

Wegfall der Differenzdruckregler

Vereinfachung des hydraulischen Abgleichs

In vielen Heizungsanlagen könnte die Zahl der Armaturen reduziert und dadurch Energie eingespart werden. Der Verfasser erläutert anhand eines Beispiels die Nachteile von Anlagen, die mit Differenzdruckreglern und Umwälzpumpen betrieben werden, und stellt die Vorteile der Regelung mit Strahlpumpen dar.

Der hydraulische Abgleich kann heute ohne Strangdifferenzdruckregler vorgenommen werden, nur der Auslegungsvolumenstrom wird am Strangventil des Heizstrangs eingestellt. Das Teillastverhalten wird exakt über eine Wärmeleistungsregelung gewährleistet. Damit vereinfacht sich der hydraulische Abgleich, und die Gesamteffizienz der Anlage ist besser als mit den oft eingesetzten Strangdifferenzdruckreglern.

Ein Heizungssystem ist in drei allgemeine Hauptteile zu untergliedern:

- die Energieerzeugung,
- die Energieverteilung,
- die Energieverbraucher.

Zu der Energieerzeugung bzw. der Energiebereitstellung gehören Wärmeübertragerstationen, Kesselanlagen, Wärmepumpen, Solarthermie, Blockheizkraftwerke usw. Hier ist der aktuelle Markt durch eine große Vielfalt gekennzeichnet.

Die Energieverteilung enthält die Rohrleitungen, die Umwälzpumpen und Armaturen zum Abgleich der Stränge. Die Energieverteilung

ist hinsichtlich der angebotenen Varianten nicht so vielfältig.

Bei den Verbraucheranlagen gibt es immer mehr Varianten. Von den statischen Heizflächen mit Radiatoren über Bauteilaktivierungen, Fußbodenheizungen, Deckenstrahlplatten, Lüftungsanlagen usw. sind diverse Möglichkeiten zur Beheizung und auch Kühlung von Räumen gegeben. Teilweise wurden bis in die 1970er Jahre Heizungen nach dem Schwerkraftprinzip gebaut. Bei der in *Bild 1* dargestellten Schwerkraftheizung besteht das Verteilungssystem nur aus Rohrleitungen und Absperrarmaturen.

Heute sind in Verteilungssystemen diverse zusätzliche Armaturen

zur Temperaturregelung von Heizkreisen, z. B. Regelventile, Drosselventile und Armaturen zum Umwälzen des Heizungswassers wie Umwälzpumpen, Rückschlagklappen und Differenzdruckregler, installiert. Alle diese Armaturen verursachen Installations- und Betriebskosten. Weiterhin wird häufig durch zusätzliche Steuerungen die Bedienung kompliziert gestaltet. Eine Anlagentechnik mit Strahlpumpen hingegen ermöglicht beachtliche Einsparungen an Armaturen und an elektrischer Energie.

Je gewissenhafter eine Investition geplant wird, desto größer kann die Nachhaltigkeit der entsprechenden Maßnahme werden. Die Möglichkeiten, auf die Kosten einer Maßnahme einzuwirken, sind zu Beginn der Maßnahme am größten. In hohem Maß werden kostenwirksame Entscheidungen bereits bei der Definition der Aufgabenstellung und in der ersten Konzeptphase getroffen. Bereits hier sollte der im Folgenden dargestellte Zusammenhang berücksichtigt werden. Es wird die Möglichkeit, deutlich Energie einzusparen und die Zahl der notwendigen Armaturen beachtlich zu reduzieren, am folgenden Beispiel erläutert.

An ein Nahwärmenetz werden mehrere Gebäude mit einer Zweirohrheizungsanlage und einer Warmwasserbereitung angeschlossen. Der Wärmebedarf des untersuchten Gebäudes beträgt rd. 250 kW bei einer Temperaturdifferenz von 20 K. Nahwärmenetze sind



Dipl.-Ing. Marc Gebauer, Berater für Mess-, Regel- und Wärmetechnik, W. Bälz & Sohn GmbH & Co., Heilbronn

