

Wasserstrahlpumpe

Einfache Hydraulik für Heiz- und Kühlanlagen

✓ KOMPAKT INFORMIEREN

Mit Wasserstrahlpumpen lassen sich sehr einfach optimale Hydraulik-Konzepte mit einem geringen Hilfsenergiebedarf und weniger Armaturen realisieren.

Der Hydraulische Abgleich erfolgt einmalig bei Vollast und sorgt für ein stabiles hydraulisch abgeglichenes Verhalten in allen Lastbereichen. Es treten keine Geräusche an Thermostatventilen auf und es können sich keine Umwälzpumpen gegenseitig beeinflussen.

Für die Auslegung einer Strahlpumpe sind nur fünf bekannte Größen erforderlich: Vorlauftemperatur des Erzeugers, Auslegungsvor- und Rücklauftemperatur im Verbraucherkreis, Wärmeleistung des Verbraucherkreises und der Anlagewiderstand im Verbraucherkreis.

Der dominierende Teillastfall in Heizungsanlagen erfordert bei der elektrodynamischen Regelung oft zusätzliche Maßnahmen und Investitionen und kann nicht alle Energieeinsparpotenziale nutzen. Dies gelingt mit der hydrodynamischen Regelung mit Wasserstrahlpumpen bei geringeren Investitionen.



Bild: W. Bälz & Sohn

❶ Strahlpumpe baelz480 mit Antrieb baelzE07-373 mit Regler baelz7164. Der Einbau des Reglers in den Motorhubantrieb vereinfacht die Installation. Er ermöglicht einen konstanten Sollwert oder eine über fünf Eckpunkte definierte Heizkurve. Über Modbus ist eine Vernetzung möglich.

➔ Die Temperierung von Gebäuden durch Heizung oder Kühlung erfolgt oft mit einem wassergefüllten Rohrleitungssystem (Wärmeverteilung). Dazu wird das Wasser als Energieträger von Erzeugeranlagen – Heizkessel, BHKW, Fernwärmeübergabestation, Wärmepumpe oder Kaltwassererzeuger – auf eine an die Lastsituation angepasste Temperatur gebracht und dann über das Rohrleitungssystem zu den Verbrauchern (Wärmeübertrager zur Wärmeübergabe) transportiert und nach der Wärmeübertragung zurückgeführt.

So wie die Wärmebrücken in der Gebäudehülle an Beachtung gewonnen haben, wird auch verstärkt Augenmerk auf die optimale Hydraulik gelegt, um eine effiziente Anlagentechnik zu garantieren. Und das Energieeinsparpotenzial durch eine optimale Hydraulik ist groß, wird aber auch von Fachleuten häufig unterschätzt.

Differenzdruck optimal nutzen

Die Aufgabe der optimalen Verteilung des Wassers wird seit Jahrzehnten unter dem Begriff „Hydraulischer Abgleich“ zusammengefasst. Es gibt viele Wege den Hydraulischen Abgleich umzusetzen. Ein sehr einfacher Weg wird nachfolgend vorgestellt.

Der Ausgangspunkt ist ein differenzdruckbehaftetes Rohrleitungssystem, denn nur so bewegt sich das Wasser bei heutigen Rohrnetzdi-

mensionierungen vom Erzeuger zum Verbraucher. Hydraulische Schaltungen differenzdruckbehafteter Systemen werden im VDMA-Einheitsblatt 24 199 [1] beschrieben.

Wird der durch eine elektrisch angetriebene Umwälzpumpe erzeugte Differenzdruck optimal genutzt, lässt sich die Pumpenenergie für die sonst notwendigen weiteren Umwälzpumpen in den Heiz- und Kühlkreisen (elektrodynamische Variante) einsparen. Dies gelingt mit speziell dafür konstruierten Regelventilen, den Wasserstrahlpumpen, kurz Strahlpumpen (siehe Info-Kasten).

