Vollast-Betriebsstunden von Heizwassernetzen im Anwenderbereich zum Abschätzen der energetischen Aufwendungen während der Heizperiode

Dr. sc. techn. Bernd GLÜCK
VEB Forschung und Rationalisierung Technische Gebäudeausrüstung

Für die optimale Bemessung der Rohrdurchmesser eines Heizwassernetzes, die Bewertung verschiedener Rohrverlegungen (Sockel, Kanal) oder die Beurteilung unterschiedlicher Betriebsregime (Auslegungstemperaturen, Fahrkurven) sind die Vollast-Betriebsstunden bezüglich der energetischen Aufwendungen zu bilden. In diesen Planungsstadien sind Details noch nicht bekannt, so daß Vereinfachungen getroffen wrden können. Wichtig ist allerdings, daß diese Pauschalangaben vergleichbar sind.
Speziell sind für folgende Aufwendungen die Vollast-Betriebsstunden b interessant:

Pumpenarbeit

$$b_E = \frac{\eta^+ \varrho^+}{\Delta p_P^+ \dot{m}^+} \int_0^{\tau_0} \Delta p_P \dot{m} \frac{1}{\eta \varrho} \, d\tau \qquad (1)$$

Tabelle 1

$t_{V,E}$ °C	$t_{R,E}$ °C	tu °C	$\varkappa$	b_{Qv} h/a	b_{Qr} h/a	b_E h/a
150 (λ=1) – 88 (λ=0,2)	70 (λ=1) – 37 (λ=0,2)	38 (λ=1) – 26 (λ=0,2)	0,3	5307	3330	1067
			0,4			1183
			0,5			1283
		30 (λ=1) – 30 (λ=0,2)	0,3	4918	2557	1067
			0,4			1183
			0,5			1283
		-15 (λ=1) – 13 (λ=0,2)	0,3	4527	3048	1067
			0,4			1183
			0,5			1283
	60 (λ=1) – 30 (λ=0,2)	38 (λ=1) – 26 (λ=0,2)	0,3	5307	2588	1109
			0,4			1226
			0,5			1326
		30 (λ=1) – 30 (λ=0,2)	0,3	4918	1755	1109
			0,4			1226
			0,5			1326
		-15 (λ=1) – 13 (λ=0,2)	0,3	4527	2793	1109
			0,4			1226
			0,5			1326
150 (λ=1) – 66 (λ=0,2)	70 (λ=1) – 37 (λ=0,2)	38 (λ=1) – 26 (λ=0,2)	0,3	3577	3330	2801
			0,4			2919
			0,5			3021
		30 (λ=1) – 30 (λ=0,2)	0,3	3302	2557	2801
			0,4			2919
			0,5			3021
		-15 (λ=1) – 13 (λ=0,2)	0,3	3352	3048	2801
			0,4			2919
			0,5			3021
	60 (λ=1) – 30 (λ=0,2)	38 (λ=1) – 26 (λ=0,2)	0,3	3577	2588	2587
			0,4			2707
			0,5			2811
		30 (λ=1) – 30 (λ=0,2)	0,3	3302	1755	2587
			0,4			2707
			0,5			2811
		-15 (λ=1) – 13 (λ=0,2)	0,3	3352	2793	2587
			0,4			2707
			0,5			2811
130 (λ=1) – 78 (λ=0,2)	70 (λ=1) – 37 (λ=0,2)	38 (λ=1) – 26 (λ=0,2)	0,3	5472	3330	942
			0,4			1052
			0,5			1148
		30 (λ=1) – 30 (λ=0,2)	0,3	4991	2557	942
			0,4			1052
			0,5			1148
		-15 (λ=1) – 13 (λ=0,2)	0,3	4524	3048	942
			0,4			1052
			0,5			1148
	60 (λ=1) – 30 (λ=0,2)	38 (λ=1) – 26 (λ=0,2)	0,3	5472	2588	1002
			0,4			1114
			0,5			1211
		30 (λ=1) – 30 (λ=0,2)	0,3	4991	1755	1002
			0,4			1114
			0,5			1211
		-15 (λ=1) – 13 (λ=0,2)	0,3	4524	2793	1002
			0,4			1114
			0,5			1211
130 (λ=1) – 60 (λ=0,2)	70 (λ=1) – 37 (λ=0,2)	38 (λ=1) – 26 (λ=0,2)	0,3	3879	3330	2125
			0,4			2255
			0,5			2367
		30 (λ=1) – 30 (λ=0,2)	0,3	3526	2557	2125
			0,4			2255
			0,5			2367
		-15 (λ=1) – 13 (λ=0,2)	0,3	3513	3048	2125
			0,4			2255
			0,5			2367
	60 (λ=1) – 30 (λ=0,2)	38 (λ=1) – 26 (λ=0,2)	0,3	3879	2588	2008
			0,4			2137
			0,5			2249
		30 (λ=1) – 30 (λ=0,2)	0,3	3526	1755	2008
			0,4			2137
			0,5			2249
		-15 (λ=1) – 13 (λ=0,2)	0,3	3513	2793	2008
			0,4			2137
			0,5			2249

