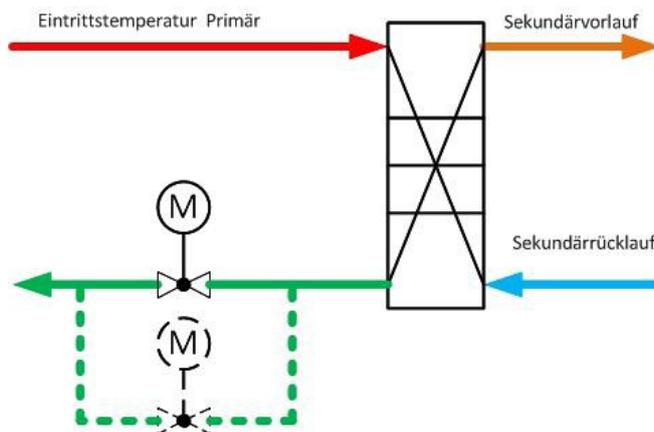


# Die perfekte Regelung von Wärmeübertragern mit Einsatz von Strahlpumpen

MARC GEBAUER

Wärme- oder Kälteenergie mit Hilfe eines Wärmeübertragers weiterzuleiten, ist in der Industrie und Gebäudetechnik eine Standardanwendung. Nachstehend ist eine Gegenüberstellung von verschiedenen Möglichkeiten der Leistungsregelung bei Wärmeübertragern dargestellt.

Bei der häufig zum Einsatz kommenden Massenstromregelung (Drosselschaltung) ist die Eintrittstemperatur in den Wärmeübertrager immer gleich der Primärvorlauftemperatur des Wärmenetzes (**Bild 1**). Diese Schaltung ist jedoch bei größerer Temperaturdifferenz zwischen dem Primär- und dem Sekundärvorlauf mit deutlichen Nachteilen verbunden. Je größer diese Temperaturdifferenz im jeweiligen Anwendungsfall ist, desto größer sind die Nachteile dieser Schaltung (**siehe Tabelle 1**). Bei großen zu regelnden Leistungen bzw. sehr kleinen Teillastbedingungen wird für ein gutes Regelverhalten ein zusätzliches kleineres Regelventil nötig (gestrichelte Linie in Bild 1).



**Bild 1: Massenstromregelung**

Da jedoch auch die Wärmeübertrager bei sehr niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten im Teillastfall an ihre Leistungs- bzw. Regelgrenzen kommen, ist eine andere Lösung für diese Anwendungsfälle sinnvoll. Die Baelz- Wasserstrahlpumpen (Jetomat) bieten dazu günstige und effiziente Lösungen.

Die Wasserstrahlpumpe, kurz Strahlpumpe, Jetomat oder auch Dreibeininjektorventil sorgt für energiesparende, kostengünstige Wärmeverteilung und zwar durch hydrodynamische Wärmeverteilung anstelle von elektrodynamischer. Sie wälzt das Wasser im Verteilerkreis um, passt die Umwälzmenge zum Verbraucher (statische Heizung, Lüftungsregister, Wärmeübertrager u.a.) an den Wärmebedarf an, regelt die Temperatur und gleicht Differenzdruckschwankungen aus. Der Grundgedanke der Strahlpumpentechnologie (**Bild 4**) ist die Verwertung von vorhandenem Differenzdruck in Wasserverteilungssystemen. Über Strahlpumpen wird die Vorlauftemperatur konstant oder nach der Außentemperatur geregelt. Zusätzlich wird die Wassermenge zum Verbraucher (s.o.) an den Wärmebedarf angepasst. Der Differenzdruck zur Überwindung der Anlagenwiderstände wird aus dem Netzdifferenzdruck am Eingang der Strahlpumpe aufgebaut. Die regelbare Strahlpumpe ist Regelventil und Umwälzpumpe in einem. Über Strahlpumpen werden die Vorlauftemperatur und die Wassermenge verändert, das heißt es erfolgt die Regelung der Wärmeleistung. Baelz setzt seit ca. 50 Jahren geregelte Strahlpum-

