitergeleitet (Bild 1), so gelten die Forderungen:

- möglichst kleines Volumen des Sammelbehälters
- kein Überschreiten der maximal zulässigen Schalthäufigkeit.

Es handelt sich hierbei um ein Randoptimum, denn unter Ausnutzung der maximal zulässigen Schalthäufigkeit ($n_{\max}$ in h^{-1}) ergibt sich das kleinste notwendige Speichervolumen ($\Delta V_{\min}$ in m^3). Die Zeitdifferenz ($\Delta\tau$) zwischen zwei Einschaltungen der Pumpe ergibt sich als Summe aus der Förderzeit der Pumpe – Aktivzeit τ_A – und der Füllzeit durch den Zufluß – Passivzeit τ_P . Nach dem Einschalten der Pumpe sind das Speichervolumen und der während des Pumpenbetriebs anfallende Zufluß von der Pumpe zu fördern.

Damit gilt:

$$\tau_A = \frac{\Delta V}{\dot{V}_A - \dot{V}_P} \quad (1)$$

Die sich daran anschließende Füllzeit bei Pumpenstillstand ergibt sich in einfacher Weise zu

$$\tau_P = \frac{\Delta V}{\dot{V}_P} \quad (2)$$

woraus

$$\Delta\tau = \tau_A + \tau_P = \frac{\Delta V}{\dot{V}_A - \dot{V}_P} + \frac{\Delta V}{\dot{V}_P} \quad (3)$$

folgt. Dabei bedeuten:

$\dot{V}_A$ Förderstrom (Aktivstrom)

$\dot{V}_P$ Zuflußstrom (Passivstrom).

Unter Beachtung, daß die stündliche Zahl der Schaltungen sich aus $n = 1/\Delta\tau$ errechnet, kann Gl. (3) nach kurzer Umformung

$$n = \frac{\left(1 - \frac{\dot{V}_P}{\dot{V}_A}\right) \frac{\dot{V}_P}{\dot{V}_A}}{\frac{\Delta V}{\dot{V}_A}} \quad (4)$$

geschrieben werden. Es ist interessant zu wissen, bei welchem Verhältnis ($\dot{V}_P/\dot{V}_A$) die maximale Schalthäufigkeit auftritt. Es wird deshalb der erste Differentialquotient gebildet und gleich Null gesetzt

$$\frac{dn}{d(\dot{V}_P/\dot{V}_A)} = \frac{\dot{V}_A}{\Delta V} \left[1 - \frac{\dot{V}_P}{\dot{V}_A} - \frac{\dot{V}_P}{\dot{V}_A}\right] = 0, \quad (5)$$

woraus

$$\frac{\dot{V}_P}{\dot{V}_A} = \frac{1}{2} \quad (6)$$

folgt. Dies bedeutet, daß die größte Schalthäufigkeit dann vorliegt, wenn der

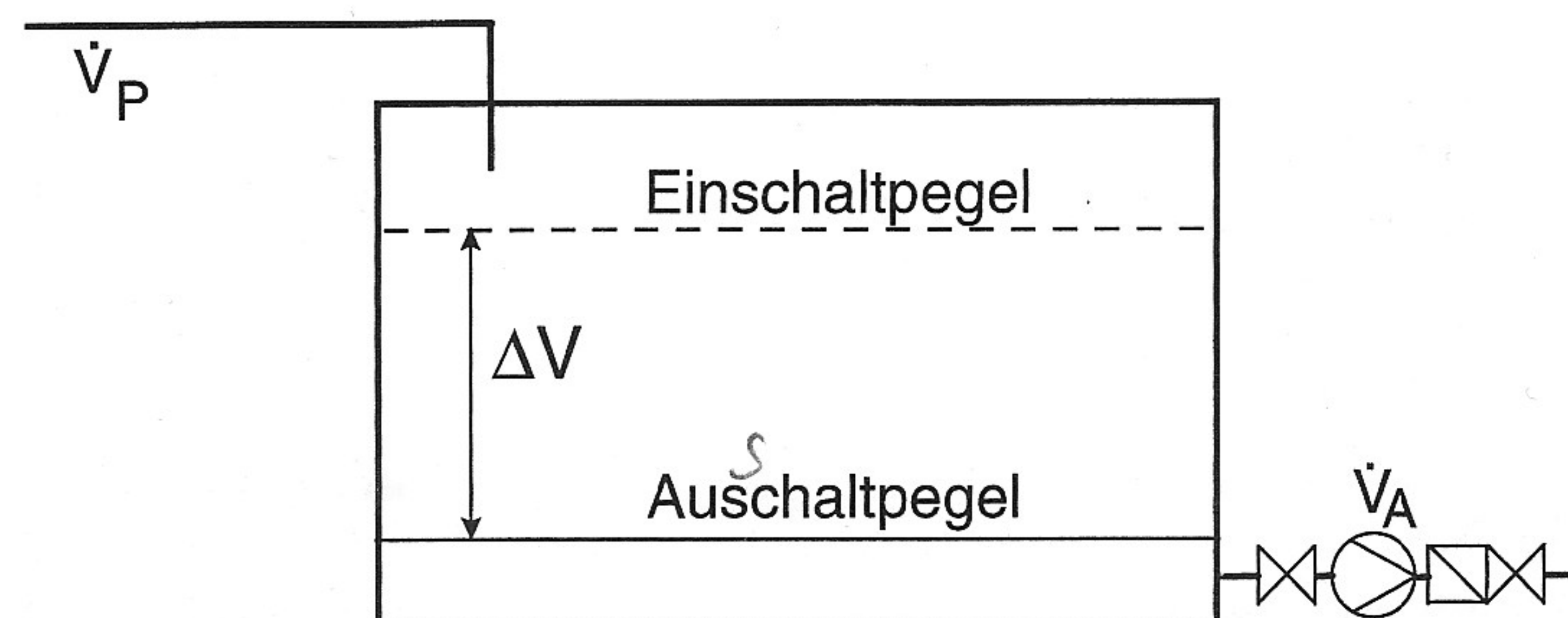


Bild 1
Speicherbehälter mit diskontinuierlich arbeitender, einstufiger Förderung (Förderstrom $\dot{V}_A$; Zuflußstrom $\dot{V}_P$)

Zufluß $\dot{V}_p$ halb so groß ist wie der Pumpenförderstrom $\dot{V}_A$. Durch Einsetzen dieses Ergebnisses in Gl. (4) ergibt sich die maximale Anzahl der stündlichen Schaltungen zu

$$n_{\max} = \frac{\dot{V}_A}{4\Delta V_{\min}} \quad (7)$$

Daß es sich dabei um ein Maximum handelt, kann man sich anschaulich erklären und durch die Bildung des zweiten Differentialquotienten auch beweisen.