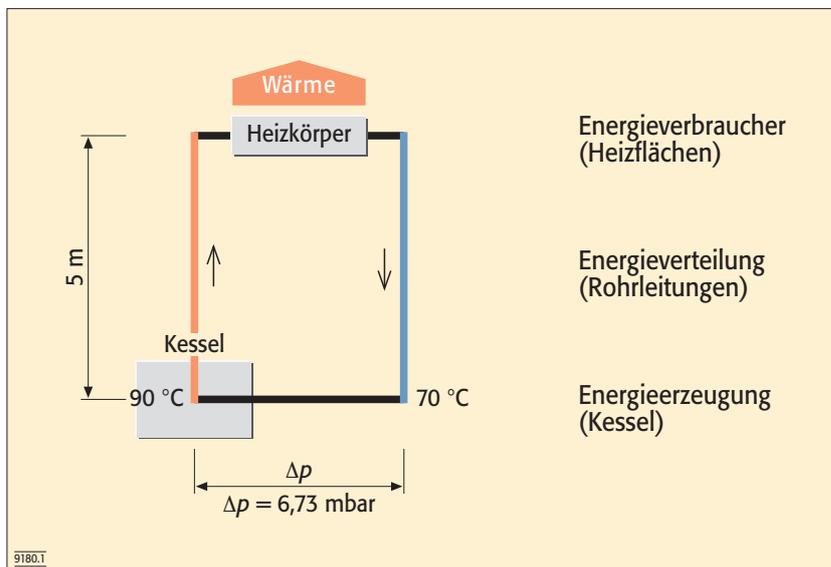


Bild 1. Heizungsanlage nach dem Schwerkraftprinzip

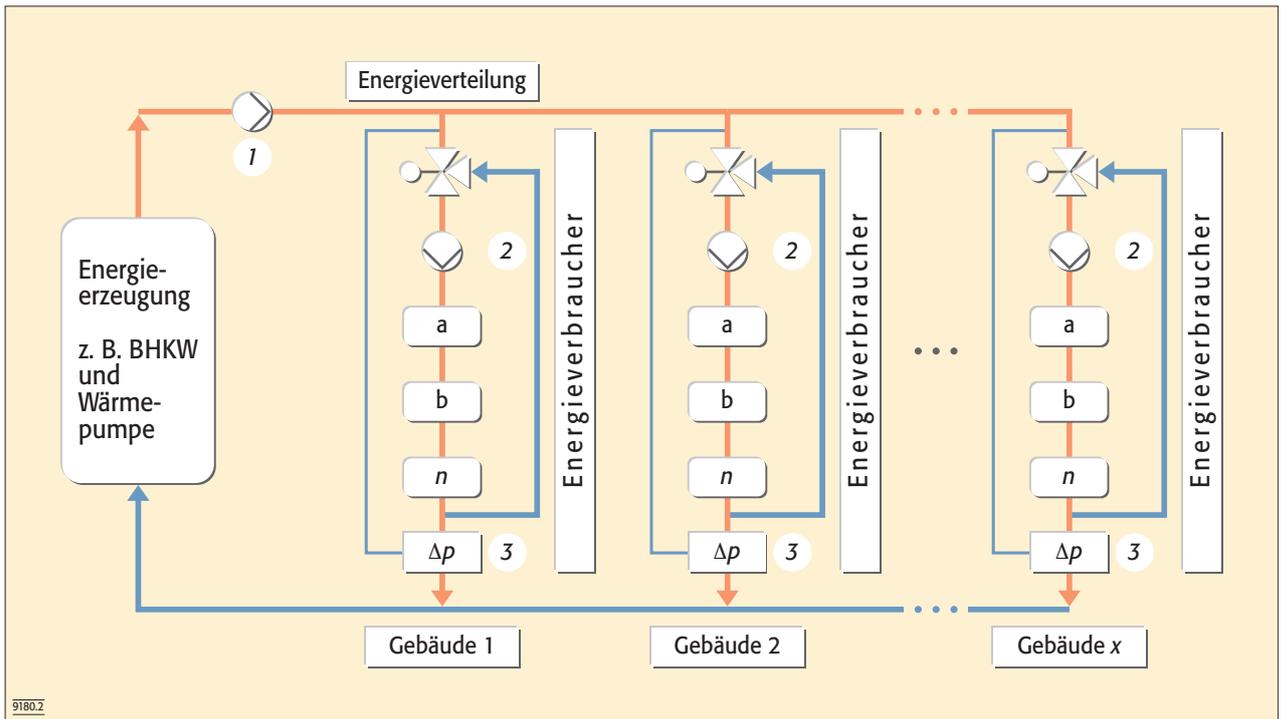


Bild 2. Gesamtanlage mit unwirtschaftlichem Aufbau

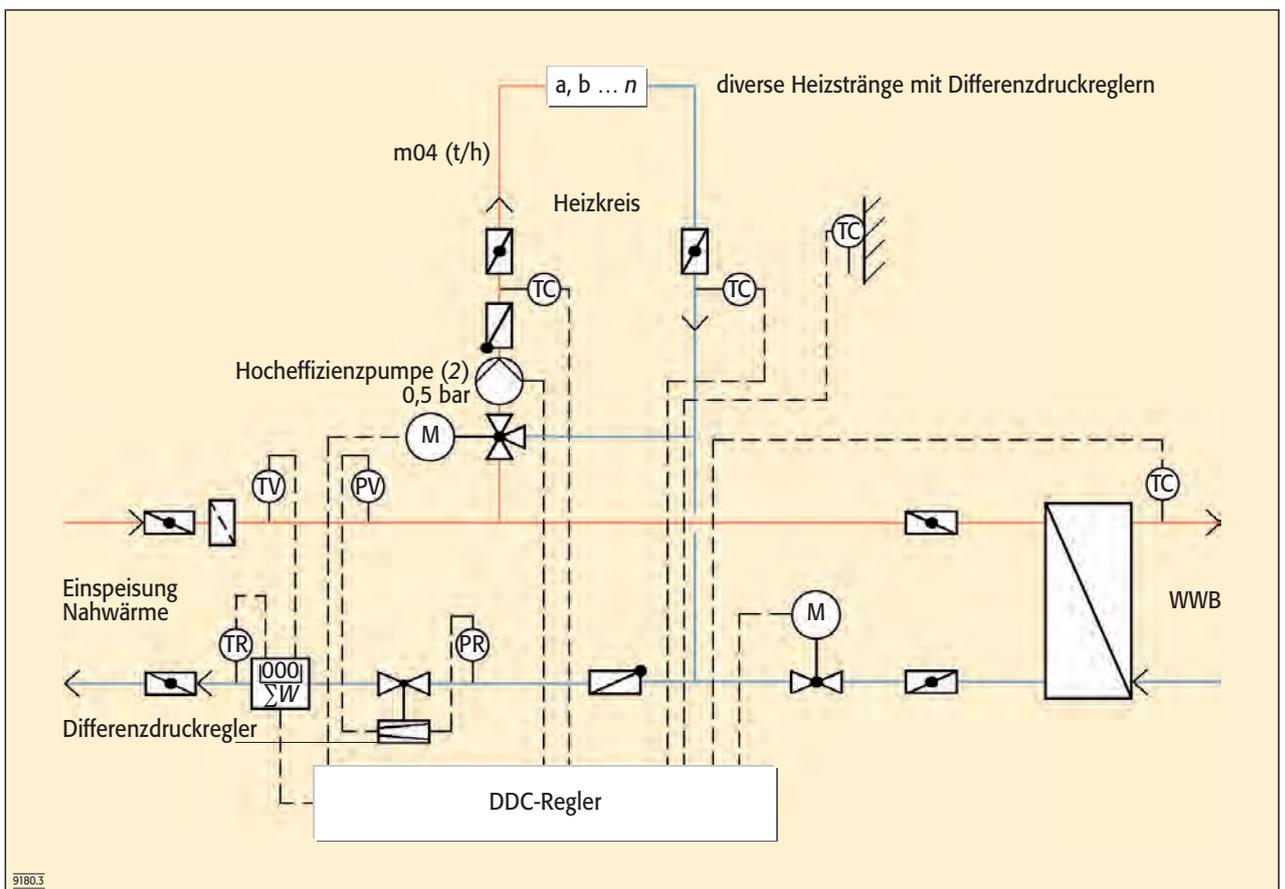


Bild 3. Gebäudeanlage mit unwirtschaftlichem Aufbau

häufig so aufgebaut wie in *Bild 2* dargestellt (Darstellung ohne Warmwasserbereitung).

Energieverschwendung durch Differenzdruckregler und Umwälzpumpen

Eine drehzahlregelte Hauptpumpe (1) erzeugt den für das gesamte Verteilungssystem notwendigen Differenzdruck entsprechend dem ausgelegten Volumenstrom. In den Hausstationen der einzelnen Gebäude werden zur Regelung der Vorlaufbeimischung weitere elektrische drehzahlregelte Hocheffizienzpumpen (2) eingesetzt. Diese Reihenschaltung von Hauptpumpe und den Umwälzpumpen in den Gebäuden sowie die Parallelschaltung der Gebäudeanlagen werden oft mit Differenzdruckreglern (3) in den Hausanschlussstationen abgeglichen. Damit wird kompensiert, dass die Umwälzpumpen sich untereinander beeinflussen, und ein konstanter Differenzdruck für die Regelgüte der Regelventile gewährleistet (*Bild 3*).

Fazit 1: Die Reihen- und Parallelschaltung von Umwälzpumpen kann den Einsatz von Differenzdruckreglern oder hydraulischen Weichen zum Entkoppeln der Umwälzpumpen notwendig machen. Mit Differenzdruckreglern wird Druckenergie vernichtet, und mit den Umwälzpumpen in den Gebäu-