**Tabelle 1: Gegenüberstellung der Mengen- und Beimischregelung**

Eigenschaft	Mengenregelung	Beimischregelung
Leistungsbereich	Beliebig	Beliebig
Teillastverhalten	Zusätzliches Regelventil bei großen Gesamtleistungen und Anforderungen an den Teillastbetrieb	Kein Mehraufwand → Regelung 0 – 100 % stabil
Druckschwankungen im Primärnetz	Zusätzlicher Differenzdruckregler notwendig	Kein Mehraufwand → Regelung kompensiert Druckschwankungen
Strömung bei Kleinlast:	Massenstrom nimmt linear mit der Leistung ab, laminare Strömung möglich. → Keine Mediendurchmischung im Wärmeaustauscher, Regelung neigt zum Schwingen.	Beimischung garantiert großen Massenstrom mit turbulenter Strömung. → Durchgängig homogene Mediendurchmischung.
Verschlämmung	Geringer Massenstrom bewirkt die Gefahr von starken Ablagerungen.	Durchgängig hoher Massenstrom → nur sehr wenig Ablagerungen möglich
Verkalkung auf der Sekundärseite bei der Trinkwassererwärmung	Eintrittstemperatur primärseitig hoch. Deshalb Verkalkungen möglich	Variable Anpassung der Eintrittstemperatur möglich → Starke Reduzierung der Verkalkung
Thermische Materialspannung im Wärmeübertrager	Eintrittstemperatur primärseitig hoch. Thermische Spannungen unvermeidbar.	Variable Anpassung der Eintrittstemperatur möglich → Nur geringe Thermische Spannungen, Standzeit deutlich verlängert

pen in Hausanschlussstationen, an Lüftungsregistern, auf Heizungsverteilern und in der Industrie sowie für die Warmwasserbereitung in der Gebäudetechnik ein. Die Strahlpumpe übernimmt die Funktion eines Regelventils und einer Pumpe. Sie ist Teil des Regelkreises.

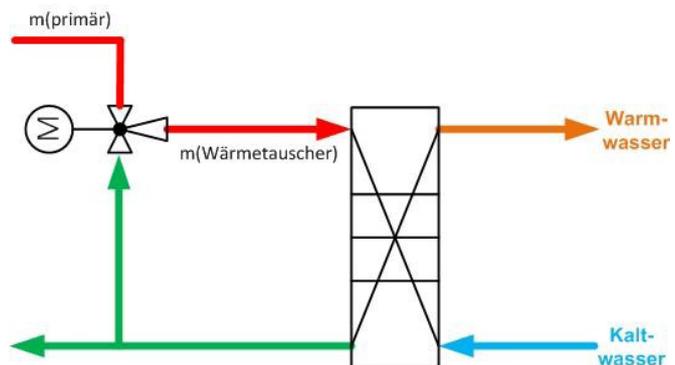
Eine Beimischregelung verbessert in allen Lastfällen die Qualität der Anlage im Vergleich zur Massenstromregelung. Aufgrund des erhöhten Armaturenaufwandes durch eine zusätzlich benötigte Mischkreispumpe bei einer Beimischschaltung wird aus Kostengründen oft darauf verzichtet. Mit dem Einsatz einer geregelten Wasserstrahlpumpe (Jetomat) dagegen ist die Beimischung ohne Mehraufwand möglich (**Bild 2 und Bild 3**). Damit kann die primärseitige Eintrittstemperatur in den Wärmeübertrager den Randbedingungen des Anwendungsfalls optimal angepasst werden.

