# Einsatz eines Pufferspeichers zum Ausgleich intermittierend arbeitender Wärmeleistungsstufen

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

Einige Kesselarten, beispielsweise mit Widerstandheizkörpern beheizte Elektrokessel und spezielle Gaskessel, erfordern einen konstanten oder zumindest einen nach unten begrenzten Wasserdurchsatz, unabhängig von der eingeschalteten Leistungsstufe. Dieser Massedurchsatz und auch die vom Kessel abgegebene Vorlauftemperatur müssen nicht unbedingt den Betriebsbedingungen der nachgeschalteten Heizungsanlage entsprechen. Außerdem werden für einige Kessel – zum Beispiel Gaskessel –, Mindestrücklauftemperaturen verlangt, um Taupunktunterschreitungen zu vermeiden. Um diese Forderungen zu realisieren, sind bis zu vier Regelkreise notwendig. Sie haben folgende Funktionen:

- Mengenstromregelung durch den Kessel
- Regelung der Kesselwasser-Eintrittstemperatur durch Zumischen von Vorlaufwasser (Rezirkulation)
- Regelung der Heizungs-Vorlauftemperatur durch Beimischen von Wasser aus dem Anlagenrücklauf (Rücklaufbeimischung)
- Regelung der Kesselleistung in Abhängigkeit der Kesselwasser-Austrittstemperatur.

Diese Schaltungen sind in der Praxis üblich. Sie haben außer dem großen technischen Aufwand den Nachteil, daß eine direkte Leistungsanpassung zwischen Erzeuger und Verbraucher nicht gegeben ist. Dadurch entstehen große Schalthäufigkeiten und sehr oft instabile Betriebsweisen mit Überheizung der nachgeschalteten Anlage.

Um diese Nachteile zu umgehen, wird nachstehend eine universell anwendbare Einrichtung zum lastausgleichenden Anschluß von Heizungsanlagen an Wasserkessel vorgeschlagen /1/.

## Schaltung

Zwischen Wärmebereitsteller und Abnehmer wird ein sogenannter Pufferspeicher installiert. Die Schaltung wird an Hand des Bildes 1 erläutert.

