

Regelpumpen zur Nutzenübergabe – ein revolutionärer Schritt –

Einleitung:

Revolutionär? Ist das nicht zu bedeutungsschwer? Die Geschichte lehrt uns, dass Revolutionen immer durch untragbare Zustände ausgelöst werden. Haben wir die in unserem Fachgebiet? Das hehre Ziel ‚Energieeffizienz‘ vor Augen möchte ich meinen: Ja! Kaum zu ertragen ist, dass Wasserströme in Verteilsystemen fehlerhaft oder gar nicht berechnet sind, wie auch Rohrdimensionen und Druckverteilungen, und dass wir infolgedessen falsch gewählte Armaturen und überdimensionierte Umwälzpumpen vorfinden. Obwohl all dies der Hauptgrund für Probleme mit Warmwasserheizungen ist, fallen diese Mängel dem Laien abgesehen von Strömungsgeräuschen glücklicherweise nicht auf. Und er ahnt nicht, dass sie einen alle Einsparanstrengungen bei der Erzeugung deutlich überragenden Energiemehraufwand verursachen.

Hauptadressaten aller Klagen über schlecht funktionierende Warmwasserheizungen sind ungerechterweise die Pumpenhersteller, die vor 80 Jahren mit der Einführung einer zentralen Umwälzpumpe der Warmwasserheizung den Durchbruch beschert haben; sie war die Rettung für mangelhaft berechnete Schwerkraftheizungen – fehlender „Druckabgleich“ fiel damals direkt auf den Anlagenhersteller zurück.

Diesmal tritt nun ein Pumpenhersteller wieder als Erneuerer der Heiztechnik auf mit einer dezentral einzusetzende Regelpumpe, sozusagen mit einem Verhütungsmittel gegen die Folgen einer Branchenschlamperei: die Druckabgleichberechnung ist nun überflüssig. Und mit der neuen Pumpe ist auch eine erhebliche Energieeinsparung zu erreichen, und zwar auf der Wärme- wie Stromseite. Sie erfüllt neben der Grundfunktion ‚Wasser umzuwälzen‘ aktive Regelfunktionen, z. B. die eines Thermostatventils, und ist zudem so klein ist, dass sie zu einem einzelnen Heizkörper passt.

Und so sieht das Pümpchen (Bild 1) aus, das in diesen Tagen versuchsweise in ausgewählten Anlagen montiert wird. Es fördert max. 100 l/h auf eine Druckhöhe von 1m und ist weniger als 20dB(A) laut (die Druckhöhe ist völlig ausreichend, da alle Drosselwiderstände entfallen). Jede Pumpe besitzt eine Rückschlagklappe und der Pumpenkopf ist vom wasserführenden Teil demontierbar. Prinzipiell sind auch größere Ausführungen als diese hier machbar.

Der Begriff *Regelpumpen* in der Überschrift ist übergeordnet gemeint für aktiv regelnde Pumpen, die einerseits dezentral einer Übergabestelle zugeordnet sind (Nutzenübergabe- oder Selbstversorgerpumpen) oder die andererseits spezielle Regelaufgaben wahrnehmen (Kesselkreis-, Beimischpumpe).

Ich konzentriere mich auf die derzeitige Hauptanwendung, die Nutzenübergabepumpe. (Diesen Namen würde ich den allgemeineren, wie Regelpumpe, oder abstrakteren, wie Selbstversorgerpumpe, vorziehen, weil er die Servicefunktion für den Nutzer ausdrückt).

Was sie sind und können

Nutzenübergabepumpe

Sie wirkt als Selbstversorgerpumpe (so könnte man sie auch nennen), sie ist sozusagen nach oben befördert: von der Verteilung zur Nutzenübergabe bei Heizkörpern, Lufterhitzern, Kühldecken, thermisch aktiven Flächen usw.. Mit ihr ist zugleich der Begriff „Verteilung“ nicht mehr zutreffend. Hier liegt eine „Selbstversorgung“ vor, eine selbstbestimmte Bedarfsdeckung (keine zentrale Fremdbestimmung mit notwendigem Druckabgleich). Die Nutzenübergabepumpe hat die Regel- und Steuerhoheit, nicht der Wärmeerzeuger (!), mit folgenden Vorteilen:

1.) Drosselarmaturen zur Regelung und zum Druckabgleich entfallen, 2.) die Nutzenübergabepumpen müssen lediglich den Druckaufwand im eigenen Kreis aufbringen (nicht den Gesamtdruck für den „Schlechtpunkt“ oder den Überschuss für die Überdimensionierung), 3.) Druckabgleichrechnung erübrigt sich.

