Wärme- und Massenströme in Wärmenetzen (I)

Dr. sc. techn. B. GLÜCK
VEB Kombinat Technische Gebäudeausrüstung – Institut –

Ziel der Betrachtungen ist es, die für die Bemessung von Wärmenetzen erforderlichen Wärmeleistungen und Massenströme zu ermitteln. Hierfür stehen Werte unterschiedlicher Aussagekraft, wie z. B. Projektwerte, Meßwerte, Erfahrungswerte, statistisch begründete Maximalwerte, Ergebnisse aus genauen theoretischen Berechnungen o. a. m. zur Verfügung. Demgegenüber gibt es eine Klassifikation von Standardwerten und Faktoren zu deren Verknüpfung. Aufgabe des Ingenieurs ist es, die gegebenen Größen zu beurteilen und den entsprechenden Standardwerten zuzuordnen. Hinweise werden in den Abschnitten 1. und 2. gegeben.
Besondere Probleme bereitet die Definition der Begriffe „Abnehmer" und „Netz" bezüglich ihres Umfanges. So kann „Abnehmer" ein Heizkörper einer Gebäudeheizungsanlage, ein Wohnblock, eine Hausanschlußstation, ein Industriewerk usw., „Netz" kann die Verrohrung im Gebäude, in einem Wohngebiet, innerhalb eines Fabrikgeländes oder im gesamten Fernwärme-Versorgungsbereich einer Stadt sein. In der Regel werden die Grenzen nicht nach technischen, sondern nach nutzungsrechtlichen Gesichtspunkten festgelegt. Aufgrund dieser Flexibilität vergrößert sich der Umfang der Definitionen. Besteht beispielsweise ein Abnehmer aus mehreren, individuell regelbaren bzw. absperrbaren Aggregaten, Teilanlagen oder ähnlichem, dann ist bei zeitlich versetzter Leistungsinanspruchnahme ein Gleichzeitigkeitsfaktor für den Abnehmer zu definieren. Werden mehrere Abnehmer zusammengefaßt, so ergibt sich für einen Netzknoten oder für die Einspeisestelle wiederum ein Gleichzeitigkeitsfaktor, der sich aber im Normalfall nicht aus den Gleichzeitigkeitsfaktoren der Abnehmer, sondern nur aus den zeitabhängigen Leistungsgrundwerten ermitteln läßt.

Nachstehend werden die wichtigsten Standardwerte in Kurzform definiert.

Anschlußleistung des Abnehmers $\dot{Q}_{An}$

Es handelt sich dabei um die Summe der Nennleistungen aller beim Abnehmer installierten Wärmeverbrauchseinrichtungen (Heizkörper, Aggregate usw.).

Norm-Wärmeleistung des Abnehmers $\dot{Q}_{Norm}$

Sie stellt die notwendige Leistung aller Wärmeverbrauchseinrichtungen dar, um die geforderten Funktionen bei maximaler Belastung gleichzeitig zu gewährleisten.

Ausnutzungsgrad des Abnehmers a_A

Er berechnet sich als Quotient aus Norm-Wärmeleistung und Anschlußleistung zu

$$a_A = \frac{\dot{Q}_{Norm}}{\dot{Q}_{An}} \leqq 1. \qquad (1)$$

Dieser Wert wird oft auch als Verbrauchsfaktor bezeichnet.

Wärme-Höchstleistung des Abnehmers $\dot{Q}_{max}$

Sie spiegelt die tatsächlich auftretende maximale Leistung des Abnehmers wider. Der Wert ist in der Regel kleiner als die Norm-Wärmeleistung, da die Wärmeverbrauchseinrichtungen meistens nicht zeitgleich die volle Leistung benötigen.

Gleichzeitigkeitsfaktor des Abnehmers g_A

Er ergibt sich als Verhältnis von Wärme-Höchstleistung zur Norm-Wärmeleistung, jeweils bezogen auf den Abnehmer

$$g_A = \frac{\dot{Q}_{max}}{\dot{Q}_{Norm}} \leqq 1. \qquad (2)$$

Wärme-Höchstleistung des Wärmenetzes $\dot{Q}_{max,N}$

Hierbei handelt es sich um die an einem Netzknoten oder an der Netz-Einspeisestelle beim Zusammenschluß von n Abnehmern (mindestens zwei) maximal auftretende Wärmeleistung ohne Beachtung der Netz-Wärmeverluste. Der Wert $\dot{Q}_{max,N}$ ist in der Regel kleiner als die Summe der Wärme-Höchstleistungen der angeschlossenen Abnehmer $\sum_{i=1}^{n} \dot{Q}_{max,i}$, da diese Höchstwerte wiederum nicht zeitgleich wirken.