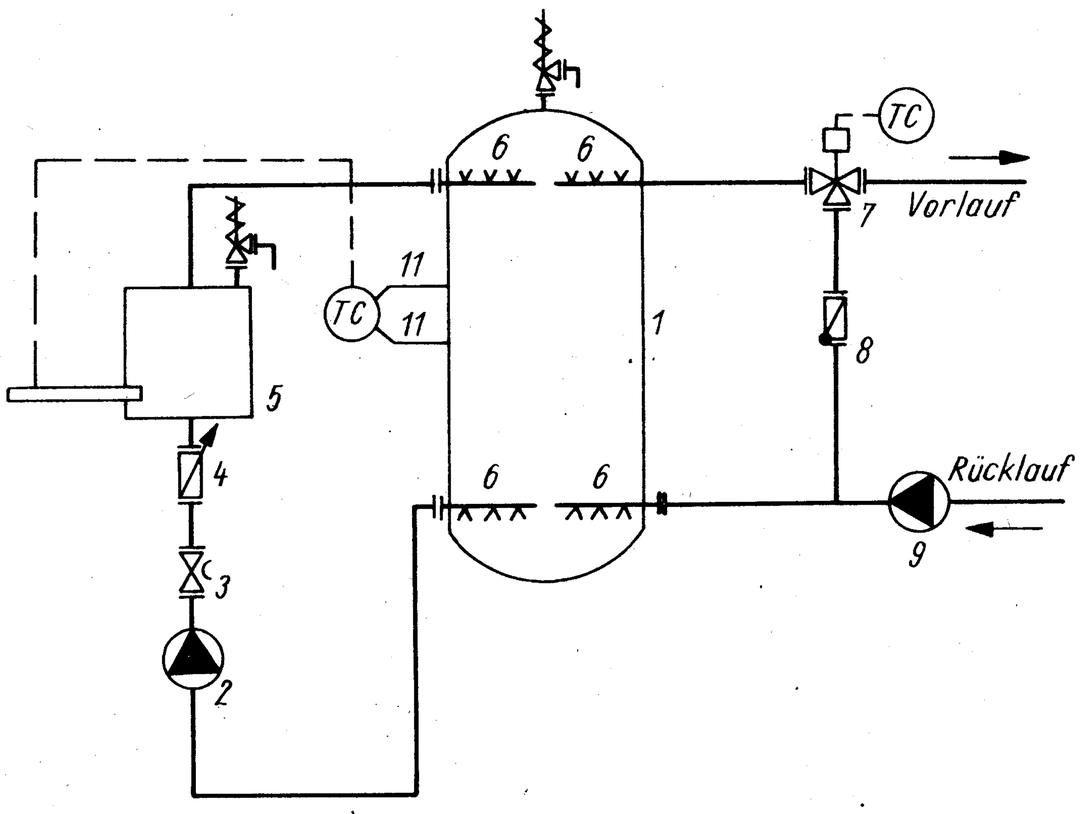
Aus einem Pufferspeicher 1 wird über ein oder mehrere gelochte Rohre 6 ein Wasserstrom von der Pumpe 2 angesaugt, durch den Kessel 5 gefördert, dort erwärmt und über ein oder mehrere gelochte Rohre 6 wieder in den Pufferspeicher 1 geleitet. Der Wasserstrom kann durch das Handregulierventil 3 auf den für den Kesselbetrieb günstigsten Wert eingestellt werden. Als Meßeinrichtung 4 kann ein Wasserzähler oder eine Meßblende installiert werden.

Der Anlagenstromkreis entnimmt den Vorlauf aus dem oberen Teil des Pufferspeichers 1 und speist die gleiche Menge Rücklaufwasser in den unteren Teil wieder ein. Die Temperatur des Anlagenvorlaufs wird durch den entnommenen Wasserstrom mittels Stellglied 7 geregelt. Der restliche Wasserstrom fließt entsprechend der Druckdifferenz vom Anlagenrücklauf über die Kurzschlußstrecke 8 zum Anlagenvorlauf gemäß der bekannten Rücklaufbeimischung. Ist die Wärmezufuhr vom Kessel an den Speicher größer als die Entnahme, so bewegt sich die Temperaturgrenze zwischen Vor- und Rücklauf nach unten, daß heißt der Speicher wird aufgeladen und umgekehrt.