Einschub: Nutzenübergabe?

Nun wurde bereits mehrfach der Begriff „Nutzenübergabe“ gebraucht. Was versteht man darunter? Mit dem modernen Denkansatz „Nutzenübergabe“ wird der transitive, nur in eine Richtung wirkende Vorgang der Versorgung eines Verbrauchers abgelöst durch eine wie ein Regelkreis wirkende nutzerbestimmte und bedarfsgerechte Übergabe, und zwar dessen, was die echten Bedürfnisse des Nutzers befriedigt, des Nutzens. In dem dazu gestalteten Teilsystem läuft ein hochkomplizierter Übergabeprozess ab, der erst, als rechnerische Simulation möglich war, begriffen wurde und nun gezielt gestaltet werden kann. Mit der Nutzenübergabe beginnt gemäß der Bedarfsentwicklung jegliche Aufwandsrechnung, auch die für den Wärmeerzeuger (VDI 2067); da diese grundlegende Erkenntnis außer bei VDI 2067 nicht genügend beachtet wird, sind die unter Behördendruck hingehauenen DIN-Normen 4701/10 und 12 sowie 18599 eigentlich unbrauchbar (Regeln zum öffentlich-rechtlichen Nachweis der Energieeffizienz)! Eine im Sinne des modernen Denkansatzes korrekt gestaltete Nutzenübergabe bietet die maximale Energieeffizienz, also auch insgesamt für die Anlage, ganz im Unterschied zu den beiden anderen Anlagenbereichen Verteilung und Erzeugung.

Mit einer Nutzenübergabepumpe lässt sich der Übergabeaufwand erheblich reduzieren

Der Nachweis dieser Behauptung ist (vernünftig nur) über VDI 2067, Bl. 20, zu führen; als Beispiel für einen Vergleich wird ein leichter Heizkörper (fehlerhaft und nicht nach VDI 6030 ausgelegt: zu kleine Spreizung und zu hohe Wasserströme) mit Thermostatventil gewählt, beim Betrieb Nachtabsenkung. Derselbe HK wird mit einer Nutzenübergabepumpe ausgerüstet. Der Unterschied im Aufwand ist den e_1 , β_Q -Kurven zu entnehmen (Bild 2). Dabei ist der Bezugswert in der Aufwandszahl der Referenzbedarf. Die tatsächliche Einsparung gegenüber dem Ausgangsaufwand erhält man aus dem Quotienten $\Delta e_1/e_1$: bei $\beta_Q = 0,08$ ist die Einsparung 20%.

Reduktion des Stromaufwands

Die zentrale Standardpumpe wird als Vergleich herangezogen, weil sie heute in bestehenden Anlagen wohl überwiegend anzutreffen ist. Auch wird eine wettergeführte Vorlauftemperaturregelung angenommen. Die Reduktion des Stromaufwands läge mit Nutzenübergabepumpen bei 85 bis 90%. Eine moderne (geregelt) Elektronikpumpe brächte bereits eine Einsparung von etwa 70%! Allerdings wäre mit ihr ein Druckabgleich nicht automatisch zu erreichen. Wird zum Regeln allein der Wasserstrom verändert, was die Nutzenübergabepumpen können, wäre der Stromaufwand der Vergleichsstandardpumpe fast vollständig einzusparen!

Wie können sie es?

Anordnung der Nutzenübergabepumpe

Nutzenübergabepumpen sind immer einer Übergabestelle zugeordnet, vorzugsweise im Rücklauf, weil die Temperatur dort als Regelgröße gebraucht wird. Es gibt drei Positionierungen: direkt, gruppen- oder etagenweise, gesammelt zentral.

Regel- und Informationsfunktionen der Nutzenübergabepumpe (Bild 3)

Die Pumpe ist zugleich Stell- und Messorgan. Verstellt wird der Wasserstrom, kontinuierlich im Bereich 100 bis 20%, darunter im An/Aus-Betrieb. Gemessen werden die Wassertemperatur, Drehzahl und Leistung der Pumpe. Ein zentraler Rechner (DDC) nimmt diese Messgrößen auf, zusätzlich Daten und Signale eines Raumgerätes, sodass eine Kommunikation aller Pumpen im Netz untereinander und mit der zentralen Wärmeerzeugung möglich ist. Zugleich führt er die Pumpen, die dadurch einerseits geregelt sind, passiv, um gegenseitige Beeinflussung in der Parallelschaltung zu vermeiden; der Druck kann aus Drehzahl und Leistung berechnet werden. Andererseits wirken sie aktiv wie PI-Regler.