Gleichzeitigkeitsfaktor des Wärmenetzes g_N

Dieser ist das Verhältnis von Wärmehöchstleistung des Wärmenetzes zur Summe der Normwärmeleistungen der n-Abnehmer

$$g_N = \frac{\dot{Q}_{max,N}}{\sum_{i=1}^{n} \dot{Q}_{Norm,i}} \leqq 1. \qquad (3)$$

Der Gleichzeitigkeitsfaktor stellt bei dieser Definition eine Funktion des betrachteten Systems dar. Er wird in der Regel für die Einspeisestelle niedriger als für einen Netzknoten sein, der nur wenige Abnehmer zusammenfaßt.

Wärmeverlustleistung des Wärmenetzes $\dot{Q}_{verl,N}$

Es handelt sich hierbei um die maximal auftretenden Wärmeverluste der Rohrleitungen, die von den Abnehmern bis zu einem bestimmten Netzknoten oder bis zur Einspeisestelle (gesamtes Wärmenetz) führen. Der Wert $\dot{Q}_{verl,N}$ ist also vom betrachteten System abhängig.

Gesamt-Wärmeleistung des Wärmenetzes $\dot{Q}_{ges,N}$

Hierunter wird die Summe aus Wärme-Höchstleistung und Wärmeverlustleistung

$$\dot{Q}_{ges,N} = \dot{Q}_{max,N} + \dot{Q}_{verl,N} \qquad (4)$$

verstanden. Die Berechnung kann sowohl für einen Netzknoten als auch für das gesamte Netz vorgenommen werden.

Verlustfaktor φ

Er stellt das Verhältnis von Gesamt-Wärmeleistung zur Wärme-Höchstleistung des Netzes

$$\varphi_N = \frac{\dot{Q}_{ges,N}}{\dot{Q}_{max,N}} \geqq 1 \qquad (5)$$

dar. Bezugspunkt kann wiederum ein Netzknoten oder die Einspeisestelle sein.

Geht man beispielsweise von n Abnehmern mit den Anschlußleistungen $\dot{Q}_{An,i}$, m Abnehmern mit den Norm-Wärmeleistungen $\dot{Q}_{Norm,j}$ und p Abnehmern mit der gegebenen Wärme-Höchstleistung $\dot{Q}_{max,k}$ aus, so berechnet sich die Gesamt-Wärmeleistung des Wärmenetzes zu

$$\dot{Q}_{ges,N} = \varphi_N g_N \left(\sum_{i=1}^{n} a_i \dot{Q}_{An,i} + \sum_{j=1}^{m} \dot{Q}_{Norm,j} + \sum_{k=1}^{p} \frac{\dot{Q}_{max,k}}{g_{A,k}} \right). \qquad (6)$$

Auf die Ermittlung der im Netz fließenden Massenströme wird differenziert eingegangen, nachdem die Massenströme der Abnehmer systemabhängig analysiert worden sind.

1. Wärme- und Massenströme an den Abnehmern

Abnehmer in Wärmenetzen können Gebäudeheizungs- und Lüftungsanlagen sowie Warmwasserbereitungsanlagen sein. Es handelt sich dabei um Einzelanlagen oder um Kombinationen. Die Ermittlung der praktisch vorkommenden, maximalen Wärmeströme ist besonders sorgfältig vorzunehmen, da hier vielfach die Ursachen für eine Überbemessung des Netzes und der Erzeugeranlage liegen, die dann zu unnötigen Investitionen führen.

Bedeutungsvoll und problematisch zugleich ist die Untersuchung, welche partiellen Abnehmer gleichzeitig angeschlossen werden müssen. Weitere Betrachtungen sind der Rücklauftemperatur zu widmen. Sie spielt die entscheidende Rolle bei der Ermittlung der Massenströme. Letztere bestimmen die Investitionsaufwendungen der Netze und den Energieeinsatz für deren Betrieb maßgeblich. Um niedrige Massenströme zu erreichen, müssen niedrige Werte für die Wärme-Höchstleistungen und niedrige Rücklauftemperaturen angestrebt werden.

