

Entwicklungstendenzen in der Regelungstechnik von Heizanlagen

Aktuelle Fragen auf Basis der Heizungsanlagen- und der Wärmeschutzverordnung sowie der Produktangebote auf der ISH '95.

Teil 2: Hydraulik und Pumpe

Alte beteiligten Partner in der Technischen Gebäudeausrüstung, speziell auch der Heiztechnik (Planer, ausführendes Handwerk, Hersteller) sind aufgefordert, bestehende und neue Techniken in Richtung auf maximale Ausnutzung alter Potentiale zur Energieeinsparung, zur Emissionsminderung und zur vereinfachten Bedienung durch den Endkunden zu entwickeln. Leider ist es häufig so, dass sehr komplexe und schwer zu überschauende Anlagen mit integrierten Regelungen geplant und eingebaut werden, die nach den Werbeaussagen der Komponentenhersteller optimale Energieeinsparung bei geringsten Emissionen versprechen, in der Praxis diese Ergebnisse jedoch nicht erbringen. Wichtige Zusammenhänge zwischen den Funktionsanforderungen der Komponenten Wärmeerzeuger, Pumpe, Heizkörper und Thermostatventil werden dabei leider nicht gesehen. Es ist wichtig, dass alte Komponenten einer Heizungsanlage richtig aufeinander abgestimmt sind, um einen optimalen Betrieb zu ermöglichen.

Einführung

Ein großes Augenmerk ist zukünftig der Hydraulik von Heizungsanlagen und der Auswahl von Pumpen zu widmen. Heizungspumpen zählen aufgrund ihrer hohen jährlichen Betriebsstunden und ihres daraus resultierenden Stromverbrauches zu den "Großverbrauchern" in Gebäuden. Im Schnitt beträgt der Anteil der elektrischen Pumpenergie am Elektroenergieverbrauch von Gebäuden ca. 5 bis 10 %. In Einfamilienhäusern und in Wohnungen mit Wandheizgeräten und integrierten Pumpen (elektrische Leistungsaufnahme zwischen 80 bis 250 W!) kann dieser Anteil bis zu 40 % betragen.

Der elektrische Energieverbrauch von Heizungspumpen kann durch Einsatz selbsttätig wirkender Pumpenleistungsregelung reduziert werden. Der in den letzten Jahrzehnten erfolgte flächendeckende Einsatz von Thermostatventilen hat die Druck- und Strömungsverhältnisse in Heizrohrnetzen entscheidend beeinflusst. Durch den Einsatz drehzahl geregelter Pumpen kann eine Stabilisierung der hydraulischen Verhältnisse, eine Verringerung der Zirkulationsverluste und eine Geräuschreduzierung durch geringe Differenzdrücke an Thermostatventilen erreicht werden.

*) Dipl.-Ing. (FH) Heike Stock ist Mitarbeiterin, Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, geschäftsführender Leiter des Instituts für Heizungs- und Klimatechnik im Fachbereich Versorgungstechnik der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel.

1. Grundvoraussetzung: Korrekte Hydraulik

Für den Aufbau hydraulischer Rohrnetze ist die Kenntnis der Abhängigkeiten zwischen Volumenstrom und Druckdifferenz Voraussetzung für einen wirtschaftlichen und technisch optimierten Betrieb. Von großer Bedeutung ist weiterhin die Kenntnis des Zusammenhangs zwischen Wärmeabgabe von Heizflächen und Volumenstrom sowie die Kenntnis der Leistungsaufnahme von Pumpen in Abhängigkeit von Volumenstrom und Druckdifferenz. Abb. 1 zeigt das Auslegungsdiagramm für Heizkörper, aus dem ersichtlich ist, dass bei einer Reduzierung des Volumenstroms um 50 % die Wärmeabgabe eines auf 90/70/20 °C ausgelegten Heizkörpers nur um 17,5 % sinkt.