Ein Baugliedplan (Bild 4) zeigt die gerätetechnischen Zusammenhänge bei der Nutzenübergabepumpe. Regelgröße ist die Raumtemperatur, Stellgröße die Pumpendrehzahl; die Wassertem-

peratur kann in Differenz zur zentralen Vorlauftemperatur gesetzt und beim Unterschreiten einer Grenzspreizung die Vorlauftemperatur angehoben werden. Durch ein Schaltsignal vom Raumgerät ist über den zentralen Rechner (DDC) zum Wärmeerzeuger auch eine Schnellaufheizung zu starten.

Hydraulische Zustände im Selbstversorgungssystem

Auslegungshydraulik > Druck-Weg-Diagramm (Bild 5)

Mit dem Einbau von Nutzenübergabepumpen verändert sich gegenüber der Situation bei der Zentralpumpe das Druck-Weg-Diagramm grundsätzlich, und zwar von der Trapezform zum Dreieck. Dargestellt ist der Auslegezustand. Im Teillastfall verbreitert sich bei der ungeregelten Zentralpumpe das Trapez (Druckhöhen steigen) und die zueinander schrägen Seiten flachen ab. Letzteres geschieht auch bei den Elektronikpumpen, zusätzlich werden aber die Druckhöhen gehalten oder gar gesenkt.

Bei den Nutzenübergabepumpen flachen die Seiten ebenfalls ab, im Extremfall bis zu Differenzdruck 0 (Notwendigkeit einer selbständigen Kesselkreispumpe).

Betriebshydraulik bei den zwei Regelregimen (Betriebsweisen):

Ideal lastgeführte Vorlauftemperatur – konstanter Wasserstrom

Konstante Vorlauftemperatur – der Wasserstrom variiert lastgeregt durch die Übergabepumpe

Stromaufwand im Selbstversorgungssystem

Zur Berechnung des jährlichen Stromaufwandes W_2 im Selbstversorgungssystem (Verteilung) sind drei Wassermassenströme zu unterscheiden: der Wasserstrom im Auslegefall als Summe aller einzelnen Auslegeströme $q_{m,Ausl}$, die Summe der Standardwasserströme (Normwasserströme) der installierten Heizflächen $q_{m,S} > q_{m,Ausl}$ und der Jahresmittelwert \bar{q}_m , der bei alleiniger Regelung mit dem Wasserstrom auf etwa 1/10 von $q_{m,Ausl}$ absinken kann. Aus ihm wird die mittlere hydraulische Belastung $\beta_{D,hydr}$ berechnet, die scharf abzugrenzen ist von der bis heute überall vorgeschlagenen thermischen β_D (sie gilt allein für die Wärmeabgabe des Verteilsystems!).

Die mittlere hydraulische Belastung ist definiert zu $\beta_{D,hydr} = \frac{\bar{q}_m}{q_{m,Ausl}}$ und

die mittlere thermische (nach Hirschberg) zu $\beta_D = \frac{\bar{\Phi}}{\Phi_{Ausl}} = \bar{\beta}_Q \cdot \bar{e}_1 \cdot \frac{t_a}{t_H}$

Beim 1. Regelregime ändert sich im Idealfall der Wasserstrom gar nicht: $\beta_{D,hydr} = 1$;

im Realfall, wenn die Thermostatventile die Unterschiede zwischen einzelnen Räumen auszugleichen haben, mit dem Schätzfaktor f_{real} ($0,5 < f_{real} < 1$).

Beim 2. Regelregime gilt die mittlere hydraulische Belastung $\beta_{D,hydr} \ll 1$ oder $\beta_{D,hydr} \approx \beta_D \cdot \frac{\bar{\sigma}_{Ausl}}{\Delta T_1}$

mit der Auslegungsspreizung $\bar{\sigma}_{Ausl}$ der Gesamtanlage und der konstanten Vorlaufübertemperatur ΔT_1 .