Im weiteren erfolgt eine nähere Betrachtung der Einzelkomponenten, wobei Gebäudeheizungs- und Lüftungsanlagen zusammengefaßt behandelt werden.

Grundsätzlich stellen die Empfehlungen nur Näherungen dar, da gegebene Werte nur mit verhältnismäßig geringem Aufwand beurteilt und evtl. korrigiert werden sollen. Weiter verbesserte Ergebnisse sind nur über eine exakte Anlagenbemessung selbst zu beziehen.

1.1. Gebäudeheizung

1.1.1. Wärmeleistung

Die Berechnung der Heizlast von Gebäuden ist in TGL 26760 standardisiert. Diese Ermittlung ist relativ genau, dennoch liegt eine Reihe von Unsicherheitsfaktoren vor. So werden beispielsweise die Speichervorgänge sowie die inneren und äußeren Wärmeübergangskoeffizienten nur als pauschale Mittelwerte erfaßt. Die Lufttemperaturprofile und die flächenbezogenen Strahlungstemperaturen bleiben ebenso wie das Heizungssystem unberücksichtigt. Die bauphysikalischen und bautechnischen Annahmen, wie z. B. Wärmeleitfähigkeit, Fugendurchlässigkeit u. a. m., sind nicht absolut sicher. Schließlich wirken die äußeren meteorologischen Komponenten (Lufttemperatur, Wind, Sonneneinstrahlung), die in der Rechnung ebenfalls pauschal berücksichtigt werden, nicht zu jedem Zeitpunkt in der angesetzten Größe. Da es auch künftig unmöglich sein wird, die genannten Unwägbarkeiten auszuschließen, bildet die standardisierte Heizlastberechnung die Basis für die Ermittlung des Gesamt-Wärmestroms der Gebäudeheizungs- bzw. Lüftungsanlage.

Anmerkung

Während der bisher nach TGL 112-0319 berechnete Gebäude-Wärmebedarf bei ordentlicher Bauausführung in der Regel etwa 15 Prozent über dem sich in der Praxis einstellenden Wert lag, trifft dies für die Berechnung nach TGL 26760 nicht mehr zu. Einerseits wurden die Berechnungsunterlagen präzisiert sowie einige Zuschläge gestrichen, andererseits birgt die Bauausführung in der Regel keine zusätzlichen Reserven mehr in sich.

Beurteilung der Projektwerte

Die in den Projekten angegebenen Anschlußleistungen sind meistens größer als die tatsächlich benötigten. Dies hat verschiedene Ursachen.

Subjektive Zuschläge werden oft vom Projektanten getroffen, da er den Annahmen oder den Berechnungsvorschriften nicht vertraut.

Derartige Zuschläge sollten keinesfalls erfolgen, da im nachhinein diese „Polster" nicht mehr erkennbar und zu korrigieren sind.
Objektive Zuschläge sind beispielsweise durch die Heizflächenauswahl und Unkenntnis der gleichzeitigen Belastung gegeben. Sie werden nachstehend betrachtet.

Ausnutzungsgrad

Die Abstufung im Heizflächensortiment erfolgt etwa mit dem Faktor 1,1, d. h. die jeweils nächste Baugröße hat eine zehn Prozent größere Leistung als die vorangegangene.
Bei der maschinellen Bemessung der Gebäudeheizungsanlagen wird bei der Auswahl der Heizflächen auch eine Minderleistung (bis zwei Prozent) zugelassen. Bei manueller Auswahl wird erfahrungsgemäß stets die größere Heizfläche gewählt. Außerdem berücksichtigt man sehr oft die Rohrabkühlung im Abnehmersystem durch Zuschläge in der Größenordnung von zehn Prozent, substrahiert den in den Raum abgegebenen Wärmestrom aber bei der Ermittlung der Heizflächen nicht.
Es wird eingeschätzt, daß der durch Gl. (1) definierte Ausnutzungsgrad etwa folgende Werte annimmt:

automatisierte Bemessung $a_A = 0{,}94 \ldots 0{,}96$ (7)

manuelle Bemessung $a_A = 0{,}85 \ldots 0{,}94$ (8)

Voraussetzung ist allerdings, daß die Temperaturen in den Räumen durch individuelle Regelung auch den Soll-Werten entsprechen.