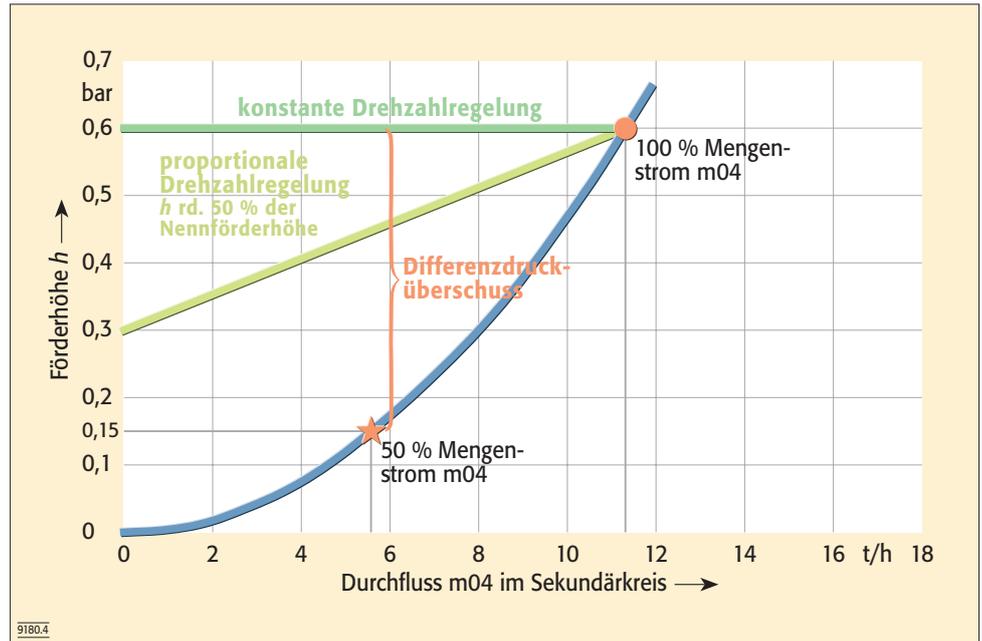


Bild 4. Rohrnetz- und Pumpenkennlinien (blau) und Strahlpumpenkennlinien (grün)

den wird wieder Druckenergie erzeugt. Das ist Energieverschwendung.

Strangdifferenzdruckregler kompensieren geringeren Druckabfall im Teillastbetrieb

Die Umwälzpumpe (2) in dem Heizkreis wird nach dem gemäß der Heizlast berechneten maximalen Volumenstrom dimensioniert. Die Förderhöhe der Umwälzpumpe soll entsprechend der Rohrnetz-

berechnung an den Thermostatventilen der Heizflächen einen Differenzdruck von max. 0,1 bar in den Strängen a, b bis n liefern. Zu diesem Druckverlust kommt der Druckverlust der Rohrleitungen in den Strängen (0,3 bar), der Strangarmaturen (0,05 bar) und des Regelventils zur Rücklaufbeimischung (0,15 bar) hinzu. In dem untersuchten Gebäude wird eine Förderhöhe von 0,6 bar berechnet. In *Bild 4* sind die Rohrnetz- und die Pumpenkennlinien dargestellt.