Wärmeverlust-Vorlauf

$$b_{Qv} = \frac{1}{t_{V,E}^+ - tu^+} \int_0^{\tau_0} (t_{V,E} - tu) \, d\tau \qquad (2)$$

Wärmeverlust-Rücklauf

$$b_{Qr} = \frac{1}{t_{R,E}^+ - tu^+} \int_0^{\tau_0} (t_{R,E} - tu) \, d\tau \qquad (3)$$

Es bedeuten:

Δp_P Differenzdruck der Pumpe
$\dot{m}$ Massestrom
η Wirkungsgrad der Pumpe und des Motors
ϱ Dichte
$t_{V,E}$ Vorlauftemperatur } an der Netzeinspeisung
$t_{R,E}$ Rücklauftemperatur } an der Netzeinspeisung
tu Umgebungstemperatur
τ Zeitkoordinate
τ_0 Betriebszeit in der Heizperiode
Zeiger + charakterisiert die Vollastparameter

Um die Auswertung des ersten Integrals zu vereinfachen, werden dort noch einige Umformungen angebracht. So sollen $\eta^+ \approx \eta$ und $\varrho^+ \approx \varrho$ gelten. Des weiteren möge sich der Druckverlust im Netz aus einem konstanten Anteil Δp_o – verursacht durch das Druckregelorgan im Abnehmeranschluß – und einem variablen Anteil $C\dot{m}^2$ – der bei Vollast $C\dot{m}^{+2}$ beträgt – zusammensetzen. Damit folgen

$$b_E = \int_0^{\tau_0} \frac{C\dot{m}^2 + \Delta p_o}{C\dot{m}^{+2} + \Delta p_o} \frac{\dot{m}}{\dot{m}^+} \, d\tau \qquad \text{bzw. mit} \qquad (4)$$

$$\mu = \frac{\dot{m}}{\dot{m}^+} \text{ und } \kappa = \frac{\Delta p_o}{C\dot{m}^{+2}} \; (5), \qquad b_E = \int_0^{\tau_0} \frac{\mu^2 + \kappa}{1 + \kappa} \mu \, d\tau. \qquad (6)$$

Der relative Massestrom μ ist in der Regel belastungsabhängig. Für Abnehmeranlagen mit integrierter Rücklaufbeimischung gilt in Abhängigkeit des Belastungsgrades

$$\mu = \lambda \frac{t_{V,E}^+ - t_{R,E}^+}{t_{V,E} - t_{R,E}} \, . \qquad (7)$$

Die zu den Belastungsgraden $\lambda = \dot{Q}/\dot{Q}^+$ gehörigen partiellen Betriebszeiten $\Delta\tau_B$ sind den entsprechenden Häufigkeitsverteilungen zu entnehmen. Bei der Ermittlung von λ ist von einem nach /1/ bereinigten Wärmebedarf auszugehen. Für Wärmenetze mit vorwiegend Raumheizung gelten etwa

λ	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
$\Delta\tau_B$ in Tagen	1	3	7	9	35	55	60	44	50

Die relativ lange Betriebsdauer für $\lambda = 0{,}2$ wurde gewählt, da vielfach die übliche Heizgrenze von einer mittleren Tagestemperatur von 12 °C auf 14 bis 15 °C angehoben wurde bzw. weil die Betriebszeiten der Netze die der Abnehmeranlagen infolge unterschiedlicher Nutzungsbedingungen überschreiten.

In Tabelle 1 sind einige spezielle Fälle beispielhaft ausgewertet. Vereinfachend werden dabei alle Temperaturen als lineare Funktionen des Belastungsgrades approximiert. Die Endpunkte und die Knickpunkte der Temperaturverläufe sind vermerkt. Weiterhin wurde eine tägliche Betriebszeit von 24 h bei der Berechnung der Vollaststunden angenommen. Bei eingeschränktem Betrieb sind die Angaben mit den tatsächlichen Betriebsstunden $\Delta\tau_H$ zu korrigieren. Es gelten dann

$$b^* = b \frac{\Delta\tau_H}{24} \qquad (8)$$

Dabei kann es durchaus möglich sein, daß b_Q und b_E unterschiedlich reduziert werden. Dies trifft beispielsweise dann zu, wenn das Netz unter Temperatur gehalten wird und somit b_Q über 24 h gilt, während die Abnahme bis auf eine geringe Überströmmenge unterbleibt und entsprechend b_E^* zu bilden ist.

Literatur

/1/ *Glück, B.*: Wärme- und Masseströme in Wärmenetzen. „*Stadt- und Gebäudetechnik*", **35** (1981) 2, S. 34 bis 38