Diese tausendfach eingesetzte Technik Strahlpumpe funktioniert zuverlässig und störungsfrei. Ihre Integration in eine Heizungsanlage ist einfach. Anlagen mit mehreren Regelkreisen, zum Beispiel in ❷ mit einem Abgang für mehrere Lüftungsanlagen (RLT) und zwei Heizkreisen, lassen sich so besonders wirtschaftlich errichten und betreiben.

Entsprechend der Anzahl der Regelkreise für Heizung und Lüftung entfallen bei der hydrodynamischen Strahlpumpen-Variante jeweils die Umwälzpumpen mit Zubehör inklusive der Rückschlagklappen und eventueller Differenzdruckregler. Das Regelventil ist hierbei die Strahlpumpe ❸. Auch die gegenseitige Beeinflussung von mehreren Umwälzpumpen, wie es in der elektrodynamischen Variante gegeben



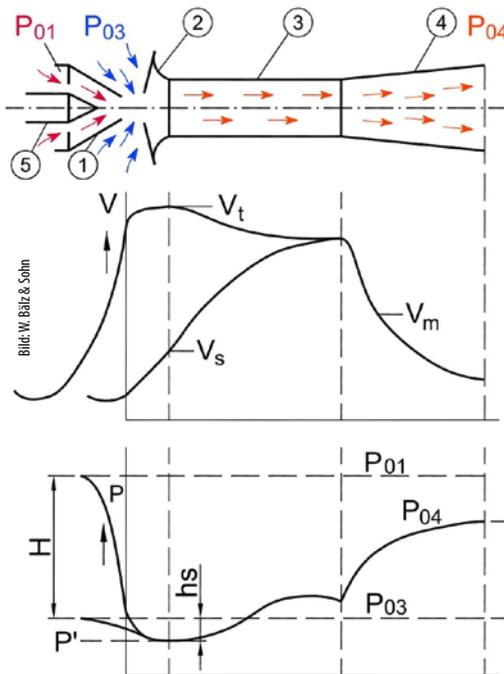
Fachberichte mit ähnlichen Themen bündelt das TGAdossier

➔ **Hydraulischer Abgleich** **WEBCODE 849**



Dipl.-Ing. Marc Gebauer MBM ist in Regionalleiter Vertrieb Ost im Technischen Büro Berlin von W. Bälz & Sohn, 74076 Heilbronn, berlin@baelz.de, www.baelz.de und <https://125.baelz.de>

Funktion und Aufbau einer Wasserstrahlpumpe



- ② Legende:
- ① Treibdüse,
 - ② Fangdüse,
 - ③ Mischrohr,
 - ④ Diffusor,
 - ⑤ Kegel;
- V, V_t, V_s, V_m:
Geschwindigkeiten (Treib-, Saug-, Mischstrom);
- P: Druck;
H: Differenzdruck am Eingang der Strahlpumpe = P₀₁ – P₀₃;
h: Differenzdruck am Ausgang der Strahlpumpe = P₀₄ – P₀₃;

- P01: Druck im Primärnetz;
P03: Anlagenrücklaufdruck;
P04: Anlagenvorlaufdruck;
P': Druck hinter der Düse;
hs: Differenzdruck zwischen P03 und P'.

② zeigt schematisch den Aufbau einer regelbaren Strahlpumpe. Der Treibstrom mit Ruhedruck P₀₁ wird in der konvergenten Treibdüse ① beschleunigt und erreicht beim Eintritt in das Mischrohr ③, also am Ende der Fangdüse ②, seine größte Geschwindigkeit V_t. Der Treibstrom reißt infolge seiner hohen Geschwindigkeit den Saugstrom über den Mechanismus der turbulenten Schubspannungen mit.