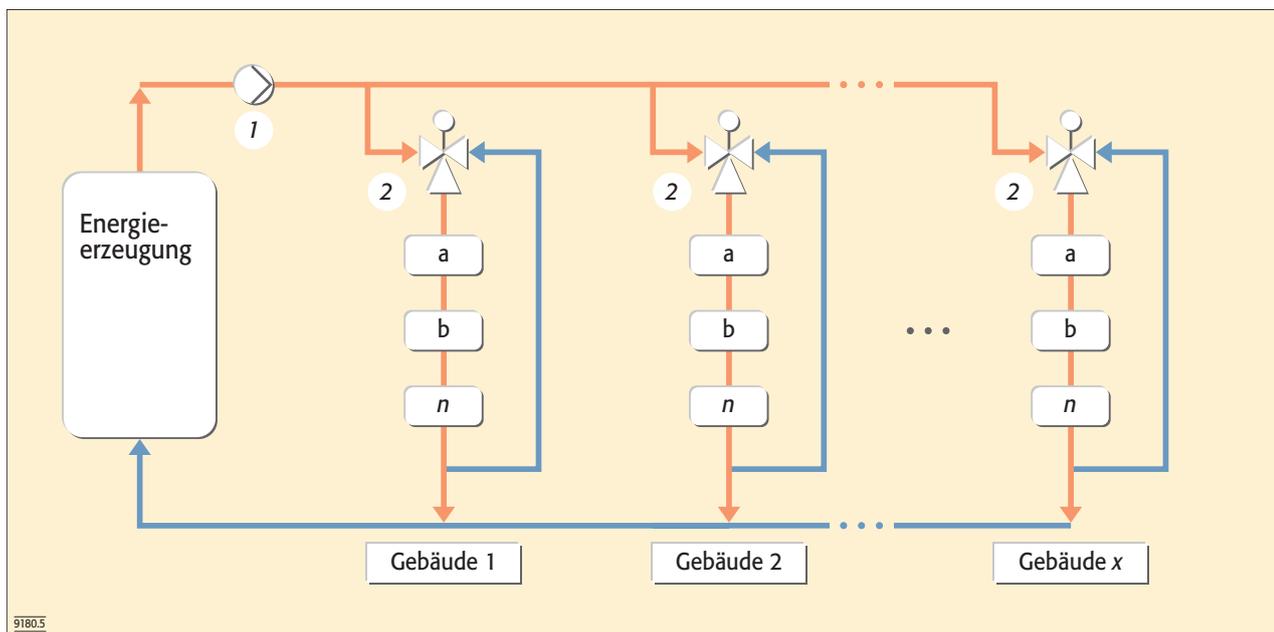


Bild 5. Regelung mit Strahlpumpen

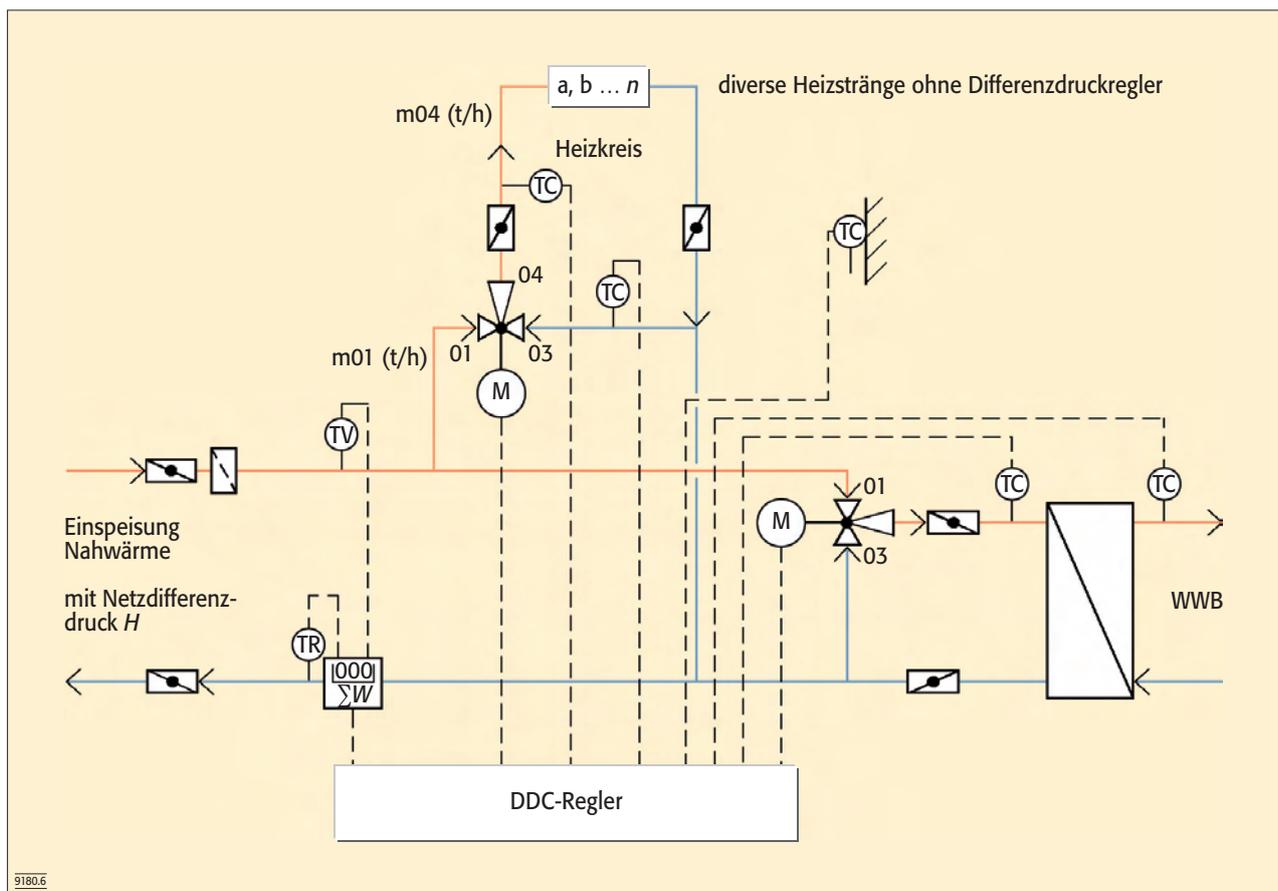


Bild 6. Gebäudeanlage mit nachhaltigem Aufbau

Im Teillastbetrieb besteht die Notwendigkeit, den verringerten Druckabfall in den Rohrleitungen und Armaturen zu berücksichtigen. Bei z. B. 50 % Mengenstrom in einer Heizungsanlage im Teillastbetrieb, verursacht durch schließende Thermostatventile aufgrund von Sonneneinstrahlung oder innere Wärmequellen, verringert sich der Druckabfall auf 25 % des Auslegungsfalls entsprechend Bild 4. Der für die Teillastwassermenge notwendige Druckabfall im statischen Teil des Rohrnetzes beträgt rd. 0,15 bar. Bei Einsatz einer drehzahlregulierten Hocheffizienzpumpe mit eingestellter Konstantdifferenzdruck-Regelung werden in jedem Betriebspunkt 0,6 bar erzeugt. Der Überschuss an Differenzdruck gegenüber der Rohrnetzkenlinie beträgt 0,45 bar. Bei der proportionalen Drehzahlregelung der Hocheffizienzpumpe beträgt der Überschuss an Differenzdruck noch rd. 0,3 bar. Dieser zu hohe Differenzdruck muss reduziert werden, sonst entstehen Strömungsgeräusche an den Thermostatventilen. Die Aufgabe übernehmen in diesem unwirtschaftlichen aber weit ver-

breiteten Anlagenbau zusätzlich zu installierende Strangdifferenzdruckregler.