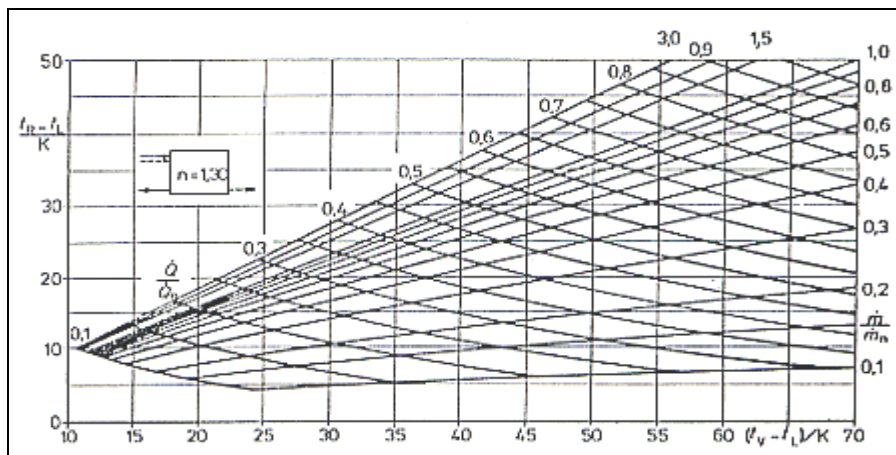


Abb. 1 Auslegungsdiagramm für Heizkörper.

Vom Auslegungspunkt 90/70/20 °C ($t_v - t_L = 70$ K, $t_R - t_L = 50$ K, $\dot{Q}/\dot{Q}_n = 1$, $\dot{m}/\dot{m}_n = 1$) führt eine Reduzierung des Massenstroms ($\dot{m}/\dot{m}_n = 0,5$) bei konstanter Vorlauftemperatur ($t_v - t_L$) zu einem Wärmestromverhältnis von $\dot{Q}/\dot{Q}_n = 0,825$!

Da bei nur halb so großem Förderstrom der Druckverlust auf ein Viertel zurückgeht, sinkt die aufgenommene Leistung der Pumpe bei gleichbleibendem Pumpengesamtwirkungsgrad auf ca. ein Achtel ab. Die Leistungsaufnahme ist proportional dem Produkt aus Volumenstrom und Druckdifferenz. Zu berücksichtigen ist jedoch die Verminderung des Pumpenwirkungsgrades mit sinkender Drehzahl, so dass die elektrische Leistungsaufnahme nicht in gleichem Maße sinkt wie die hydraulische Leistung $\Delta p \cdot \dot{V}$.

Die bewährte Aufteilung des Gesamtnetzes einer Warmwasserheizungsanlage in

- das Erzeugernetz,
- das Verteilnetz und
- das Verbrauchernetz

sollte bei der Analyse hydraulischer Schaltungen konsequent angewendet werden. Die zum Wärmetransport erforderliche Umlaufenergie kann in den verschiedenen Teilen des Gesamtnetzes erzeugt werden.

In allen Teilen eines hydraulischen Netzes, in denen sich durch Eingriff von Regelventilen die Mengenströme verändern, sollte der Einsatz drehzahl geregelter Pumpen ins Auge gefasst werden. Ein kürzlich vom Arbeitskreis Heizungspumpen in der VDMA-Fachgemeinschaft Pumpen herausgegebenes Merkblatt gibt einen Überblick beispielhafter Systemarten, bei denen der Einsatz geregelter Heizkreispumpen in Frage kommt (siehe Abb. 2 und 3). Bei allen Schaltungen, bei denen der Förderstrom variabel ist, sollte eine Drehzahlregelung der Pumpe ins Auge gefasst werden.