Der Saugstrom mit Ruhedruck P₀₃ wird in der Fangdüse beschleunigt und erreicht beim Eintritt in das Mischrohr die Geschwindigkeit V_s. Beide Ströme vermischen sich im Mischrohr unter Austausch von Impuls, kinetischer Energie und thermischer Energie. Der gemischte Strom hat am Ende des Mischrohres eine Geschwindigkeit V_m, die kleiner als V_t und größer als V_s ist. Die Geschwindigkeit des Gemisches fällt im Diffusor ④ auf einen praxisgerechten Wert ab.

Die Drücke fallen in der Treibdüse und in der Fangdüse näherungsweise entsprechend der Bernoulli-Gleichung ab und erreichen beim Eintritt in das Mischrohr den tiefsten Wert, den gemeinsamen Druck P'. Der Druck steigt im Mischrohr infolge des oben genannten Impulsaustausches an und in der Erweiterung steigt er wegen der abfallenden Geschwindigkeit.

ist, kann nicht auftreten, denn es ist nur eine Hauptpumpe notwendig [2].

Teillastregelung der Heizkreise

Wichtig ist bei Heiz- und Kühlkreisen die quasi kontinuierlich erforderliche Teillastregelung.

Die Wärmeleistung Q kann über die variablen Größen Massenstrom m und Temperaturdifferenz ΔT geregelt werden. Dieses Verhältnis gilt es zu optimieren, eine große Temperaturdifferenz mit geringerer Rücklauftemperatur ist oft von Nutzen.

Elektrodynamisch
konventioneller Aufbau

- 1 Temperaturregelung
- 2 MengenvARIABLE Umwälzung
- 3 Differenzdruckregelung
- 4 Verhinderung von Fehlzirkulation

Hydrodynamisch
Lösung mit Strahlpumpen

- 1
- 2
- 3
- 4

Baelz Strahlpumpen
vereinen die Funktionen von 4 Einzelkomponenten

③ Armaturen-Vergleich: Hydrodynamik mit Strahlpumpe und Elektro-dynamik mit Umwälzpumpe.

Elektrodynamische Regelung

Der Heizkreis ist durch die Anlagenkennlinie „grün“ in ⑤ charakterisiert. Der Auslegungspunkt 1* (Volllast) wird bekanntlich nur an wenigen Zeitpunkten eines Jahres benötigt. In der meisten Zeit der Nutzung wird sich ein Teillastbetrieb einstellen, zum Beispiel der Arbeitspunkt 2*.

Im Falle einer Temperatur-Regelung durch Rücklaufbeimischung mit Regelventil und drehzahl geregelter Umwälzpumpe mit konstantem Differenzdruck „h“ ergibt sich im Arbeitspunkt 2* ein erheblicher Differenzdrucküberschuss (blauer Pfeil). Das ist der Grund für den häufigen Einsatz von Differenzdruckreglern in herkömmlichen Anlagen auch mit drehzahl geregelten Umwälzpumpen.

Die Temperaturregelung wird ausschließlich über das Regelventil und die Wassermenge über die Umwälzpumpe geregelt, also zwei voneinander unabhängige Regelungen, was für die Wärmeversorgung ungünstig ist. Eine proportionale Druckregelung der drehzahl geregelten Umwälzpumpe würde sich der realen Kennlinie etwas annähern, ohne diese zu erreichen.