Fazit 2: Der verringerte Druckabfall in dem Rohrnetz einer Heizungsanlage im Teillastbetrieb ist die Ursache für den Einsatz von Strangdifferenzdruckreglern oder anders formuliert: Die von der Rohrnetzkenlinie abweichende Förderhöhe der drehzahlregulierten Hocheffizienzpumpe wird durch Strangdifferenzdruckregler kompensiert. Damit vernichten Strangdifferenzdruckregler die durch eine Hocheffizienzpumpe erzeugte Druckenergie im Teillastbetrieb.

Fehlende Korrespondenz zwischen Vorlauftemperatur- und Mengenregelung

Die Temperaturregelung über das Beimischregelventil und die Drehzahlregelung der Hocheffizienzpumpe korrespondieren bei diesem Anlagenbau nicht miteinander. Die Vorlauftemperatur der Heizung wird von der Außentemperatur beeinflusst. Steigt die Vorlauftemperatur aufgrund der Beimischung von

Rücklaufwasser, das nur wenig ausgekühlt ist, weil wegen hoher Außentemperaturen die Energieabgabe geringer ist, wird der Anteil an Vorlaufwasser aus dem Primärteil über die Hubverstellung des Regelventils verringert. Die umgewälzte Gesamtwassermenge ändert sich aber nicht gleichzeitig und das, obwohl weniger Wärme benötigt wird. Die Umwälzpumpe wird über die interne Drehzahlregelung gefahren und reagiert nur, wenn sich der Differenzdruck der Anlage ändert. Die Temperaturregelung läuft unabhängig von der Mengenregelung der Umwälzpumpe. Hier stellt sich die Frage, was durch den Heizkreis gewährleistet werden soll. Geht es um eine Regelung der Vorlauftemperatur oder eine Regelung der in den Heizkreis zu transportierenden Wärme zum Erreichen einer gewünschten Raumtemperatur? Es gilt:

$$Q \text{ [kW]} = V \text{ [m}^3\text{/h]} \cdot c_w \text{ [1,16]} \cdot dT \text{ [}^\circ\text{C]}.$$

Bei der konventionellen Technik mit Umwälzpumpen und Beimischregelventil werden die Um-

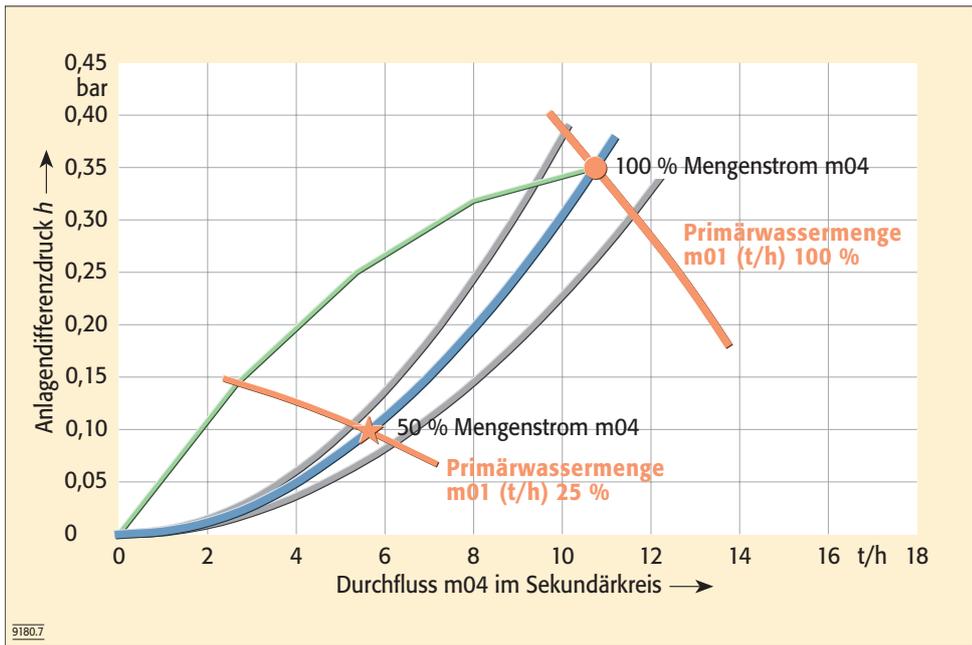


Bild 7. Rohrnetzcharakteristik bei Nutzung einer geregelten Strahlpumpe

wälzmengemenge V [m³/h] und die Vorlauftemperatur dT [°C] jeweils als einzelner Regelkreis installiert. Konkret wird das bei der Nachtabsenkung einer Heizungsanlage deutlich. Die Wärmeleistung soll nachts gedrosselt werden. Die Vorlauftemperatur wird gesenkt. Die Thermostatventile an den Heizkörpern öffnen, da die eingestellte Raumtemperatur nicht mehr erreicht wird. Die Hauptpumpe fährt die Drehzahl hoch und fördert 100 % Wassermenge. Dieses Problem ist teilweise bekannt und wird über zusätzliche Steuerfunktionen gemindert. Entweder wird über gesteuerte Antriebe an den Thermostatventilen eine Art Einzelraumregelung installiert und über den steigenden Differenzdruck im Netz die Pumpendrehzahl reduziert, oder es wird die Pumpe mit einem zusätzlichen Signal gesteuert.