Gleichzeitigkeitsfaktor

Die bedeutendsten rechnerischen Reduzierungen des maximalen Wärmestroms werden durch genaueste Betrachtung der tatsächlichen Betriebszeit und der gegebenen Überlagerungen erreicht. Dies ist bei Industrie- und Gesellschaftsbauten unbedingt erforderlich. Hierbei sind auch Lüftungsanlagen unter Beachtung der reduzierten Außenluftraten bei minimaler Außenlufttemperatur zu berücksichtigen. Es sollte stets ein *Belastungsdiagramm* (dies ist die Summenkurve der tatsächlich vorhandenen Heizlasten als Zeitfunktion) aufgestellt werden.
Aufgrund der objektspezifischen Besonderheiten können für den Industrie- und Gesellschaftsbau keine pauschalen Werte angegeben werden. Grundsätzliche Betrachtungen wurden in [1] für die *Einschaltwahrscheinlichkeit* von Heizkörpern im reinen Wohnungsbau angestellt. Die Grundüberlegung sei im folgenden kurz wiedergegeben:

Im Ausgangszustand sind alle Abnehmer an das Netz angeschlossen. Entsprechend den individuellen Bedürfnissen schalten die Abnehmer über die gesamte Versorgungsperiode mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit nur einen Teil der Norm-Wärmeleistung ein. Der für eine hinreichend sichere Versorgung erforderliche Bruchteil dieser theoretischen Gesamtlast — Wärme-Höchstleistung $\dot{Q}_{max}$ genannt — wurde nach folgendem Modell errechnet: Insgesamt sind n Wohnungen mit je r Heizkörpern gleicher Leistung angeschlossen. Die Gesamtzahl der Heizkörper ist somit $H = nr$. Die Einschaltwahrscheinlichkeiten betragen $p_i\,(i = 1, \ldots, H)$. Sie sind für alle Wohnungen die gleichen. Damit genügt es, nur jeweils eine Heizkörpergruppe zu betrachten und aus diesen Ergebnissen das Gesamtverhalten zu ermitteln. Die i-te-Gruppe umfaßt damit n Heizkörper, d. h. je Wohnung einen Heizkörper. Die Zufallsgröße, die die Gesamtzahl der eingeschalteten Heizkörper der Gruppe i angibt, ist binominal verteilt. Die partiellen Gleichzeitigkeitsfaktoren φ_i bei der Versorgungszuverlässigkeit $P_v = 0{,}999$ (d. h. 99,9 Prozent) sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Ergebnisse für veränderte Versorgungszuverlässigkeiten, z. B. 99 Prozent bzw. 99,99 Prozent, unterscheiden sich nur unbedeutend von den Tabellenwerten. Der Gleichzeitigkeitsfaktor für das Abnehmersystem berechnet sich dann zu

$$g_A = \frac{1}{H} \sum_{i=1}^{H} \varphi_i. \qquad (9)$$

Die Anzahl der Heizkörper H muß nicht zwangsläufig der tatsächlichen Heizkörperzahl entsprechen, sondern es kann auch eine weitere Parzellierung vorgenommen werden. Dies ist mitunter zweckmäßig, wenn man beispielsweise Aussagen zur Einschaltwahrscheinlichkeit von Heizkörper-Teilleistungen auswerten will.
Ein generell diffiziles Problem ist das Erfassen der Einschaltwahrscheinlichkeit selbst. Dieser Wert ist vor allem abhängig vom Energiebewußtsein der Bewohner und von finanziellen Stimuli.

Beurteilung von Kennwerten

In der Literatur werden oft spezifische Wärmebedarfswerte genannt. Sie sind auf verschiedene Bezugsparameter orientiert, z. B. auf 1 m² Wohnfläche, 1 m³ umbauten Raum, eine Wohnungseinheit u. a. m. Vor der Rechnung mit derartigen Kenngrößen zur Ermittlung der Wärme-Höchstleistung wird grundsätzlich gewarnt, da die Schwankungsbreite der Angaben zu groß und die Bezugseinheiten zu klein sind. Es sei daran erinnert, daß gerade in den vergangenen Jahren durch das wärmedichtere Bauen die bisherigen Kennwerte ihre Gültigkeit verloren haben.
Als relativ sicher gelten lediglich Vergleichswerte für komplexe Wohnungsbaugebiete ähnlicher Struktur, wobei gleiche Gebäudetypen, eine ungefähr gleiche Wohnungsverteilung und Nachfolgeeinrichtungen analogen Umfanges Bedingung sind.