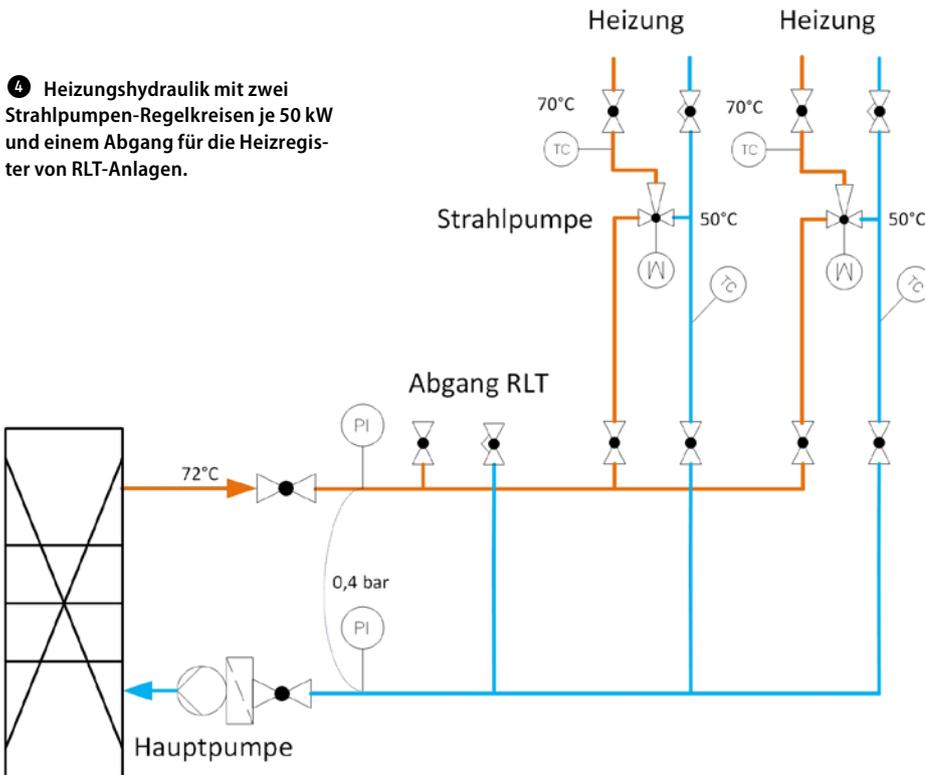
Hydrodynamische Regelung

Im Gegensatz zu einer Heizung mit Umwälzpumpen arbeitet die temperaturgeführte Strahlpumpenregelung auf der Anlagenkennlinie „grün“, damit sind keine zusätzlichen Differenzdruckregler in den Heizsträngen notwendig. Auch teure Thermostatventile mit zusätzlicher Druckreduzierung sind nicht von Vorteil. Der Anlagenaufbau ist hydraulisch einfach und der korrekte Betrieb ist in allen Lastbereichen gewährleistet. Die Anlage ist nur einmal unter Volllastbedingungen abzugleichen. Und

es treten garantiert keine Geräusche an Thermostatventilen auf.

Die Anpassung der Wassermenge im Teillastbetrieb erfolgt über die Regelung der Strahlpumpe, also über die Hubverstellung und damit die Veränderung des Treibstroms. Sollte die theoretisch ermittelte Anlagenkennlinie in der Praxis nicht optimal sein, ist der Bereich bis zur gestrichelten schwarzen Kurve in 5 verfügbar. Dieser Arbeitsbereich der Strahlpumpe kann durch eine Hubvergrößerung erschlossen werden.

4 Heizungshydraulik mit zwei Strahlpumpen-Regelkreisen je 50 kW und einem Abgang für die Heizregister von RLT-Anlagen.



Die Berechnung der Strahlpumpe kann in wenigen Schritten mit dem Auslegungstool Selektor (Download auf www.baelz.de) erfolgen. Die Eingabe der Temperaturen aus 4 (72 °C, 70/50 °C), der Leistung ($Q = 50 \text{ kW}$) und des Anlagenwiderstands ($h = 0,21 \text{ bar} = 21 \text{ kPa}$) ergibt die Auslegung gemäß 6:

Die roten Kennlinien in 5 stellen den Treibstrom der Strahlpumpe bei Volllast mit 100 % Ventilhub (Arbeitspunkt 1*) und bei Teillast ca. 50 % Hub (Arbeitspunkt 2*) dar. In dem konkreten Beispiel beträgt im Arbeitspunkt 1* der Treibstrom 1,95 t/h und der Durchfluss über den Verbraucher 2,15 t/h. Im Arbeitspunkt 2* beträgt der Treibstrom 0,98 t/h und über den Verbraucher fließen ca. 1,55 t/h. Der notwendige Netzdifferenzdruck in diesem Beispiel von 0,4 bar wird von einer zentralen Umwälzpumpe erzeugt 4.