Fazit 3: Die fehlende Korrespondenz zwischen Vorlauftemperatur- und Mengenregelung wird mit zusätzlicher Steuerungstechnik kompensiert.

Wirtschaftlicher Anlagenaufbau

Das Konzipieren einer Heizungsanlage sollte mit dem Ziel eines einfachen Anlagenaufbaus ähnlich einer Schwerkraftheizung gemäß Bild 1 und den heutigen Bedingungen an Temperaturen und Rohrnetz für eine nachhaltige Technik verknüpft sein. Die in den Schlussfolgerungen (Fazit 1, 2 und 3) festgehaltenen Erkenntnisse über die Unwirtschaftlichkeit dienen dazu,

etwas über die Technik nachzudenken und diese zu verändern, um ein wirtschaftliches Gesamtsystem aufzubauen.

Anlage ohne Differenzdruckregler

Bei dem genannten Beispiel genügt der Einsatz einer einzigen Hauptpumpe (1), und anstelle der Regelventile werden geregelte Strahlpumpen (2) – das sind Regelventile mit Injektorwirkung – in den Heizkreisen genutzt (Bild 5). Die Anlage wird von einer »Viel-pumpen«-Anlage zu einer »Einpumpen«-Anlage umgeplant. Der Anlagenaufbau eines wirtschaftlichen Gesamtsystems hat das

Aussehen wie in Bild 5 dargestellt.

Zu Fazit 1: Bei diesem Anlagenaufbau werden keine Differenzdruckregler zum Entkoppeln der Umwälzpumpen untereinander benötigt.

Regelung mit Strahlpumpen

Der Anlagenaufbau einer Regelung mit Strahlpumpen geschieht gemäß Bild 6. Die Strahlpumpenregelung nutzt den Netz-differenz-

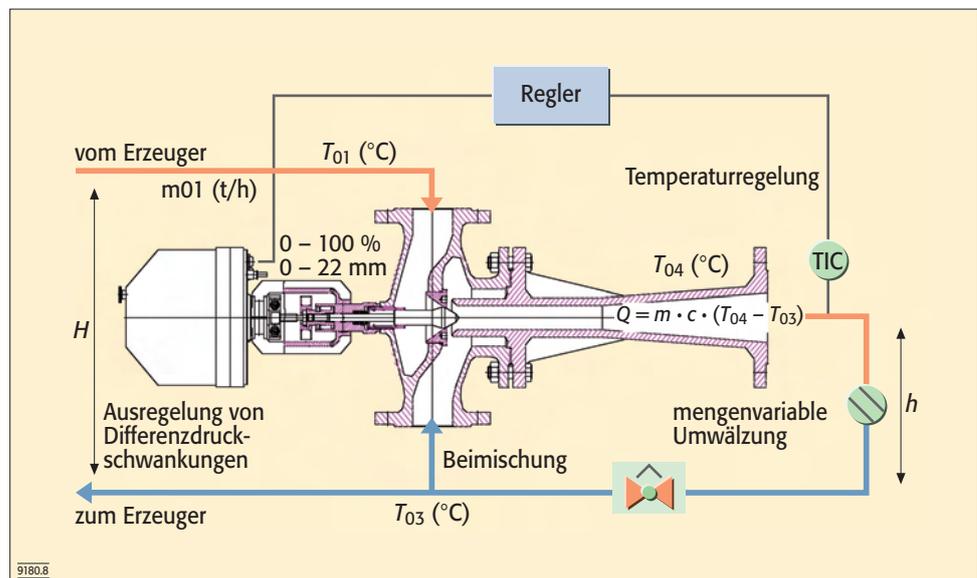


Bild 8. Funktionsbild der Strahlpumpenanlage

druck H zum Umwälzen des Heizungswassers über die Heizkörper. Diese Regelung kompensiert auch Differenzdruckschwankungen im Nahwärmenetz. Die sekundärseitige Wassermenge entspricht dem Bedarf der Wärmeverbraucher in jedem Lastfall. Eine übermäßige Wassermenge und damit zu viel Differenzdruck tritt nicht auf. Damit sind keine Strangdifferenzdruckregler notwendig. Die Strahlpumpenregelung ermöglicht die Umwälzung einer Wassermenge gemäß der Rohrnetzkenlinie in *Bild 7*.

Zu Fazit 2: Der verringerte Druckabfall in dem Rohrnetz einer Heizungsanlage im Teillastbetrieb wird durch die Regelung mit einer Strahlpumpe kompensiert.