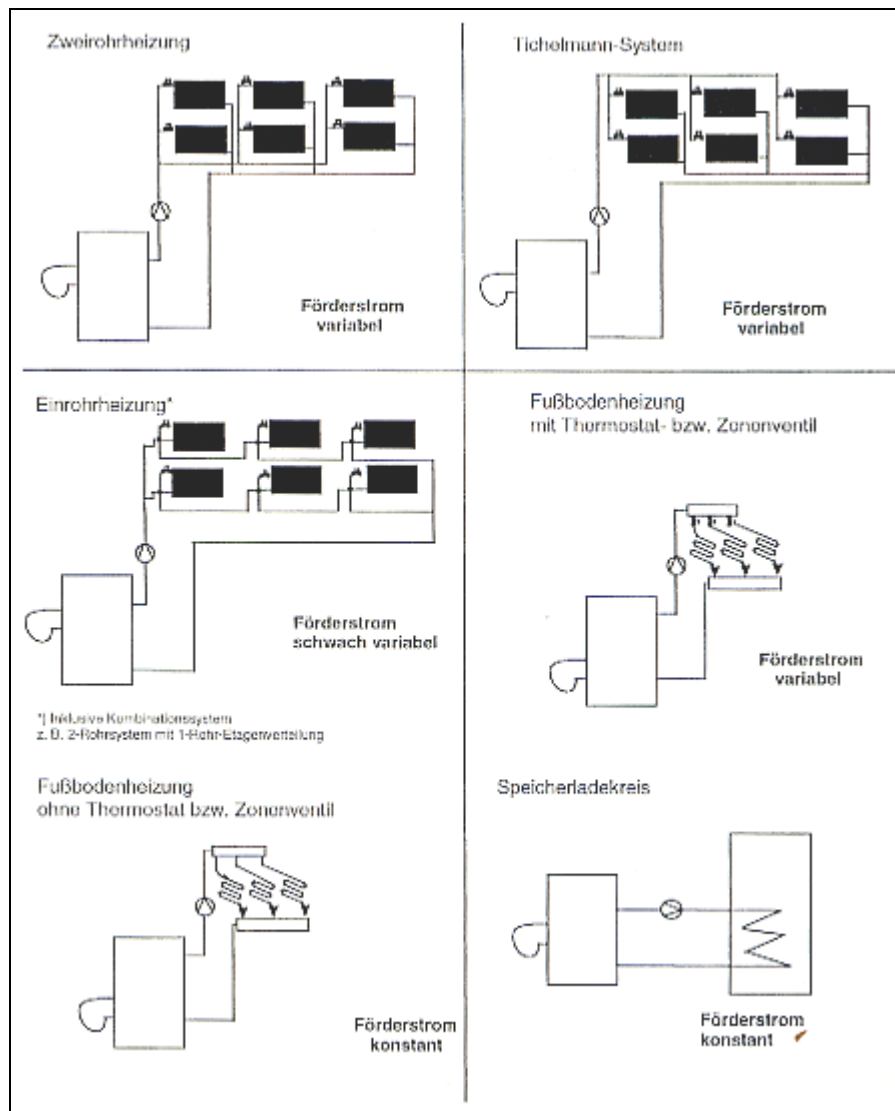


Abb. 2 Systemarten-Verbraucherkreis.

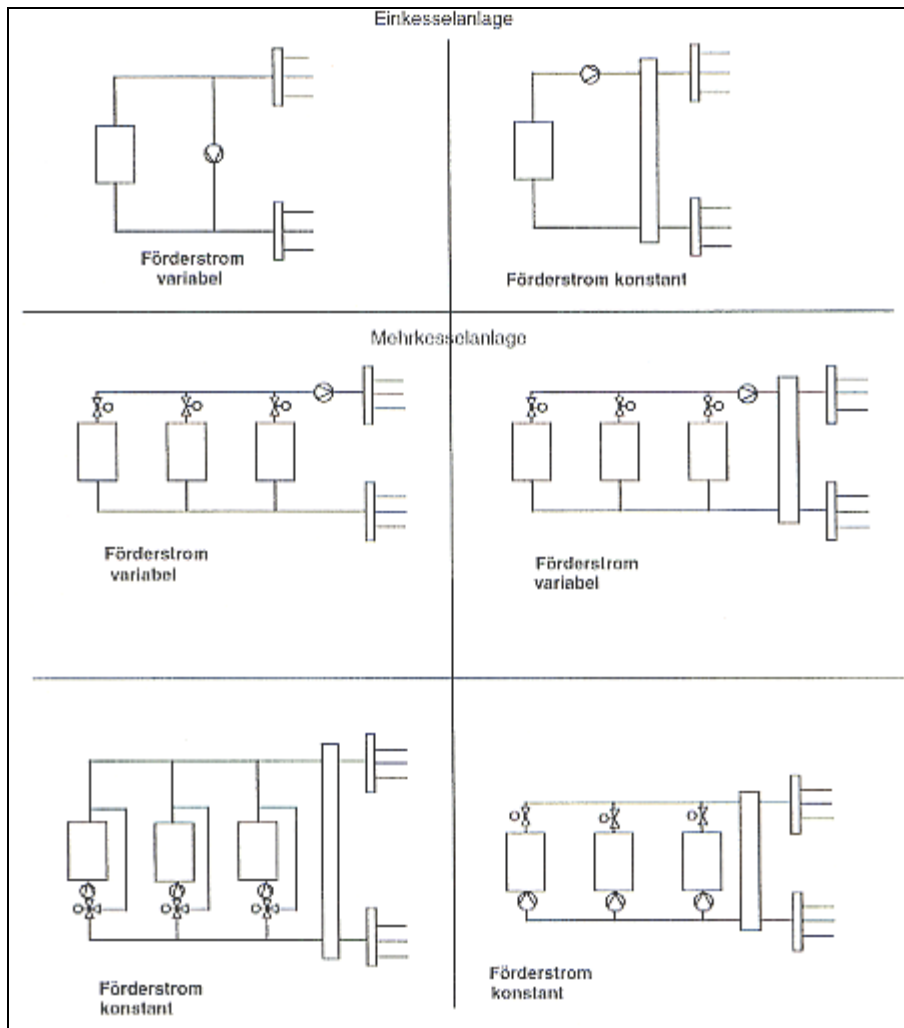


Abb. 3 Systemarten Kesselkreis.