**Beispiel 1 (siehe Tabelle 2):**

Frischwasserstation mit geringem Leistungsbedarf  
 -> z. B. reiner Zirkulationsbetrieb

Daten des Wärmeversorgungsnetzes:

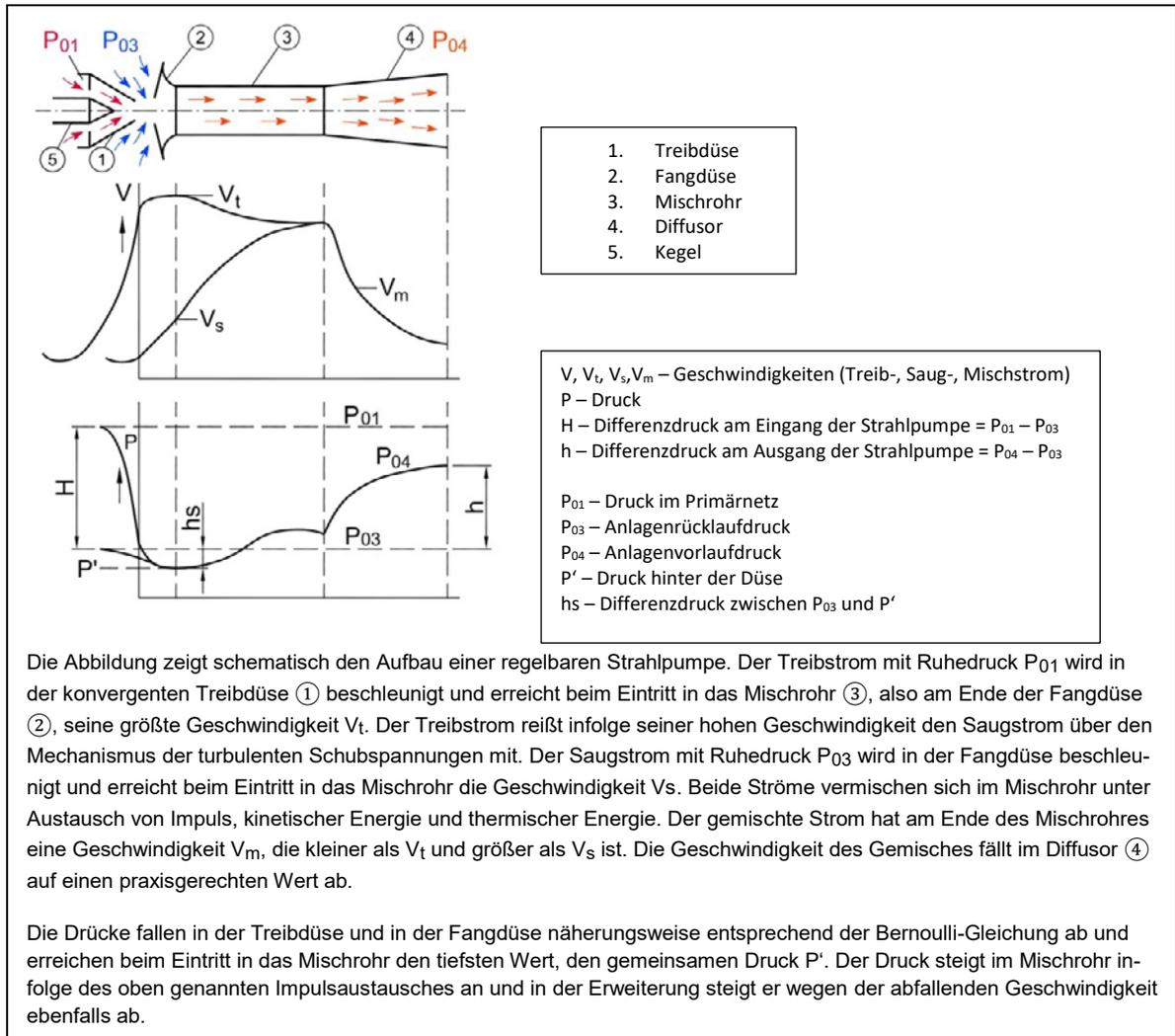
- Primärvorlauftemperatur: bis 130 °C im Winter und mindesten 75 °C im Sommer
  - Betrachtung zur Übergangszeit bei 101 °C Primärnetz-Temperatur
  - Differenzdruck im Netz 0,4 bar bis 3,0 bar
- Sekundärseite: Trinkwasser von 10 °C auf 60 °C erwärmen