Zur Bemessung eines Speichers ergibt sich somit folgendes einfaches Verfahren:

1. Die Pumpe und das Rohrleitungssystem sind für den maximalen Zufluß

$$\dot{V}_A = \dot{V}_{p, \max} \quad (8)$$

auszulegen. Man sollte stets versuchen, soweit wie möglich diese Gleichung zu erfüllen, da ein größerer Pumpenförderstrom durch Einsatz einer größeren Pumpe stets größere Speichervolumina bei vorgegebenem $n_{\max}$ erfordert. Stillschweigend gewährte „Sicherheitszuschläge“ bei der Druckverlustberechnung führen im praktischen Betrieb zur Überschreitung der vorgegebenen Schalthäufigkeit.

2. Das Speichervolumen berechnet sich auf der Grundlage des Pumpenförderstromes und der zulässigen maximalen Schaltzahl zu

$$\Delta V = \frac{\dot{V}_A}{4 n_{\max}} \quad (9)$$

Das Behältervolumen muß gegenüber dem nutzbaren Speichervolumen entsprechend den technischen Gegebenheiten größer gewählt werden, um Luftansaugen durch die Pumpe bzw. ein Überlaufen zu vermeiden.

2 Beispiel 1

Die in einen Sammelbehälter strömende Zuflußmenge schwankt in einem Bereich von $\dot{V}_p = 0 \dots 21,1 \text{ m}^3/\text{h}$. Die maximal zulässige Schalthäufigkeit soll $n_{\max} = 6 \text{ h}^{-1}$ betragen. Es wurde versucht, das Fördersystem (Pumpe – Rohrleitung) so auszulegen, daß der Betriebspunkt möglichst nahe an $\dot{V}_A = \dot{V}_{p, \max}$ herankommt. Aufgrund der standardisierten Pumpenkennlinien und der gegebenen Rohrdurchmesser ist ein Betriebspunkt $\dot{V}_A = 24 \text{ m}^3/\text{h}$ erreicht worden.

Das minimal notwendige Speichervolumen folgt aus Gl. (9) zu

$$\tau'_p = \frac{\Delta V'}{\dot{V}_p} \quad (10)$$

Wäre es gelungen, das Fördersystem genau auf $\dot{V}_A = 21,1 \text{ m}^3/\text{h}$ auszulegen, so hätte ein Volumen von $\Delta V = 0,88 \text{ m}^3$ genügt.

Im Bild 2 sind die Zusammenhänge Schalthäufigkeit der Pumpe sowie Laufzeit der Pumpe und Füllzeit des Speichervolumens dargestellt. Selbstverständlich besteht ein Zusammenhang zwischen der Mindestlaufzeit der Fördereinrichtung und der maximalen Schalthäufigkeit, welcher über die Gln. (1), (2), (4) und (7) gegeben ist. Auf diese Verknüpfung wurde in [1] leider nicht hingewiesen. Die dort gegebene Gleichung zur Berechnung des Speichervolumens beruht nicht auf der Schalthäufigkeit, wie eingangs im Text angekündigt, sondern auf der bedeutend einfacheren Forderung der Mindestlaufzeit. Damit besteht Identität zur Gl. (1) für $\dot{V}_p = 0$, d. h. ohne Zulaufstrom.

3 Sammelbehälter mit zwei Förderstufen

Nach Bild 3 wird die Leerung des Spei-

chervolumens $\Delta V'$ zunächst mit Pumpe 1 mit dem Förderstrom $\dot{V}_A'$ begonnen. Die maximal zulässige Schalthäufigkeit beträgt $n'_{\max}$.

Ist der Zufluß $\dot{V}_p < \dot{V}_A'$, so wird sich der Speicher leeren und die Pumpe nach der Betriebszeit τ'_A ausschalten, bei $\dot{V}_p = \dot{V}_A'$ liegt Dauerbetrieb der Pumpe vor, und bei $\dot{V}_p > \dot{V}_A'$ füllt sich der Behälter solange, bis das zusätzliche Volumen $\Delta V''$ gespeichert ist. Bei Erreichen dieses Grenzwertes schaltet die kleine Pumpe ab, die größere mit dem Förderstrom $\dot{V}_A''$ und der maximalen Schalthäufigkeit $n''_{\max}$ geht in Betrieb. Ist $\dot{V}_A'' > \dot{V}_p$, schaltet die große Pumpe nach der Betriebszeit τ''_A (Leeren von $\Delta V'$ und $\Delta V''$) ab, bei $\dot{V}_A'' = \dot{V}_p$ handelt es sich um Dauerbetrieb.

Während für das Fördersystem mit der kleinen Pumpe ($\dot{V}_A'$, $n'_{\max}$) und dem ersten Speicherabschnitt ($\Delta V'$) die in Gl. (9) gezeigte Problematik gilt, ergeben sich für den Betriebszustand $\dot{V}_A' < \dot{V}_p < \dot{V}_A''$, bei dem die große Pumpe ($\dot{V}_A''$, $n''_{\max}$) und der zweite Speicherabschnitt $\Delta V''$ zusätzlich eingeschaltet werden, kompliziertere Zusammenhänge. Die Zeitdifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Pumpenschaltungen folgt aus der Summe von:

Füllzeit bis zum Einschalten der kleinen Pumpe

$$\tau'_p = \frac{\Delta V'}{\dot{V}_p} \quad (10)$$

Betriebszeit der kleinen Pumpe (Füllen des zweiten Speicherabschnittes)

$$\tau'_A = \frac{\Delta V''}{\dot{V}_p - \dot{V}_A'} \quad \text{bei } \dot{V}_p > \dot{V}_A' \quad (11)$$