Regelung von Heizkreispumpen

Der Gesetzgeber hat in der Heizungsanlagenverordnung von 1994 folgende Festlegung getroffen:

§ 7 Abs. 4

Umwälzpumpen in Zentralheizungsanlagen sind nach den technischen Regeln zu dimensionieren. Nach dem 1. Januar 1996 eingebaute Umwälzpumpen müssen bei Kesselleistungen ab 50 kW so ausgestattet oder beschaffen sein, dass die elektrische Leistungsaufnahme dem betriebsbedingten Förderbedarf selbsttätig in mindestens drei Stufen angepasst wird, soweit sicherheitstechnische Belange des Wärmeerzeugers dem nicht entgegenstehen.

Die in dieser Bestimmung eingeführte Grenzbedingung von 50 kW Nennwärmeleistung der Anlage hat in Fachkreisen für Verwirrung gesorgt. Wenn system- oder betriebsbedingt der Förderstrom konstant ist, muss zunächst einmal der Einsatz einer selbsttätig geregelten Heizkreispumpe in Frage gestellt werden. Dies gilt beispielsweise für Brauchwasserladepumpen, für Heizkreispumpen in Fußbodenheizkreisen ohne Einzelraumregelung und beispielsweise auch für Kesselkreispumpen in Mehrkesselanlagen, die über einen hydraulischen Entkoppler konstante Volumenströme fördern (siehe auch Abb. 1!).

Ob sich der Einsatz selbsttätig geregelter Heizkreispumpen nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten lohnt, hängt sicherlich von der technischen Weiterentwicklung im Bereich kleinster Pumpleistungen und von den Differenzkosten zwischen geregelten und ungeregelten Pumpen ab. Ein technisches Kriterium ist sicherlich die Höhe des Gesamtpumpenwirkungsgrades bei kleineren Nassläuferpumpen im rechnerischen Betriebspunkt als Schnittpunkt von Pumpenkennlinie und Anlagenkennlinie.

Verfahren zur Drehzahlregelung von Pumpen

Abb. 4 gibt einen Überblick der gängigen Regelungsverfahren für die Drehzahlregelung von Heizungspumpen. Die stufenlose Regelung hat sich gegenüber der Stufenregelung mit Wicklungsumschaltung bzw. Schwingpaketsteuerung in den letzten Jahren durchgesetzt. Während für kleinere und mittlere Motorleistungen bis etwa 0,3 kW die Phasenanschnittsteuerung eingesetzt wird, wird für höhere Leistungen bis zu 300 kW die Frequenzumformerregelung verwendet.

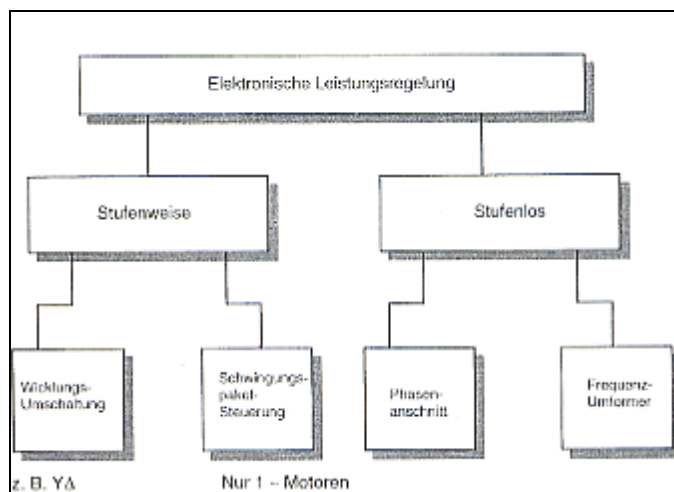


Abb. 4 Übersicht gängiger Regelverfahren für die Drehzahlregelung von Heizpumpen.