Wärmeleistungsregelung

Je nach abgeschalteten Strängen oder geminderter Heizleistung von Heizkörpern über teilweise geschlossene Thermostatventile stellt sich eine veränderte Rohrnetzkenlinie ein. Die beiden grauen Kennlinien entsprechen jeweils $\pm 25\%$ Änderung des Druckabfalls (*Bild 7*). Die roten Kurven stellen die Primärwassermenge m_{01} je Lastfall dar. Dieser Anteil an der Gesamtwassermenge m_{04} liefert die Druckenergie aus dem Netzdifferenzdruck H zum Umwälzen der Wassermenge über den Verbraucher mit dem Druckverlust h . Die Primärwassermenge kann in Analogie zur elektrischen Umwälzpumpe als Drehzahl betrachtet werden. Je weiter die Gesamtwassermenge m_{04} reduziert wird, desto weniger Primärwasser m_{01} (entspricht einer Verringerung der Drehzahl einer Umwälzpumpe) wird genutzt. Die grüne Linie zeigt die Einsatzgrenze der berechneten Strahlpumpe.

Die Strahlpumpe als Regelventil erfüllt mehrere Aufgaben (*Bild 8*). Die Temperatur und die Wassermenge werden lastbezogen variiert.

Jede Verstellung des Ventilhubes der Strahlpumpe beeinflusst die Temperatur dT [°C] und die Umwälzmenge V [m³/h]. Damit kann die zugeführte Wärmeleistung

$$Q \text{ [kW]} = V[\text{m}^3/\text{h}] \cdot c_w [1,16] \cdot dT \text{ [}^\circ\text{C]}$$

mit nur einem Stellglied des Regelkreises geregelt werden. Bei der Nachtabsenkung z. B. wird die niedrigere Vorlauftemperatur durch die Drosselung der Primärwassermenge m_{01} erreicht. Das Mischungsverhältnis von Treibwasser m_{01} und Rücklaufwasser verändert sich kontinuierlich. Der Anteil des Rücklaufwassers steigt von z. B. 10 % im Auslegungsfall bis auf 200 % im Teillastbetrieb. Die Verringerung der Gesamtwassermenge m_{04} über die Heizflächen bewirkt eine gute Auskühlung des Rücklaufwassers. Strahlpumpenanlagen sind bekannt für niedrige Rücklauftemperaturen.

Zu Fazit 3: Die Regelung mit einer Strahlpumpe ist eine Wärmeleistungsregelung.

Einsparungen

Die Energieeinsparung kann durch die einfache Gegenüberstellung der je Variante kalkulierten Pumpen genau ermittelt werden. Durch die Verringerung des Elektroenergiebedarfs in der Nutzungszeit bei der Strahlpumpentechnik ist eine CO₂-Einsparung gewährleistet (siehe auch www.baelz.de/energiesparen.php)

In Berlin ist in rd. 300 Wohngebäuden die Strahlpumpentechnik seit vielen Jahren in Betrieb. In [1] wird anhand der Sanierung eines Krankenhauses ein Wirtschaftlichkeitsvergleich der haustechnischen Anlagen mit Umwälzpumpen vor der Sanierung und mit Strahlpumpen nach der Sanierung dargestellt.

Der hydraulische Abgleich einer Anlage mit Strahlpumpen vereinfacht sich durch den Wegfall von

Differenzdruckreglern und Umwälzpumpen. Die gegenseitige Beeinflussung dieser Armaturen kann nicht mehr auftreten. Die notwendigen Strangregulierventile werden auf den Auslegungspunkt eingestellt, und die Wassermenge für den Teillastbetrieb gewährleistet die Strahlpumpenregelung. Der Anlagenaufbau ähnelt dem einer Schwerkraftheizung durch den Wegfall von Umwälzpumpen und Differenzdruckregler. Die Nachhaltigkeit ist damit weitaus besser als bei der aufwendigen Technik nach *Bild 2* bzw. *Bild 3*.

Schlussfolgerung

Die gründliche Abwägung von unterschiedlichen Varianten zum richtigen Zeitpunkt ermöglicht:

- die Verringerung der Armaturentechnik (Investition),
- die Senkung des Elektroenergiebedarfs (Betriebskosten),
- die Vereinfachung des hydraulischen Abgleichs (Inbetriebnahmekosten),
- keine Strömungsgeräusche (Nutzerzufriedenheit),
- die Auskühlung des Rücklaufs (Einsatz von regenerativen Energien) und
- die Erhöhung der Nachhaltigkeit (Green Building).

Literatur

- [1] *Kilpper, R. und Bälz, U.*: Heizungssanierung mit regelbaren Strahlpumpen. In: *Moderne Gebäudetechnik* (2010) 7-8. ■

baelz.b@baelz.de

www.baelz.de



W. Bälz & Sohn GmbH & Co.

Koepffstraße 5, 74076 Heilbronn

Telefon 07131 / 15 00-0 Fax 07131 / 15 00 21

www.baelz.de