Betriebszeit der großen Pumpe

$$\tau''_A = \frac{\Delta V' + \Delta V'' + \tau'_A \dot{V}_p}{\dot{V}_A''}$$

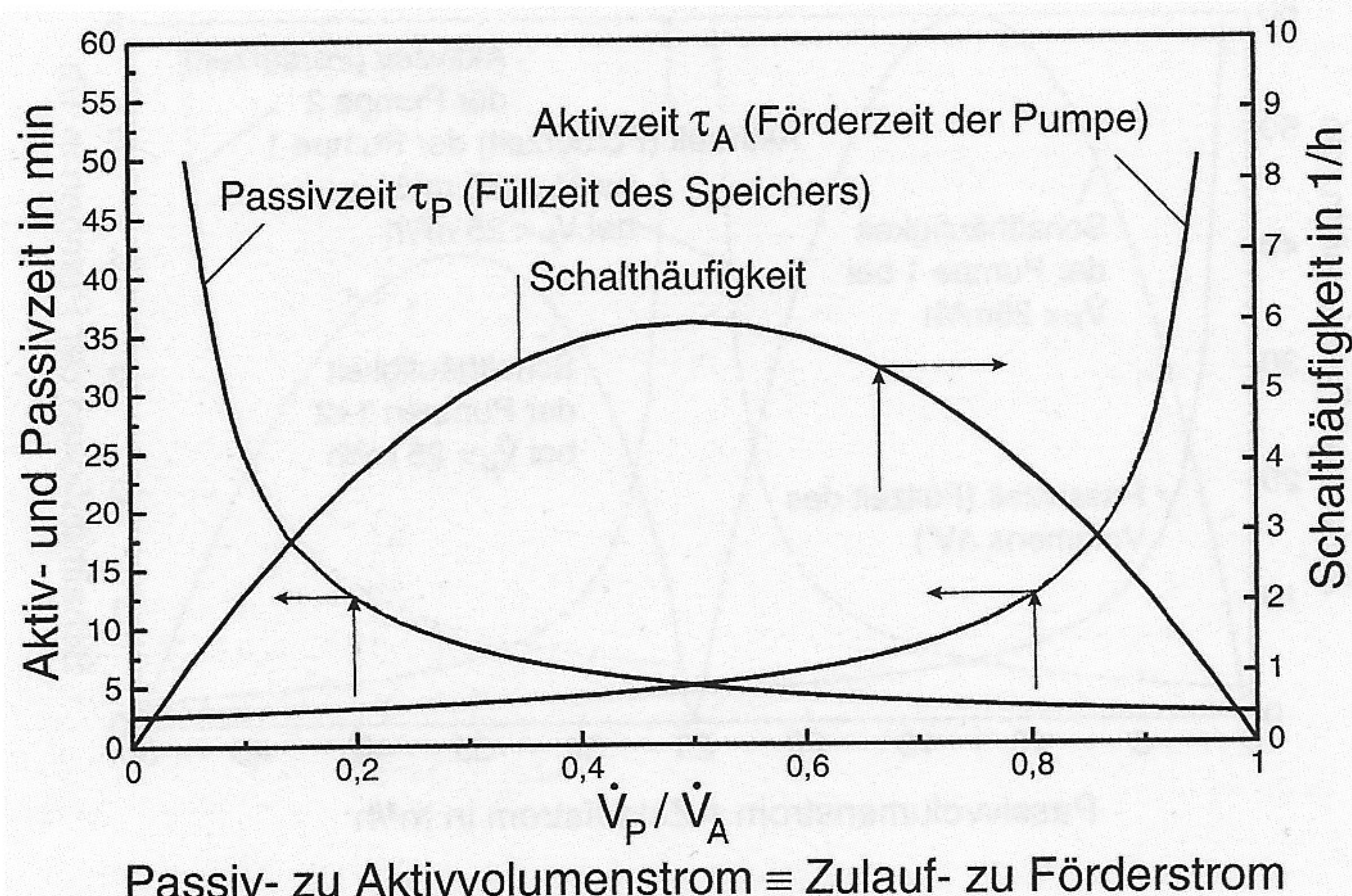


Bild 2 Schalthäufigkeit, Pumpenlaufzeit und Füllzeit in Abhängigkeit des Quotienten aus Zuflußstrom und Förderstrom ($\dot{V}_p / \dot{V}_A$) mit den Daten aus Beispiel 1