Damit und den Auslegewerten des Wasserstroms und Druckabfalls in jedem Kreis i ist für $\eta_p = 1$ auch der hydraulische Referenzaufwand (während der Heizzeit t_H) zu bestimmen (kleinster denkbarer Aufwand, als Bezugswert für alle Umwälzeinrichtungen):

$$W_0 = t_H \cdot \frac{\beta_{D,hydr}^3}{\rho_W} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} (q_{m,i,Ausl} \cdot \Delta p_{i,Ausl}) \quad \text{mit } \eta_p = 1$$

Beim Stromaufwand W_2 sind für beide Regelregime der reale Wirkungsgrad $\eta_p \ll 1$ und die vorliegenden Betriebszeiten (z. B. Nachtabschaltung) mit dem Faktor f_{Betr} zu berücksichtigen; für das 1. Regelregime zusätzlich der Faktor $(1 / (\beta_{D,hydr}^3))$ sowie im Realfall $(f_{real} / (\beta_{D,hydr}^3))$, d.h. dort sinkt der Wasserstrom nicht auf den Jahresmittelwert ab. Da die Heizkurve (Zusammenhang zwischen Außen- und Vorlauftemperatur) beliebig einstellbar und dadurch der Regelanteil der Raumregler undefiniert ist, kann ebenso f_{real} frei gewählt werden (siehe HLH Nr.9, 2007).

Ein Beispiel soll die Größenordnungen der Aufwände und die möglichen Einsparungen durch Nutzenübergabepumpen zeigen. Die Norm-Heizlast des hierfür gewählten gut gedämmten Gebäudes ist (ohne Zuschläge!!) $\dot{Q}_N = 9340 \text{ W}$. Bei dem vorgesehenen Heizbetrieb sind gemäß VDI 2067 Blatt 10/11 der Referenzenergiebedarf $Q_{0,N} = 11455 \text{ kWh}$ und die Heizzeit $t_H = 5100 \text{ h}$. Damit betragen die mittlere relative Heizlast (mittlere thermische Belastung) $\beta_Q = 0,14$ und nach VDI 2067 Blatt 20 die mittlere Aufwandszahl bei der Übergabe $e_1 = 1,2$ (eine gute Anlage!). Das in der Tabelle gezeigte Beispiel brachte ich bereits im HLH-September-Heft 2007, allerdings hatte ich mir da einen Zahlenfehler geleistet, den erstaunlicherweise niemand gemerkt hat, obwohl der Fehler mit der Definitionsgleichung

$$\beta_Q = \frac{Q_{0,N}}{t_a \cdot \dot{Q}_N}$$

bei den mitgeteilten Daten für β_Q , \dot{Q}_N und t_a leicht zu entdecken gewesen wäre: bei

den Wärmemengen ist der Faktor 10 anzubringen! Werden nun Nutzenübergabepumpen eingebaut, sinkt die Aufwandszahl auf $e_1 = 1,05$. Mit den Aufwandszahlen der Verteilung und Erzeugung $e_2 e_3 = 1,17$ erhält man bei Q_3 eine Gesamteinsparung von 2016 kWh.

Um ein Bild vom Stromaufwand zu erhalten, werden 4 Fälle diskutiert: Für eine Heizanlage mit gleitender Vorlauftemperatur 1.) eine Standardpumpe (3-stufig, korrekt ausgelegt, Nachtabstufung¹), 2.) eine Elektronikpumpe u.3.) Nutzenübergabepumpen, 4.) diese mit konstanter Vorlauftemperatur².

Was lernen wir aus dem Beispiel? Mit der vorliegenden unvollendeten 2067 ist mit etwas Ingenieurverstand das Einsparpotential bei den Nutzenübergabepumpen für jedermann nachvollziehbar aufzuzeigen. Schwer überprüfbar Simulationrechnungen von Spezialisten oder Feldversuche unter undefinierten Randbedingungen überzeugen nicht und stabilisieren eher den Zweifel. Alternativen zu 2067 gibt es nicht – DIN 4701-Teile taugen dazu gar nicht und in der DIN 18599 ist das Übergabeproblem nicht begriffen.

Die Haupteinsparung ist bei der Heizenergie zu finden und zwar durch Verbesserung der Nutzenübergabe mit $0,15 < \Delta e_{ges} < 0,25$ je nach Ausstattung und Betrieb (im Beisp. 2016 kWh \approx 200 Liter Öl).

Dagegen ist die Effizienzverbesserung beim Stromaufwand zwar gewaltig (bei der sehr guten Standardpumpe von $e_{ZE} = 11029$ auf 1264 bzw. 4,8!) aber absolut bei W_2 von nur 94 auf 11 kWh (bei schlampig ausgelegten Anlagen allerdings von 580 auf 11 kWh). Dennoch, im Vergleich mit der Heizwärmeinsparung immer noch wenig. Jetzt versteht man vielleicht, warum ich zu dem Namen ‚Nutzenübergabepumpe‘ tendiere.