**Bild 2: Beimischregelung mit Jetomat**



**Bild 3: Fernwärmestation-Heizung**



**Bild 4: Funktion der Strahlpumpe**

Vergleich: Massenstromregelung und Beimischregelung

Ausgangssituation: 55 °C Zirkulationstemperatur im Trinkwassersystem, d. h. ca. 56 °C im Rücklauf auf der Primärseite, kein Verbrauch von Warmwasser, also reine Zirkulationslast, diese beträgt ca. 3 bis 5 % der Gesamtleistung der Warmwasserbereitung.  
 Leistungsbilanz:  $Q$  [kW] =  $m$ [kg/h] \*  $c$ [J/kg\*K] \*  $\Delta T$  [K]

**Berechnung des Massenstromverhältnisses**

Die Beimischregelung erreicht in diesem Beispiel zur Trinkwassererwärmung eine 9-fache Wassermenge im Teillastfall im Vergleich zur Massenstromregelung. Bei anderen Temperaturen und anderen Lastfällen verändert sich das Verhältnis der Menge, aber die Beimischregelung hat immer den Vorteil: je kleiner die Lastabnahme, desto größer die Wassermenge über den Wär-

$$Q = m * \text{spezifische Wärmekapazität } c * (\text{Vorlauftemperatur} - \text{Rücklauftemperatur})$$

Massenstromregelung:	$Q$ (primär)	=	$m$ (primär) * $c$ * (101°C - 56°C)
Beimischregelung:	$Q$ (Wärmeübertrager)	=	$m$ (Wärmeübertrager) * $c$ * (61°C - 56°C)
Gleichsetzung:	$Q$ (primär)	=	$Q$ (Wärmeübertrager)
	$m$ (primär) * (101°C - 56°C)	=	$m$ (Wärmeübertrager) * (61°C - 56°C)
	$m$ (primär) * 45°C	=	$m$ (Wärmeübertrager) * 5°C
	$m$ (primär) * 45/5	=	$m$ (Wärmeübertrager)
	$m$ (primär) * 9	=	$m$ (Wärmeübertrager) (siehe Tabelle 2)

Tabelle 2: Mengenvergleich einer Warmwassererzeugung im Teillastbetrieb

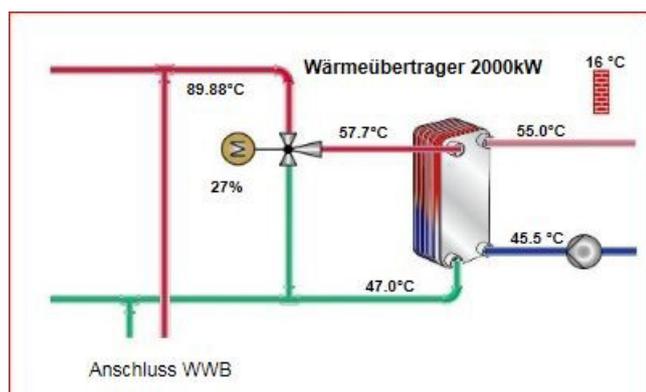
	Mengenregelung	Beimischregelung
Beispiel mit Temperaturen		
Eintrittstemperatur Primär	101 °C	101 °C
Eintrittstemperatur Wärmetauscher	101 °C	61 °C
Austrittstemperatur Primär	56 °C	56 °C
Massenstrom Primär [kg/h]	m (primär)	m (primär)
Massenstrom durch den Wärmeübertrager [kg/h]	m (Wärmeübertrager) = m (primär)	m (Wärmeübertrager) = 9 * m (primär)

meübertrager im Vergleich zur Massenstromregelung. Die daraus resultierenden Vorteile sind bereits in der obenstehenden **Tabelle 1** zusammengefasst.