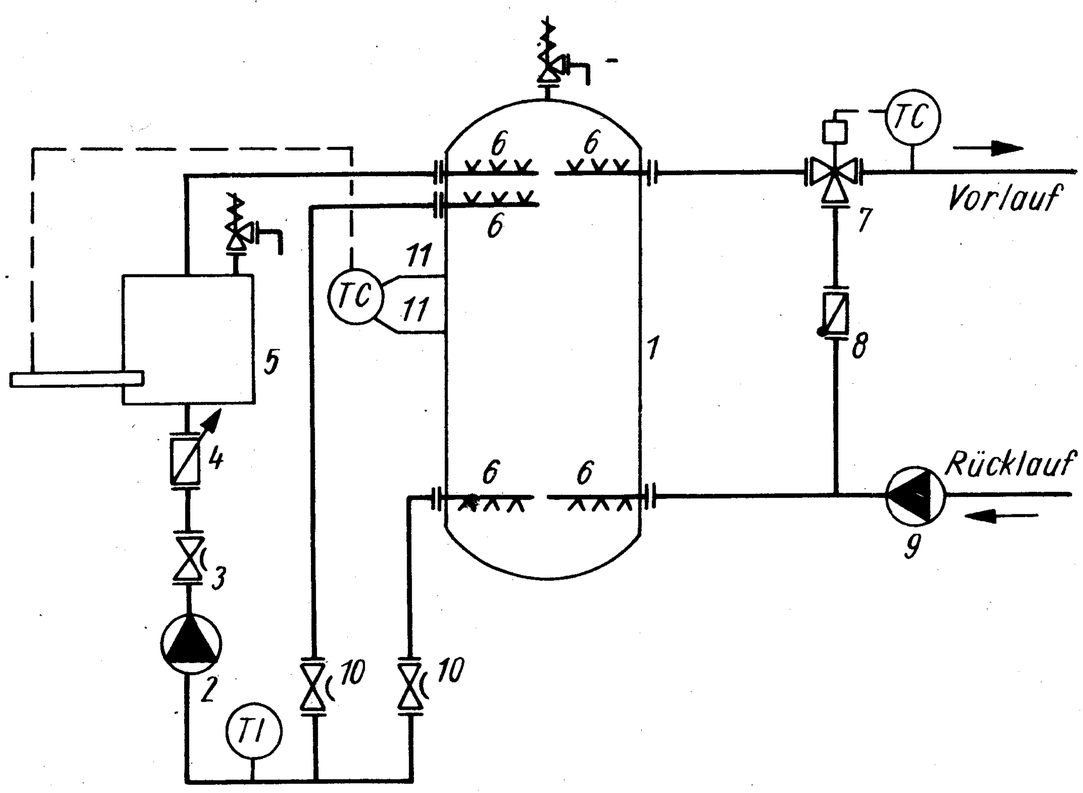
Die Temperaturfühler 11 am Pufferspeicher schalten die Leistungsstufen des Kessels (Heizpatronengruppe oder Brenner). An den Pufferspeicher können mehrere Kessel und auch Abnehmersysteme angeschlossen sein. Da im Pufferspeicher ein Druckausgleich nahezu unabhängig von den einzelnen Zirkulationsmengen erfolgt, beeinflussen sich die parallel betriebenen Kessel praktisch nicht.

Die gelochten Tauchrohre 6 sind nur auf einem Umfangwinkel von 120 °C zu bohren und zeigen mit den Löchern immer auf die Behälterböden. Mehrfachbindungen sollten auf gleicher Höhe liegen und winkelversetzt angeordnet sein. Im Pufferspeicher können Einbauten zwecks Verkleinerung der Mischzone angeordnet werden.

Soll neben der Konstanz des Massestroms durch den Kessel auch die Kesselwasser-Eintrittstemperatur gehoben werden, ist die Schaltung nach Bild 2 anzuwenden. Durch Regulierung der beiden Stellventile 10 können Kesselvorlauf und Anlagenrücklauf im gewünschten Verhältnis gemischt werden. Mit Ventil 3 wird anschließend, wie schon beschrieben, der Mengenstrom durch den Kessel einreguliert. Theoretisch könnte dies auch mit den Ventilen 10 geschehen, das bedürfte aber eines größeren Zeitaufwands.




1 Einordnung eines Pufferspeichers zur Gewährleistung konstanter Massedurchsätze durch die Kessel und einer einfachen hydraulischen Ankoppelung des Wärmenetzes mit variablem Massedurchsatz und regelbarer Vorlauftemperatur




2 Einordnung eines Pufferspeichers zwischen Kessel und Abnahmekreis mit zusätzlicher Rezirkulation zwecks Erhöhung der Kesselwasser-Eintrittstemperatur