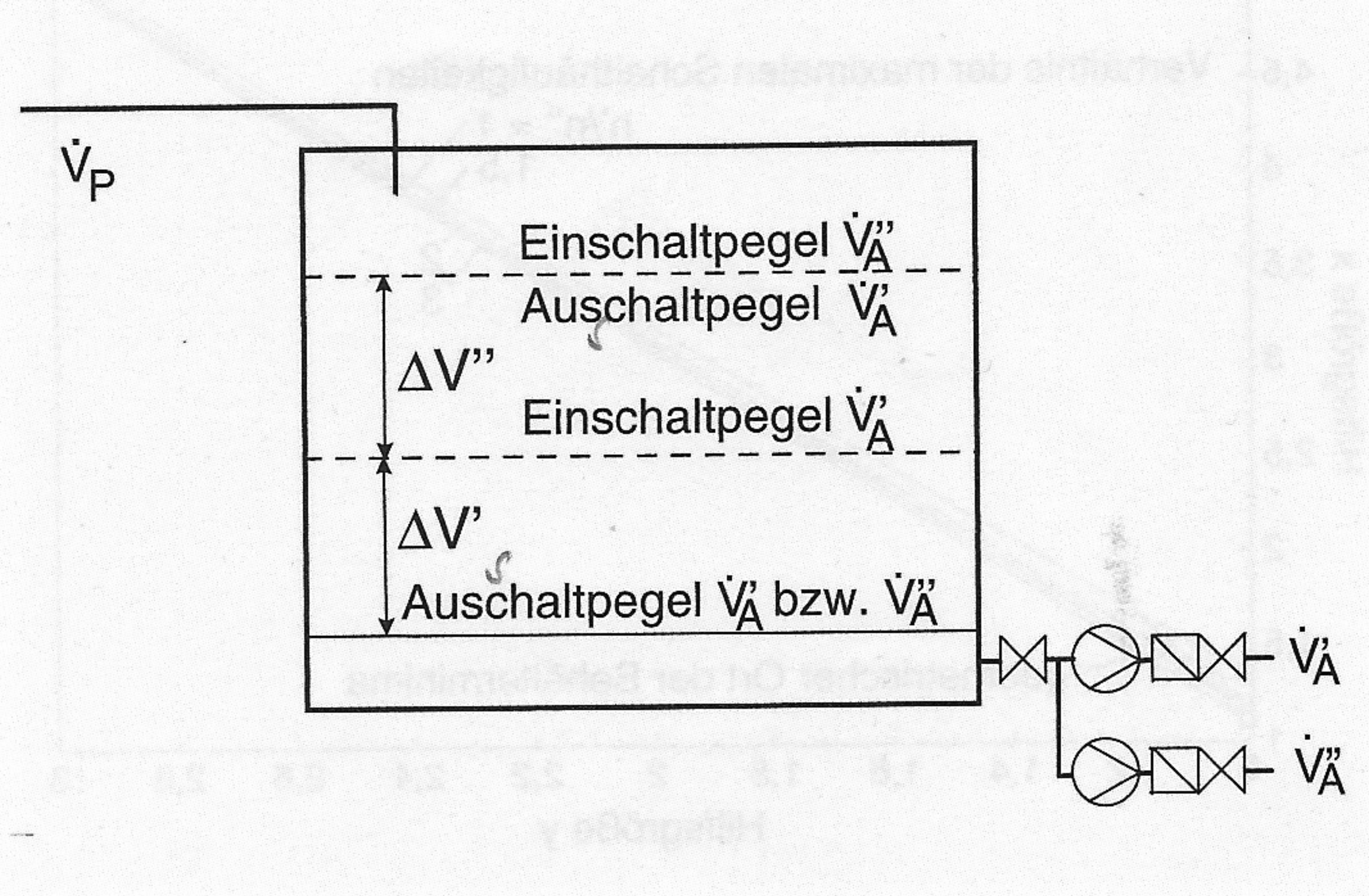


Bild 3 Speicherbehälter mit diskontinuierlich arbeitender, zweistufiger Förderung (Förderströme $\equiv$ Aktivströme $\dot{V}_A'$ und $\dot{V}_A''$; Zuflußstrom $\equiv$ Passivstrom $\dot{V}_p$)

bzw.

$$\tau_A'' = \frac{\Delta V' + \Delta V''}{\dot{V}_A'' - \dot{V}_P}$$

mit dem Ergebnis

$$\Delta\tau = \tau_P' + \tau_A' + \tau_A'' = \frac{\Delta V'}{\dot{V}_P} + \frac{\Delta V''}{\dot{V}_P - \dot{V}_A'} + \frac{\Delta V' + \Delta V''}{\dot{V}_A'' - \dot{V}_P} \quad (13)$$

Die zulässige Schalthäufigkeit ist bei großen Aggregaten niedriger als bei kleinen Aggregaten. Setzt man in Gl. (13) $\Delta\tau = 1/n''$ und substituiert für $\Delta V'$ Gl. (9) in modifizierter Schreibweise, so erhält man

$$\frac{1}{n''} = \frac{\dot{V}_A'}{4n'} + \frac{\Delta V''}{\dot{V}_P - \dot{V}_A'} + \frac{\dot{V}_A'}{4n'} + \Delta V'' \quad (14)$$

Während $\dot{V}_A'$ entsprechend den Betriebsbedingungen gewählt werden sollte, muß $\dot{V}_A''$ gleich dem maximal möglichen Zufluß $\dot{V}_{P,max}$ sein. Die zulässigen Schalthäufigkeiten n' und n'' sind technische Vorgaben. Um das $\Delta V''$ nach Gl. (14) zu bemessen, ist das $\dot{V}_P$ zu ermitteln, bei welchem die größte Schalthäufigkeit auftritt. Letzteres führt durch Differentiation und Nullsetzen zu folgender Bestimmungsgleichung:

$$\frac{d(1/n'')}{d\dot{V}_P} = -\frac{\dot{V}_A'}{4n'} - \frac{\Delta V''}{(\dot{V}_P - \dot{V}_A')^2} + \frac{\dot{V}_A'}{4n'} + \Delta V'' = 0 \quad (15)$$

(12)

Da die zweite Ableitung eindeutig auf ein Maximum von n'' hinweist, stellen die Gl. (14) und (15) das zu lösende System dar, wobei n' und n'' stets die Maximalwerte sind. Nach umfangreicher Zwischenrechnung folgt als technisch sinnvolle Lösung

$$x = \frac{8 \frac{n'}{n''} y^3 - 1}{8 \frac{n'}{n''} y^2 - 2} +$$

$$+ \sqrt{\left(\frac{8 \frac{n'}{n''} y^3 - 1}{8 \frac{n'}{n''} y^2 - 2} \right)^2 + \frac{4 \frac{n'}{n''} y^2 - 8 \frac{n'}{n''} y^3}{4 \frac{n'}{n''} y^2 - 1}} \quad (16)$$

mit den Abkürzungen (Hilfsgrößen)

$$x = \frac{\dot{V}_A''}{\dot{V}_A'} \quad \text{und} \quad y = \frac{\dot{V}_P}{\dot{V}_A'} \quad (17)$$

Die rechentechnisch aufwendige Lösung dieses Zusammenhangs ist im Bild 4 für verschiedene n'/n'' angegeben. Zu jedem vorgegebenen x gehört ein bestimmtes y . Beide Werte in die modifizierte Gl. (14) eingesetzt, liefern die Größe des zweiten Speicherabschnittes

$$\Delta V'' = \Delta V' \frac{4 \frac{n'}{n''} - \frac{1}{y} - \frac{1}{x-y}}{\frac{1}{x-y} + \frac{1}{y-1}} \quad (18)$$

Interessant ist noch zu wissen, unter welchen Bedingungen der Speicher ($\Delta V' + \Delta V''$) das kleinste Volumen annimmt. Ausgehend von der Gleichung

$$\Delta V' + \Delta V'' = \Delta V' \left(1 + \frac{4 \frac{n'}{n''} - \frac{1}{y} - \frac{1}{x-y}}{\frac{1}{x-y} + \frac{1}{y-1}} \right)$$

$$\Delta V' + \Delta V'' = \frac{\dot{V}_A'' - \dot{V}_P}{4n'}$$

$$\times \frac{4 \frac{n'}{n''} (\dot{V}_P - \dot{V}_A') + \frac{\dot{V}_A'^2}{\dot{V}_P}}{\dot{V}_A'' - \dot{V}_A'} \quad (19)$$

ergibt sich durch Differentiation

$$\frac{d(\Delta V' + \Delta V'')}{d\dot{V}_A'} = \frac{\dot{V}_A'' - \dot{V}_P}{4n'} \times \frac{4 \frac{n'}{n''} (\dot{V}_P - \dot{V}_A') + 2 \frac{\dot{V}_A' \dot{V}_A''}{\dot{V}_P} - \frac{\dot{V}_A'^2}{\dot{V}_P}}{(\dot{V}_A'' - \dot{V}_A')^2} \quad (20)$$

und Nullsetzen die Bestimmungsgleichung

$$x = \frac{4 \frac{n'}{n''} y^2 - 1}{4 \frac{n'}{n''} y - 2} \quad (21)$$

Im Bild 4 sind die geometrischen Orte, bei denen das Speichervolumen ein Minimum annimmt, eingezeichnet.