Schluss

Effizienzsteigerung, Energieeinsparung sowie die Befreiung von Druckabgleichsrechnung und Einregulierung sind gewichtige Argumente aber nicht so die Phantasie beflügelnd wie die Kombinationsmöglichkeit so vieler Funktionen der Regelpumpen: Mit ihren Informationsfunktionen können sie die Wärmeerzeugung führen oder zur Heizkostenverteilung herangezogen werden. Sie müssen auch nicht generell „mini“ sein, wenn sie z. B. eingesetzt sind als Erzeugerkreispumpe oder als Beimischpumpe anstelle eines Mischers, zentral oder dezentral in einem Verteil-, besser Selbstversorgungssystem, oder bei einem Lufterwärmer.

Vor diesem Hintergrund erscheint die zentrale Umwälzpumpe als eine mangels technischer Möglichkeiten erzwungene Notlösung!

¹ Eine ohne Abschaltung durchlaufende wie üblich überdimensionierte Pumpe hätte einen Stromaufwand von z.B. 580 kWh!,

² Der auf den ersten Blick kaum glaubhaft niedrig erscheinende Aufwand der Nutzenübergabepumpen wird als Zitat aus dem HLH-Aufsatz im Anhang begründet

Lassen Sie mich wie in meinem HLH-Aufsatz schließen: Die praktische Umsetzung einer theoretische Betrachtung begeistert – es kommt auf eine bedarfsgerechte Nutzenübergabe an – hier ist sie verwirklicht!

Anhang

(Auszug aus HLH Bd. 58 (2007) Nr.9 zur Begründung des niedrig erscheinenden Wertes von 40,8 Wh für den Aufwand W_2 der Nutzenübergabepumpen bei $q_m = \text{var.}$):

„In der oben beschriebenen Anlage werden die zentrale Umwälzpumpe und alle Thermostatventile ausgebaut und letztere durch dezentrale raumthermostatisch geregelte Minipumpen ersetzt (PI-Regler). Die verbesserte Regelung lässt eine Aufwandszahl von $e_1 = 1,05$ erreichen; damit sinkt die mittlere thermische Belastung der Verteilung auf $\beta_D = 0,252$ und so auch die hydraulische auf $\beta_{D,\text{hydr}} = 0,114$. Zunächst soll der vorhandene Mischer beibehalten werden, aber die Vorlauftemperatur nur noch konstant auf dem Auslegungswert von $\vartheta_1 = 55 \text{ °C}$ halten (kein Gleiten mit der Außentemperatur!). Damit ist der Wasserstrom an jeder Übergabestelle durch die dezentralen Pumpen lastgeregelt. Mit der von vornherein eingestellten Nachtabsenkung reduziert sich die Heizzeit auf $f_{\text{Betr}} = 2/3$ und den zusätzlichen – bei den Minipumpen jetzt möglichen – individuellen Abschaltungen weiter auf $f_{\text{Betr,D}} = 0,5$. Für einen mittleren Wasserstrom von $0,114 \cdot 0,503 \text{ m}^3/\text{h} = 0,057 \text{ m}^3/\text{h}$ sei der mittlere Pumpenwirkungsgrad $\eta_P = 0,07$ angenommen und ein stabiler Teillastbetrieb vorausgesetzt. Gleichung (13) liefert den Stromaufwand:

$$W_2 = f_{\text{Betr}} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} \frac{W_{0,i}}{\eta_{P,i}} = 0,5 \cdot \left(\frac{0,114}{0,13} \right)^3 \frac{8,478 \text{ Wh}}{0,07} = 40,8 \text{ Wh}$$

Wer sich von der ihm gewohnten nach der Außentemperatur geführten Vorlauftemperaturregelung nicht trennen kann, erfährt den hierfür erforderlichen Stromaufwand aus Gleichung (15). Als Anpassungsfaktor sei $f_{\text{real}} = 0,5$ angenommen (den Pumpen wird 50% ihrer Regelmöglichkeit genommen). Der mittlere Pumpenwirkungsgrad mag auf $\eta_P = 0,09$ steigen:

$$W_2 = \frac{f_{\text{Betr}} \cdot f_{\text{real}}}{\beta_{D,\text{hydr}}^3} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} \frac{W_{0,i}}{\eta_{P,i}} = 0,5 \cdot \frac{0,5}{0,114^3} \left(\frac{0,114}{0,13} \right)^3 \frac{8,478 \text{ Wh}}{0,09} = \mathbf{10719 \text{ Wh!}}$$

Das ist bei dem frei gewählten Anpassungsfaktor $f_{\text{real}} = 0,5$ das mehr als 260fache der bei konstanter Vorlauftemperatur erreichbaren 40,8Wh. Allerdings sind auch 10 kWh wenig gegenüber 94 kWh bei der zentralen Standardpumpe. In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Beispielrechnungen einander gegenübergestellt.“