**Beispiel 2:**

2000 kW Fernwärmeübergabestation mit zwei unterschiedlichen Lastfällen

**A) Teillastregelung bei einer Außentemperatur von 16 °C (Bild 5)**



**B) Teillastregelung bei einer Außentemperatur von 20 °C (Bild 6)**

Im Lastfall A) bei einer Außentemperatur von 16 °C wird bei 27 % Hub des Stellgliedes (Strahlpumpe) die 4-fache Wassermenge durch die Beimischung gegenüber einer Massenstromregelung umgewälzt. Beim Lastfall B) bei 20 °C Außentemperatur wird über die

Bild 5:

$$\begin{aligned}
 & m(\text{primär}) \cdot (89,88^\circ\text{C} - 47^\circ\text{C}) = \\
 & m(\text{Wärmeübertrager}) \cdot (57,7^\circ\text{C} - 47^\circ\text{C}) \\
 & m(\text{primär}) \cdot 42,88^\circ\text{C} = m(\text{Wärmeübertrager}) \cdot 10,7^\circ\text{C} \\
 & m(\text{primär}) \cdot 42,88 / 10,7 = m(\text{Wärmeübertrager}) \\
 & m(\text{primär}) \cdot 4 = m(\text{Wärmeübertrager})
 \end{aligned}$$

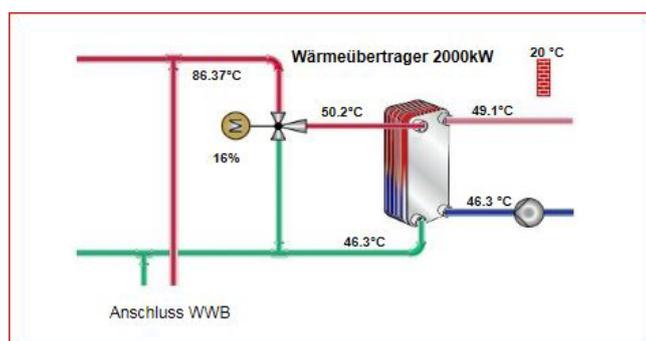


Bild 6:

$$\begin{aligned}
 & m(\text{primär}) \cdot (86,37^\circ\text{C} - 46,3^\circ\text{C}) = \\
 & m(\text{Wärmeübertrager}) \cdot (50,2^\circ\text{C} - 46,3^\circ\text{C}) \\
 & m(\text{primär}) \cdot 40,07^\circ\text{C} = m(\text{Wärmeübertrager}) \cdot 3,9^\circ\text{C} \\
 & m(\text{primär}) \cdot 40,07 / 3,9 = m(\text{Wärmeübertrager}) \\
 & m(\text{primär}) \cdot 10,27 = m(\text{Wärmeübertrager})
 \end{aligned}$$

10-fache Wassermenge über den Wärmeübertrager durch die Beimischung bewegt.

Voraussetzung für die Beimischung mit einer Strahlpumpe ist ein anliegender minimaler Differenzdruck im Versorgungsnetz. Eine sinnvolle Größe beginnt bei 30 bis 40 kPa, auch hohe Differenzdrücke von z. B. 600 kPa (6bar) sind möglich. Die Komponenten werden nach dem geringsten zu erwartenden Differenzdruck ausgelegt. Differenzdruckschwankungen werden durch die Beimischregelung mit einer Strahlpumpe stabil ausgeglet.

Je nach der Dynamik des zu regelnden Prozesses werden elektrische Antriebe mit einer Stellgeschwindigkeit von 6 mm/min bis 130 mm/min eingesetzt. In den Antrieben (230 V oder 24 V) können auch digitale Regler mit Anschlussmöglichkeiten bis zu maximal vier Temperatursensoren installiert werden. Der Regelkreis wird vorkonfiguriert ausgeliefert und ist sofort betriebsbereit.

### FAZIT

In hunderten Anlagen hat sich die Beimischregelung zur perfekten Regelung eines Wärmeübertragers bewährt. Es gibt bereits Stadtwerke in Deutschland, die diese Technologie bevorzugen, aber auch Konzerne der Automobil- und Pharmaindustrie haben die Nachhaltigkeit der Regelung mittels Strahlpumpen erkannt.

### Autor

---

#### DIPL.-ING. MARC GEBAUER

W. Bälz & Sohn GmbH & Co.

74076 Heilbronn

Tel.: +49 7131 1500-0

mail@baelz.de

---