4 Beispiel 2

Die in einen Sammelbehälter strömende Zuflußmenge schwankt im Bereich von $\dot{V}_P = 0 \dots 50 \text{ m}^3/\text{h}$. Die maximal zulässigen Schalthäufigkeiten betragen $n' = 6 \text{ h}^{-1}$ und $n'' = 4 \text{ h}^{-1}$. Die Fördersysteme (Pumpe – Rohrleitung) wurden für $\dot{V}_A' = 25 \text{ m}^3/\text{h}$ und $\dot{V}_A'' = 50 \text{ m}^3/\text{h}$ ausgelegt.

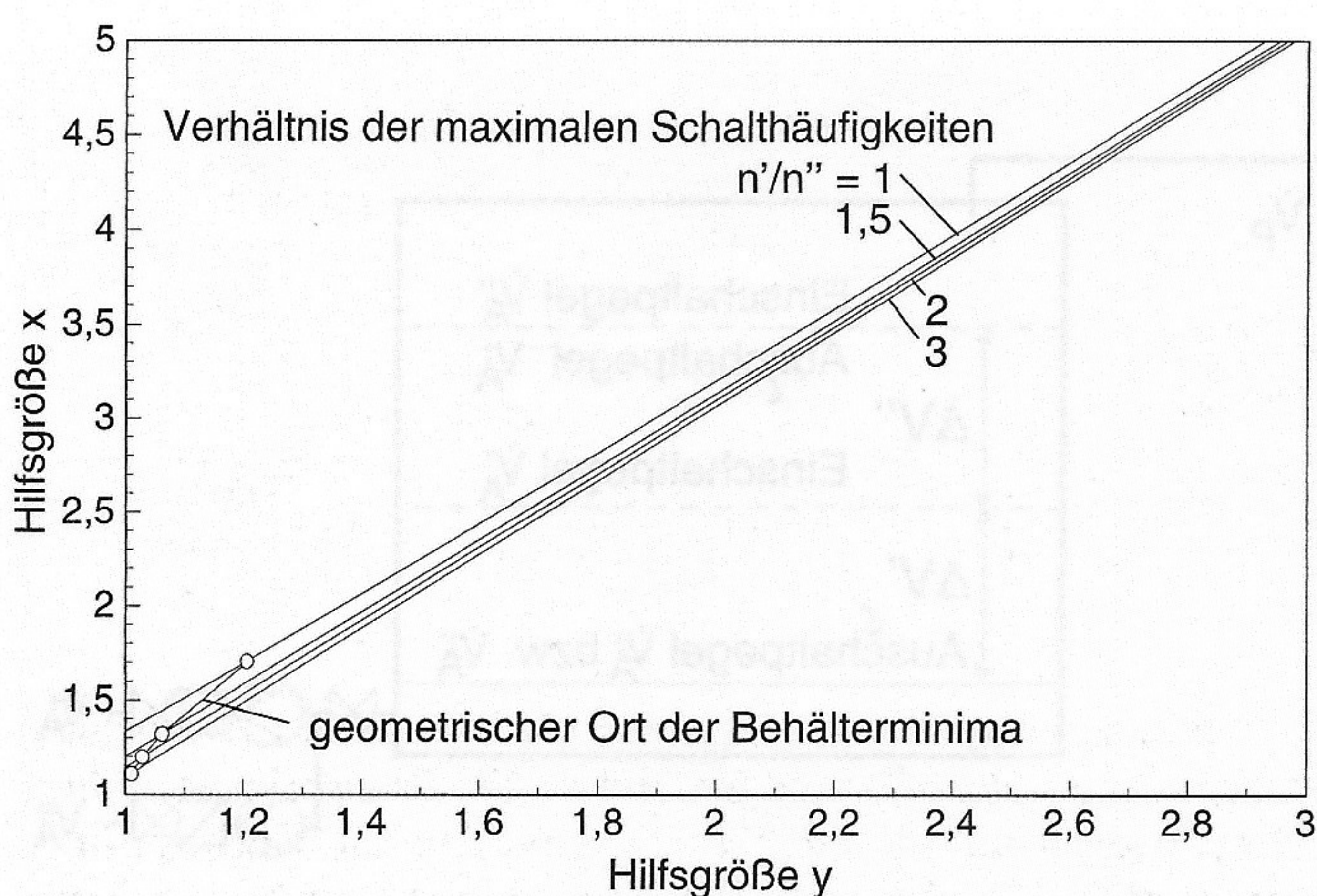


Bild 4 Diagramm zur Auswertung der Gl. (16) mit den Hilfsgrößen $x = \dot{V}_A'' / \dot{V}_A'$ und $y = \dot{V}_P / \dot{V}_A'$