## Speichergröße

Die kleinste schaltbare Leistungsstufe eines elektrisch beheizten Wasserkessels ist $\dot{Q}_z$, der über der gewählten Grundlaststufe abgenommene Wärmestrom beträgt $\dot{Q}_a$. Die Größe des Pufferspeichers ist so zu bestimmen, daß die zulässige Schalthäufigkeit $n_{max}$ nicht überschritten wird.
Die Betriebsdauer der Kessel beträgt bei einer speicherbaren Wärmemenge $\Delta Q$

$$\tau_z = \frac{\Delta Q}{\dot{Q}_z - \dot{Q}_a} \cdot \tag{1}$$

Die Entladezeit berechnet sich zu

$$\tau_a = \frac{\Delta Q}{\dot{Q}_a} \cdot \tag{2}$$

Daraus folgt die Zeit zwischen zwei Schaltungen der Kesselanlage

$$\Delta\tau = \tau_z + \tau_a = \frac{\Delta Q}{\dot{Q}_z - \dot{Q}_a} + \frac{\Delta Q}{\dot{Q}_a} \cdot \tag{3}$$

Der Kehrwert stellt die Schalthäufigkeit dar

$$n = \frac{1}{\Delta\tau} = \frac{\left(1 - \frac{\dot{Q}_a}{\dot{Q}_z}\right) \frac{\dot{Q}_a}{\dot{Q}_z}}{\frac{\Delta Q}{\dot{Q}_z}} \cdot \tag{4}$$

Es ist interessant zu wissen, bei welchem Verhältnis $\dot{Q}_a/\dot{Q}_z$ die maximale Schalthäufigkeit auftritt. Deshalb wird der erste Differentialquotient gebildet und gleich Null gesetzt

$$\frac{dn}{d(\dot{Q}_a/\dot{Q}_z)} = \frac{1 - 2\frac{\dot{Q}_a}{\dot{Q}_z}}{\frac{\Delta Q}{\dot{Q}_z}} = 0, \tag{5}$$

woraus

$$\frac{\dot{Q}_a}{\dot{Q}_z} = \frac{1}{2} \tag{6}$$

folgt. Dies bedeutet, daß es dann zur größten Schalthäufigkeit kommt, wenn der Wärmeabgabestrom halb so groß ist wie die Wärmezufuhr. Die maximale Anzahl der Schaltungen beträgt

$$n_{max} = \frac{\dot{Q}_z}{4 \cdot \Delta Q} \cdot \tag{7}$$

Schwierig ist das Erfassen der Speicherwärme $\Delta Q$. Sie läßt sich berechnen als Produkt aus

$$\Delta Q = V \varrho c \Delta t \tag{8}$$

mit

| | | |
|---|---|---|
| $V$ | $m^3$ | wirksames Speichervolumen |
| $\varrho$ | $kg/m^3$ | Dichte |
| $c$ | Ws/kg K | spezifische Wärme |
| $\Delta t$ | K | Temperaturdifferenz im Speicher. |

Je nach Konstruktion des Puffergefäßes und der Betriebsweise, ergibt sich der Zusammenhang zwischen Behältervolumen $V_B$ und wirksamem Speichervolumen $V$. Es wird

$$V = \frac{V_B}{3} \tag{9}$$

geschätzt, daraus folgt

$$V_B = 0{,}75 \frac{\dot{Q}_z}{\varrho c \Delta t n_{max}} \cdot \tag{10}$$

Mit Gleichung (10) kann die Auswahl des Pufferspeichers in einfacher Weise vorgenommen werden.

## Beispiel

Ein Elektrokessel läßt sich in den Leistungsstufen von 312 kW schalten. Als Schalthäufigkeit sei $n = 4\ h^{-1} = 1/900\ s^{-1}$ angenommen. Die Temperaturen im Oberteil des Speichers sollen zwischen den Grenzwerten 100 °C und 110 °C liegen. Damit beträgt $\Delta t = 10$ K.

## Lösung

Mit der Dichte $\varrho = 960\ kg/m^3$ folgt das Speichervolumen nach Gleichung (10) zu

$$V_B = 0{,}75 \frac{312\,000}{960 \cdot 4200 \cdot 10 \cdot \frac{1}{900}}\ m^3 = 5{,}2\ m^3.$$

## Literatur

/1/ Patentanmeldung WP F 24 D/242 2440