Bei der stufenlosen Leistungsregelung sind einige Randbedingungen zu berücksichtigen. Die Mindestdrehzahl liegt meistens zwischen 40 und 60 % der Nenndrehzahl. Dies entspricht einer Reduzierung der Förderhöhe auf bis zu 20 % Restförderhöhe. Bei noch niedrigeren Drehzahlbereichen ist insbesondere bei Großpumpen (Trockenläufern) zu prüfen, ob die Belüftung durch den eingebauten Ventilator ausreicht, um den Motor zu kühlen. Vorsicht geboten ist beim Einsatz von Fremd-Frequenzumformern aus anders gearteten Anwendungsbereichen, die ggf. nicht auf die besondere Charakteristik der Pumpe abgestimmt wurden. Zu empfehlen ist in jedem Fall der Einsatz eines Komplettsystems aus einer Hand mit aufeinander abgestimmten Komponenten der Heizkreispumpe und Regelung. Auch ist in Zukunft verstärkt das Thema der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) zu beachten.

Regelgrößen der Drehzahlregelung

Verschiedene Regelgrößen, wie z.B. der Differenzdruck konstanter oder variabler Sollwert, d.h. mit sinkendem Volumenstrom ebenfalls fallend, die Vorlauftemperatur, z.T. auch die Rücklauftemperatur, die Differenztemperatur und der Volumenstrom selbst werden als Regelgrößen für die Drehzahlregelung von Pumpen eingesetzt. Zusätzlich werden Pumpenstufen nach dem Kriterium der Zeit zu- und abgeschaltet.

Tabelle 1 gibt einen Überblick der Auswahl und der Beurteilungskriterien unterschiedlicher Regelgrößen für die Pumpenleistungsregelung.

Tabelle 1 Überblick der Auswahl und der Beurteilungskriterien unterschiedlicher Regelgrößen für die Pumpenleistungsregelung.

Nr.	Signalart	Funktionsbeschreibung	Merkmale	Anwendungsbereich	Hinweis
1	Uhrzeit	Ein-/Aus oder Max/Min-Schaltung der Pumpe mittels einstellbarer Schaltuhr und ggf. Vorwahl der Pumpendrehzahl	Einfach und preiswert, Schutz gegen Einfrieren nicht gewährleistet	Heizungen in Ein- und Zweifamilienhäusern, Stockwerkshheizungen, Heizungsanlagen mit zeitlich wiederkehrender Betriebsweise, Brauchwasserzirkulation	Ein-/Aus-Schaltung nicht geeignet für Anlagen mit Wärmeerzeugern, die ständig einen Mindestheizwasserstrom benötigen
2	Vorlauf-Temperatur t_v	Selbsttätige Umschaltung der Drehzahl proportional zur Vorlauftemperatur, in Stufen	Preiswert, einfache Pumpenleistung wird zur Außentemperatur in Beziehung gebracht. Einfache Einstellung. Belastungsänderungen einzelner Verbraucher nicht erfassbar	Raumheizungen mit "gleitender" Vorlauftemperatur, Heizkurve ist bei niedrigen Drehzahlen ggf. anzupassen	Zentrale, außentemperaturabhängige Führung der Vorlauftemperatur erforderlich. Nicht geeignet für Anlagen mit konstanter Vorlauftemperatur. Kombinierbar mit Nr. 1
3	Differenztemperatur Δt zwischen Vorlauf- und Rücklauf-temperatur (Spreizung)	Selbsttätige Umschaltung der Drehzahl proportional zur Spreizung ($t_v - t_r$), in Stufen	Volumenstrom wird an die Wärmelast angepasst	Anlagen ohne Drosselung des Heizwasserstromes, z.B. Kesselkreise, Solarkreise, Einrohrheizungen, Fußbodenheizungen	Bei Heizungsanlagen mit Thermostatventilen (ausgenommen Einrohrheizung) und ähnlichen Regelungssystemen nicht anwendbar, da dort bei sinkender Last die Spreizung zunimmt
4	Differenzdruck Δp	Regelung der Drehzahl in der Weise, dass an einem bestimmten Punkt, z.B. direkt an der Pumpe oder bei Fernsignalgeberanschluss am Ende des ungünstigen Strangs, ein lastunabhängig konstanter Druckunterschied gehalten wird.	Bezüglich Betrieb und Energieeinsparung sehr günstig. Belastungsänderungen an Verbrauchern mit lastabhängigem Heizwasserstrom über Druckverluste im System erfasst, Messpunkt bei Fernsignalgeberanschluss nicht einfach und nicht in jedem Fall eindeutig im voraus bestimmbar	Alle Wärmeversorgungsanlagen mit veränderlichem Volumenstrom, z.B. Gebäudeheizungen mit Thermostatventilen, Klimaanlage, Fernheizungen	Bei Fernsignalgeberanschluss muss Messpunkt grundsätzlich der Punkt mit der kleinsten Knotenpunktdruckdifferenz sein, dieser kann lastabhängig wandern. Nicht anwendbar bei Einrohrheizungen. In besonderen Fällen mehrere Messpunkte mit Prioritätsauswahl vorsehen.