Einmal eingestellt hydraulisch stabil

Ein bei Volllast einmal eingestelltes System hat ein stabiles hydraulisch abgeglichenes Verhalten in allen Lastbereichen. Allein die eingestellte Sollwertkurve im Regler garantiert in jedem Lastpunkt die notwendige Wassermenge gemäß der Anlagenkennlinie „grün“.

Durch die Reduzierung der Wassermenge im Teillastbetrieb erhöht sich die Temperaturspreizung. Das bedeutet auch für die Hauptpumpe eine Verringerung der im Gesamtsystem umzuwälzenden Wassermenge und damit eine Reduzierung der Energiekosten. Und die Absenkung der Rücklauftemperatur im Teillastbetrieb der Anlage verbessert die Effizienz der Energieerzeugeranlage.

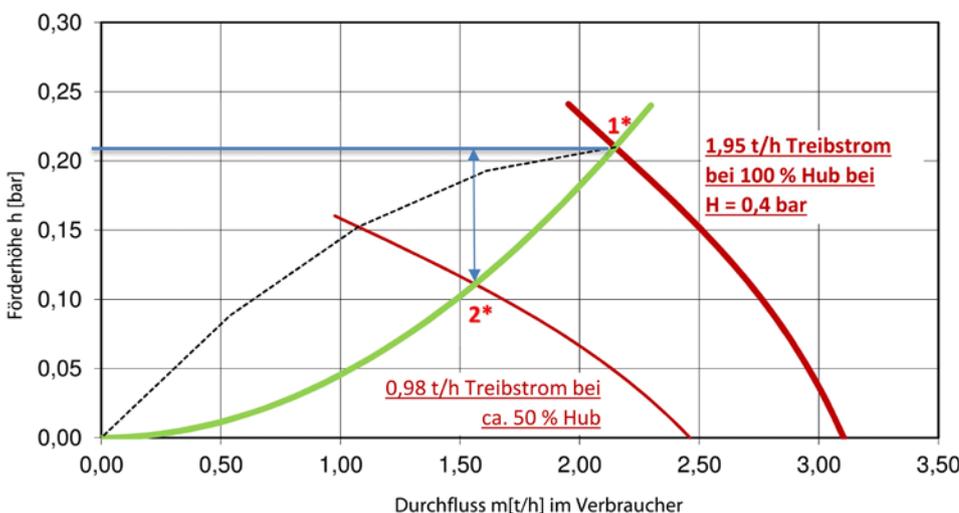
Mit den Einsparungen durch den Wegfall der Umwälzpumpen je Regelkreis ergibt diese technische Variante mit geregelten Wasserstrahlpumpen ein kostengünstiges und nachhaltiges Gesamtsystem. Die geregelte Strahlpumpe ist komplett mit Regler verfügbar 1, damit sind nur die Temperaturfühler und die Einspeisung und eventuell ein Bus-Kabel anzuklemmen. Der Verdrahtungsaufwand wird minimiert.

Bekanntes Problem, aber bereits gelöst

Auch die Pumpenindustrie arbeitet aktuell an der Möglichkeit, die Umwälzpumpen-Regelung besser an die Anlagenkennlinie anzunähern. Dazu gibt es einen interessanten Aufsatz [3], in dem drei Varianten der Regelung von Umwälzpumpen beschrieben werden:

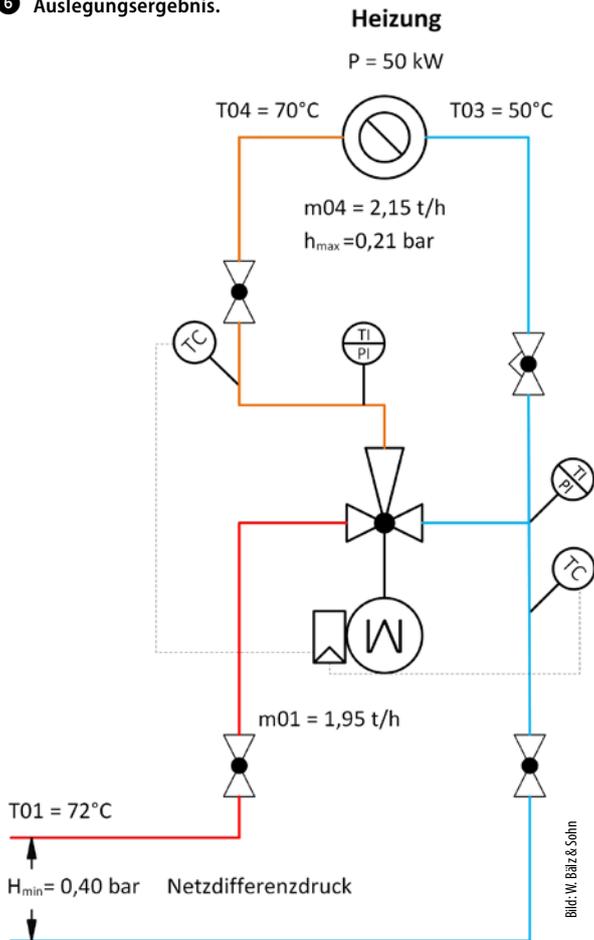
- Konstantdruck-Regelung, blaue Linie in 5
- Proportionaldruck-Regelung
- Eco-Mode (neueste Variante)

Bei der Eco-Mode Variante versucht die Regelung der Umwälzpumpe möglichst dicht an der „grünen“ Anlagenkennlinie zu arbeiten. Liegt die eingestellte Regelkurve unterhalb der Kennlinie, wird zu wenig Wassermenge umgewälzt



5 Kennlinien.

6 Auslegungsergebnis.



und die Heizleistung ist unzureichend. Liegt die eingestellte Regelkurve oberhalb der Kennlinie, fördert die Pumpe mehr Menge als notwendig und verbraucht unnötig Energie.

Das bisher in den Anlagen bestehende Problem, die Wassermenge exakt an den Leistungsbedarf anzupassen, ist das Ziel der Variante Eco-Mode. Mit der Strahlpumpenregelung wurde es bereits vor rund 50 Jahren gelöst:

Die Regelung der Wärmeleistung „Q“ eines Heizkreises mit einer Strahlpumpe allein über die Vorlauftemperatur ermöglicht die optimale Anpassung der Wassermenge an den Bedarf. Wenn bei Vollast das Heizungssystem abgeglichen wurde, arbeitet die Anlage im Teillastbetrieb genau auf der Anlagenkennlinie „grün“. Es sind deshalb keine Armaturen notwendig, die den Differenzdruck regeln. So wird das Gesamtsystem stabiler, günstiger und nachhaltiger.

Literatur

[1] VDMA-Einheitsblatt 24199 Regelungstechnische Anforderungen an die Hydraulik bei Planung und Ausführung von Heizungs-, Kälte-, Trinkwarmwasser- und Raumlufttechnischen Anlagen. Berlin: Beuth Verlag, Mai 2005

[2] Gebauer, Marc: Ein Garant für Nachhaltigkeit: Das „Ein-Pumpensystem“ in der Gebäudetechnik. Berlin: Huss-Medien, Moderne Gebäudetechnik, Sonderausgabe 2015

[3] Eckl, Martin: Regelkurve dicht am möglichen Minimum. Stuttgart: Gentner Verlag, TGA 04-2020

WEBCODE **950034**

[4] Bälz-FAQs zur Strahlpumpe: → www.bit.ly/tga1374