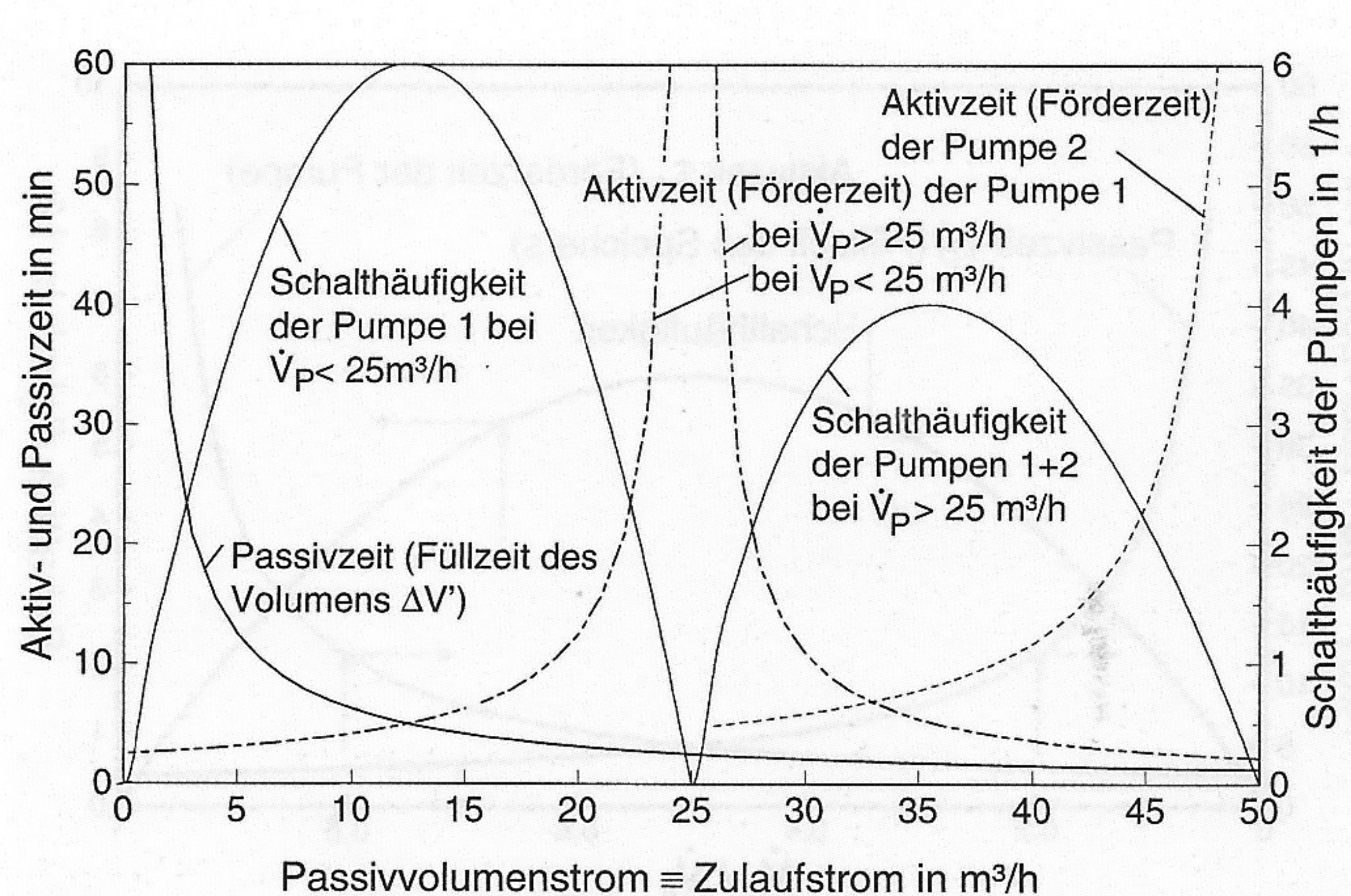


Bild 5 Schalthäufigkeiten, Pumpenlaufzeiten und Füllzeit in Abhängigkeit des Zuflußstromes ($\equiv$ Passivstrom $\dot{V}_P$) mit den Daten aus Beispiel 2

Das minimal notwendige Speichervolumen $\Delta V'$ folgt aus Gl. (9) zu

$$\Delta V' = \frac{\dot{V}_A'}{4 n'} = \frac{25 \text{ m}^3 / \text{h}}{4 \cdot 6 \text{ h}^{-1}} = 1,04 \text{ m}^3.$$

Für das Verhältnis x gilt nach Gl. (17)

$$x = \frac{\dot{V}_A''}{\dot{V}_A'} = \frac{50}{25} = 2,$$

wofür im Bild 4 ($\frac{n'}{n''} = \frac{6}{4} = 1,5$)

$$y = 1,42$$

abgelesen werden kann. Dies bedeutet, daß die maximale Schalzhäufigkeit bei einem Förderstrom von

$$\dot{V}_P = y \dot{V}_A' = 1,42 \cdot 25 \text{ m}^3/\text{h} = 35,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

auftritt. Das notwendige Speichervolumen $\Delta V''$ ergibt sich nach Gl. (18) zu

$$\Delta V'' = 1,04 \frac{4 \frac{6}{4} - \frac{1}{1,42} - \frac{1}{2-1,42}}{\frac{1}{2-1,42} + \frac{1}{1,42-1}} \text{ m}^3 = 0,905 \text{ m}^3$$

Setzt man zur Probe die Werte in Gl. (13) ein, so ergibt sich

$$\Delta \tau = \frac{1,04 \text{ m}^3}{35,5 \text{ m}^3/\text{h}} + \frac{0,905 \text{ m}^3}{(35,5 - 25) \text{ m}^3/\text{h}} + \frac{(1,04 + 0,905) \text{ m}^3}{(50 - 35,5) \text{ m}^3/\text{h}} = 0,25 \text{ h};$$

d. h., die maximale Schalzhäufigkeit beträgt gemäß der Forderung

$$n'' = \frac{1}{0,25} \text{ h}^{-1} = 4 \text{ h}^{-1}.$$

Im Bild 5 sind wiederum die Zusammenhänge der Schalzhäufigkeiten und Laufzeiten der beiden Pumpen bzw. Förderstufen sowie der Zulaufzeit aufgezeichnet.

Wollte man in Abänderung des Beispiels den Sammelbehälter so klein wie möglich gestalten, so muß von der Festlegung der Fördermenge $\dot{V}_A'$ abgegangen werden. Aus Bild 4 folgt, daß für $\frac{n'}{n''} = 1,5$ das minimale Speichervolumen dann vorliegt, wenn $x = 1,3$ und $y = 1,06$ betragen. Nach Gl. (17) folgt

$$\dot{V}_A' = \frac{\dot{V}_A''}{x} = \frac{50}{1,3} \text{ m}^3/\text{h} = 38,5 \text{ m}^3/\text{h},$$

woraus nach Gl. (9)

$$\Delta V' = \frac{38,5}{4 \cdot 6} \text{ m}^3 = 1,6 \text{ m}^3$$

folgt. Der zweite Teil des Speichervolumens errechnet sich dann nach Gl. (18) zu

$$\Delta V'' = 1,6 \frac{4 \frac{6}{4} - \frac{1}{1,06} - \frac{1}{1,3-1,06}}{\frac{1}{1,3-1,06} + \frac{1}{1,06-1}} \text{ m}^3 = 0,07 \text{ m}^3.$$

Vergleicht man die Gesamtvolumina, so ergeben sich im ersten Fall rd. 1,95 m³ und im zweiten Fall 1,67 m³. Hätte man ein Einstufensystem gewählt, so müßte der Behälter ein Nutzvolumen von 3,13 m³ haben.

Das Zweistufensystem mit minimiertem Speicherbehälter einzusetzen, ist praktisch bedeutungslos, da die Förderströme

$\dot{V}_A'$ und $\dot{V}_A''$ – zumindest bei > 1 – nur sehr geringen Unterschied aufweisen.