Die Praxis zeigt, dass in über 95 % aller Regelungsfälle der Differenzdruck Δp als Regelgröße herangezogen wird. Gerade in Systemen mit veränderlichen Volumenströmen reagiert der Differenzdruck unverzüglich auf die unterschiedliche hydraulische Belastung der Anlage. Werden einzelne Heizstränge oder Heizkörper zu- und abgeschaltet oder werden durch Einfluss von Wärmequellen (Sonneneinstrahlung, innere Fremdwärmequellen) Regelungsarmaturen, wie z. B. Thermostatventile, geöffnet und geschlossen, verändert sich der hydraulische Netzwidestand. Beim Abschalten von Heizkörpern und beim Schließen von Ventilen wird die Rohrnetzkenlinie steiler. Ohne eine Pumpenregelung würde dadurch der Differenzdruck ansteigen. Abhängig vom eingestellten Druckdifferenz-Sollwert wird die Pumpendrehzahl in der Weise angepasst, dass der Sollwert in einem Bereich von ± 2 bis 10 % des eingestellten Sollwertes konstant gehalten wird.

In den meisten Fällen wird die Differenzdruckmessung direkt am Saug bzw. Druckstutzen der Heizkreispumpe durchgeführt. Problematischer kann der Abgriff des Differenzdruckes am sogenannten "Schlechtpunkt" sein. Die Festlegung dieses kann "wandern". Die Alternative, mehrere Messstellen an unterschiedlichen Orten der An-

lage zu installieren und eine Prioritätsauswahl des jeweils maximalen Differenzdruckes durchzuführen, scheidet häufig an den hohen Installationskosten.

Integrierte Regelung

Im mittleren und größeren Leistungsbereich war es bisher üblich, Pumpe und Schaltgerät bzw. Regelgerät getrennt zu installieren. Neue Regelungspumpen bieten meistens eine integrierte Regelung an. Die gesamte Regelungstechnik mit Istwert-Erfassung, Mikroprozessor und Regler ist in der Pumpe integriert. Speziell durch den Einsatz kleinster Frequenzumrichter können heute Pumpen im Leistungsbereich bis etwa 1 kW Antriebsleistung, d.h. bis zu Fördermengen von 50 m³/h und Nenndurchmesser 80, in dieser Technik realisiert werden.

Weiterhin bleiben im kleineren Leistungsbereich bis etwa 200 W Motorantriebsleistung integrierte Phasenanschnittsysteme als technischer Standard bestehen. Auch frühere Probleme hinsichtlich zu hoher Temperaturen für die integrierte Elektronik sind heute durch Betriebserfahrungen über mehr als acht Jahren gelöst.

Ein wesentlicher Vorteil neuer integrierter Regelungspumpen liegt in der definierten Einstellung eines Betriebspunktes mit Eingabe der zugehörigen Förderhöhe bzw. Druckdifferenz. Das separate Schaltgerät an der Wand wird immer stärker von der integrierten Komplettlösung an der Pumpe ersetzt. Hierzu zählen die zugehörigen Messeinrichtung, ein Display, eine Regeleinstellung, der Motorvollschutz und die Wärmeschutzisolation der Pumpe als Komplettsystem.

Ausblick

Trotz aller Möglichkeiten, mit neuen Geräten die Regelung und Leistungsanpassung von Pumpen durchzuführen, behält die Auslegung von Rohrnetzen und Pumpen als wichtigste Planeraufgabe ihre Bedeutung. Auch durch den Einsatz drehzahl geregelter Pumpen wird der Planer nicht von der Aufgabe enthoben, eine sorgfältige Rohrnetz berechnung und Pumpenauslegung durchzuführen. Eine optimierte Planung ist immer die beste Basis, um ein funktionstechnisches und wirtschaftliches Optimum zu erzielen.

Quelle: Manuskript für Wärme + Versorgungstechnik