5 Kalorischer Pufferspeicher

Diese Speicherart wird sowohl bei Wärme- oder Kältebereitstellern (kurz Bereitsteller) gleichermaßen eingesetzt (Bilder 6, 7). Die hydraulischen Anschlüsse der Bereitsteller und Verbraucher werden so vorgenommen, daß keine gegenseitige Beeinflussung erfolgt. Der Pufferspeicher arbeitet gleichzeitig als hydraulische Weiche. Die Be- und Entladung der Speicher erfolgt über gelochte Rohre, die beispielsweise auf einen Umfangswinkel von 120° zu den Böden hin angeordnet sind, oder über Behältereinbauten, die eine Mischung durch den Ein- und Austrittsstrom verhindern.

Parallel arbeitende Bereitsteller und Verbraucher können über einen gemeinsamen Anschluß an den Pufferspeicher oder – hydraulisch günstiger – getrennt, z. B. durch winkelförmig angeordnete, gelochte Rohre, auf gleicher Behälterhöhe angebunden werden.

Die Betriebsdauer der Bereitsteller (Aktivzeit τ_A) beträgt bei der möglichen Speicherwärme ΔQ

$$\tau_A = \frac{\Delta Q}{\dot{Q}_A - \dot{Q}_P}, \quad (22)$$

die Entladezeit (Passivzeit τ_P)

$$\tau_P = \frac{\Delta Q}{\dot{Q}_P}. \quad (23)$$

Die Analogie zwischen den Gln. (1) und (22) sowie (2) und (23) kann in eine direkte Vergleichbarkeit überführt wer-

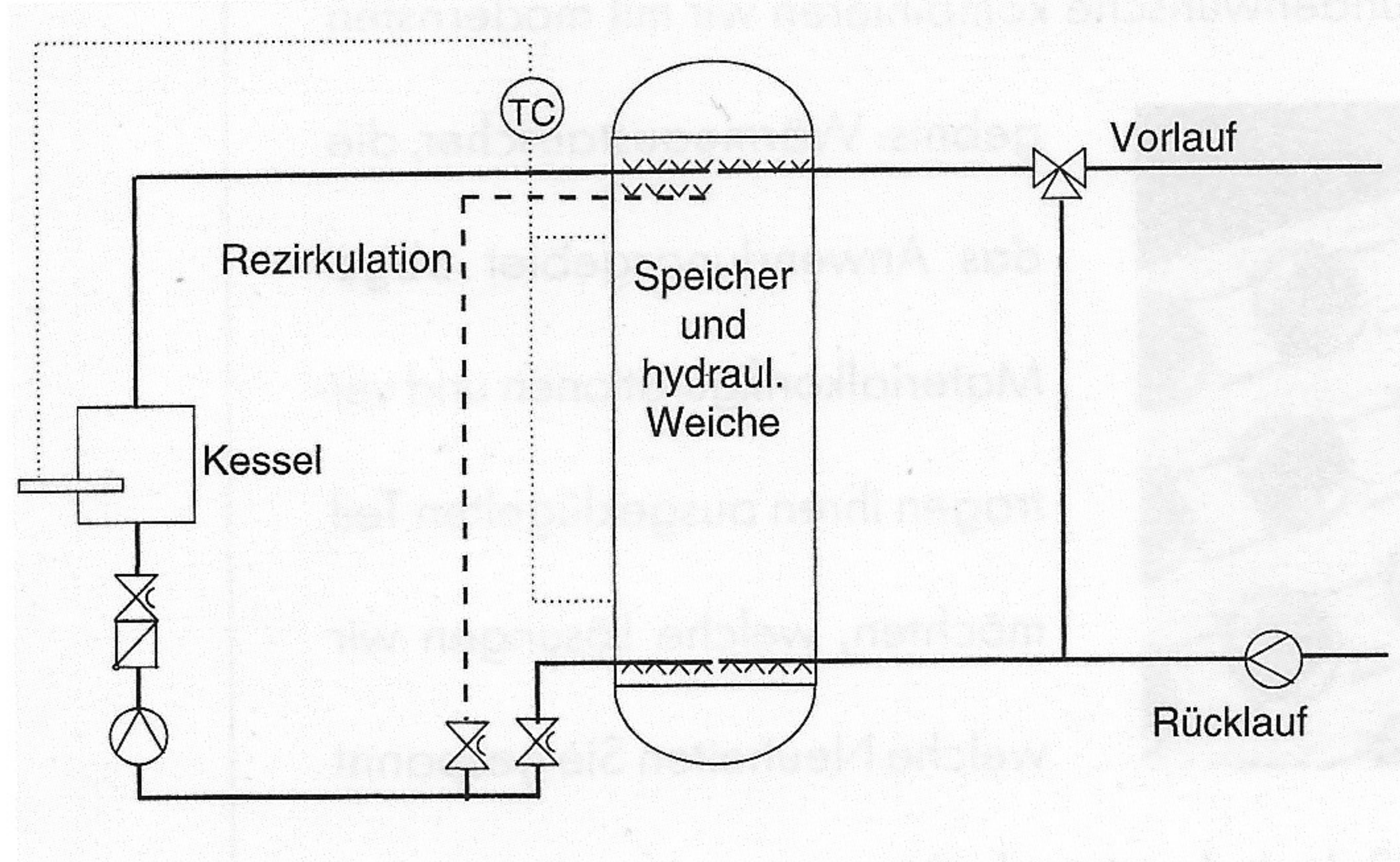


Bild 6 Einordnung eines „Wärme“-Pufferspeichers (Befüllung und Entnahme oben) zum Ausgleich der diskontinuierlichen Verbraucherentnahme und zur hydraulischen Entkopplung (hydraulische Weiche) mit Sicherung eines konstanten Massestromes durch den Kessel. Zur Anhebung der Kesselrücklauftemperatur kann eine zusätzliche Rezirkulation realisiert werden. Alle Masseströme sind durch Drosselventile einstellbar

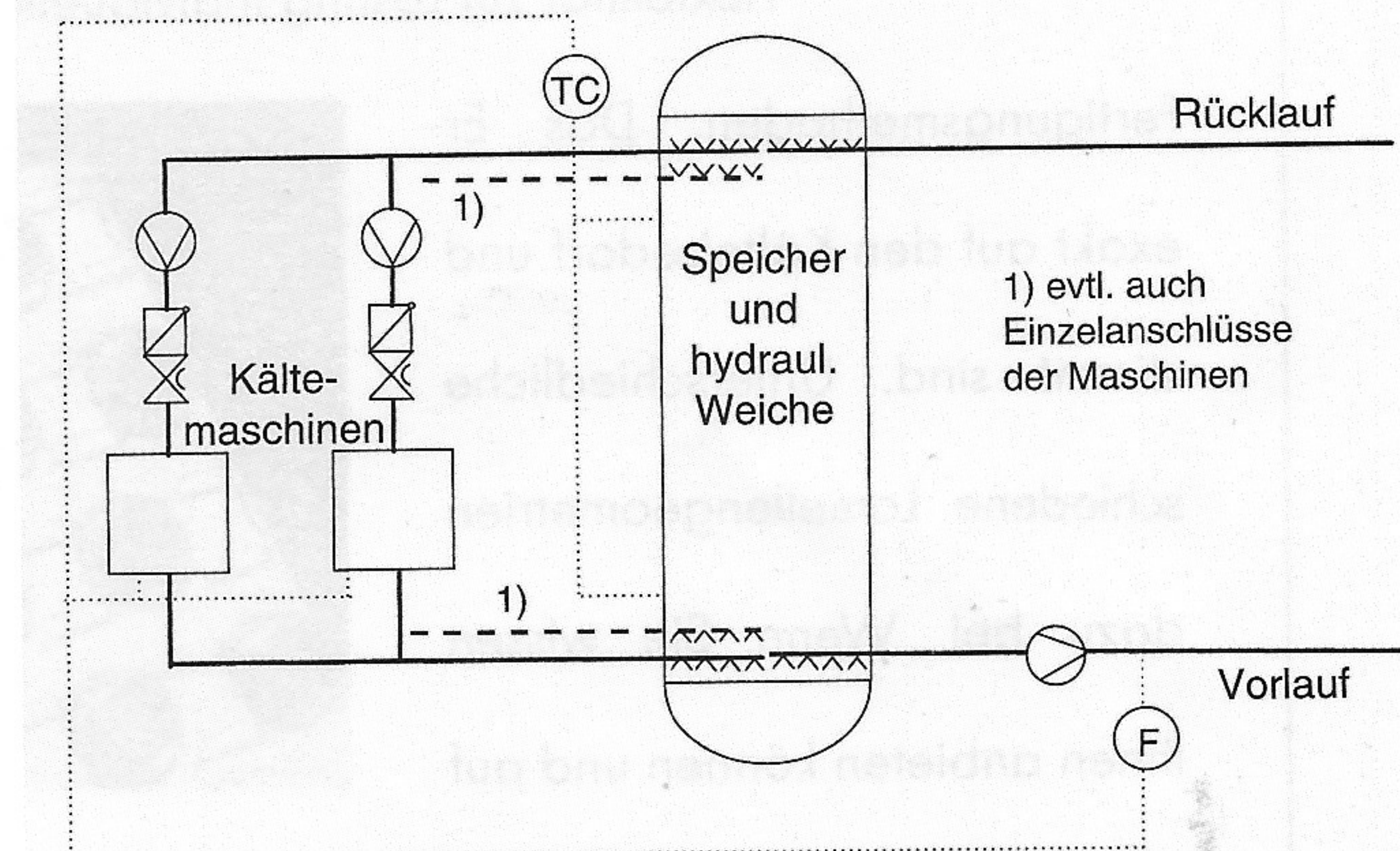


Bild 7 Einordnung eines „Kälte“-Pufferspeichers (Befüllung und Entnahme unten) zum Ausgleich der diskontinuierlichen Verbraucherentnahme und zur hydraulischen Entkopplung (hydraulische Weiche) mit Sicherung eines konstanten Massestromes durch die Kaltwassersätze. Die Masseströme parallel arbeitender Maschinen sind durch Drosselventile einstellbar

den, wenn man $\dot{V}_A$ durch $\dot{Q}_A$, $\dot{V}_P$ durch $\dot{Q}_P$ und ΔV durch ΔQ ersetzt.

Damit gelten auch alle Ableitungen über die Schalthäufigkeit und Laufzeiten, d. h. die Gln. (3) bis (21). Etwas problematisch ist das Erfassen der Speicherwärme ΔQ . Bei einem ideal arbeitenden Schichtenspeicher gilt

$$\Delta Q = V \rho c \Delta t \quad (24)$$

mit

V wirksames Speichervolumen in m^3

ρ Dichte in kg/m^3

c spezifische Wärmekapazität in $J/(kg K)$

Δt Temperaturdifferenz im Speicher in K

ΔQ Speicherkapazität in J .

Je nach Konstruktion des Puffergefäßes und der Betriebsweise ergibt sich der Zusammenhang zwischen Behältervolumen V_B und wirksamem Speichervolumen V näherungsweise

$$V_B \approx 2V. \quad (25)$$

Teilweise kann man je nach Schaltungsart auch das Netz mit einbeziehen.

Handelt es sich beispielsweise um einen Kaltwassersatz mit einer Leistungsstufe, so ergibt sich aus Gl. (9) nach der analogen Übertragung bei vorgegebenem Ladefluß $\dot{Q}_A$ und der maximalen Schalthäufigkeit n_{max} die erforderliche Speicherkapazität zu

$$\Delta Q = \frac{\dot{Q}_A}{4 n_{max}}. \quad (26)$$

Die Substitution der Gl. (24) liefert das erforderliche Speichervolumen

$$V = \frac{\dot{Q}_A}{4 \rho c \Delta t n_{max}}, \quad (27)$$

woraus mit Gl. (25) näherungsweise das notwendige Behältervolumen folgt

$$V_B = 0,5 \frac{\dot{Q}_A}{\rho c \Delta t n_{max}}. \quad (28)$$

In analoger Weise sind die zweistufig arbeitenden Systeme umsetzbar. Unabhängig davon, ob es sich um Wärme-

oder Kältebereitstellungsanlagen handelt, sollten die aktiven und passiven Wärmeströme $\dot{Q}_A$ und $\dot{Q}_P$ sowie die Speicherkapazität ΔQ jeweils positiv eingesetzt werden.

Literatur

- [1] Jacobowsky, H.: Funktionsstörungen der Kälteanlage bei falscher Verrohrung. Ki Luft- und Kältetechnik 34 (1998), S. 269
- [2] Glück, B.: Bemessung von Sammelbehältern mit diskontinuierlichem Zu- oder Abfluß. Stadt- und Gebäudetechnik Jahrg. 27 (1973) 2, S. 40–43
- [3] Glück, B.: Einsatz eines Pufferspeichers zum Ausgleich intermittierend arbeitender Wärmeleistungsstufen. Stadt- und Gebäudetechnik Jahrg. 37 (1983) 4, S. 109–110

Schlüsselwörter

Pufferspeicher
Kältebereitstellungsanlage
hydraulische Weiche
Bemessungsgrundlagen