Anschlußleistung, Norm-Wärmeleistung, Wärme-Höchstleistung

Liegt ein Projekt für eine Gebäudeheizungsanlage vor, so ist die ausgewiesene Wärmeleistung als Anschlußleistung $\dot{Q}_{An}$ aufzufassen, wenn zusätzlich keine speziellen Aussagen getroffen wurden. Die Norm-Wärmeleistung, d. h. der Wert der zur Soll-Wertgerechten Beheizung benötigt wird, errechnet sich nach Gl. (1) unter Verwendung der Angaben für a_A nach Gl. (7) und Gl. (8). Ist mit einem gleichzeitigen Betrieb aller angeschlossenen Wärmeverbrauchseinrichtungen zu rechnen, so gilt $g_A = 1$, womit die Wärme-Höchstleistung identisch der Norm-Wärmeleistung ist. Bei zeitlich versetztem Betrieb muß die Wärme-Höchstleistung nach dem Belastungsdiagramm bestimmt werden. Bei Wohnungsbauten ist eine Berechnung entsprechend Gl. (2) bei Bestimmung von g_A nach Gl. (9) möglich, wenn statistisch gesicherte Einschaltwahrscheinlichkeiten raumbezogen vorliegen (vgl. Abschnitt 1.1.3. Beispiel 1). Da derartige Werte derzeit noch nicht bekannt sind, kann diese tatsächlich vorhandene Leistungsminderung leider noch nicht erfaßt werden.

1.1.2. Massenstrom und Rücklauftemperatur

Die genannten Größen sind in Abhängigkeit der Anschlußart zu ermitteln.
Bei Vorhandensein eines Mengenbegrenzers ist der maximale Massenstrom allerdings bereits durch den eingestellten Wert determiniert.

n WE	Partielle Gleichzeitigkeitsfaktoren φ_i für die Einschaltwahrscheinlichkeiten p																	
	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,90	0,90	0,90	0,80	0,80	0,70	0,60	0,60	0,50
50	1	1	0,98	0,96	0,92	0,88	0,84	0,80	0,76	0,72	0,66	0,62	0,56	0,50	0,46	0,38	0,32	0,26
100	1	0,98	0,95	0,91	0,88	0,83	0,79	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,39	0,33	0,27	0,20
200	0,99	0,96	0,92	0,89	0,84	0,80	0,75	0,71	0,66	0,61	0,56	0,51	0,46	0,40	0,35	0,29	0,24	0,17
500	0,98	0,94	0,90	0,85	0,81	0,76	0,71	0,67	0,62	0,57	0,52	0,47	0,42	0,36	0,31	0,25	0,20	0,14
1000	0,97	0,93	0,89	0,84	0,79	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,29	0,24	0,19	0,13
2000	0,97	0,92	0,87	0,83	0,78	0,73	0,68	0,63	0,58	0,53	0,48	0,43	0,38	0,33	0,28	0,23	0,17	0,12
4000	0,96	0,91	0,87	0,82	0,77	0,72	0,67	0,62	0,57	0,52	0,47	0,42	0,37	0,32	0,27	0,22	0,17	0,11
8000	0,96	0,91	0,86	0,81	0,77	0,72	0,67	0,62	0,57	0,52	0,47	0,42	0,37	0,32	0,27	0,21	0,16	0,11
12000	0,96	0,91	0,86	0,81	0,76	0,71	0,66	0,61	0,56	0,51	0,46	0,41	0,36	0,31	0,26	0,21	0,16	0,11
16000	0,96	0,91	0,86	0,81	0,76	0,71	0,66	0,61	0,56	0,51	0,46	0,41	0,36	0,31	0,26	0,21	0,16	0,11
20000	0,95	0,91	0,86	0,81	0,76	0,71	0,66	0,61	0,56	0,51	0,46	0,41	0,36	0,31	0,26	0,21	0,16	0,11
24000	0,95	0,91	0,86	0,81	0,76	0,71	0,66	0,61	0,56	0,51	0,46	0,41	0,36	0,31	0,26	0,21	0,16	0,11
28000	0,95	0,91	0,86	0,81	0,76	0,71	0,66	0,61	0,56	0,51	0,46	0,41	0,36	0,31	0,26	0,21	0,16	0,11
32000	0,95	0,91	0,86	0,81	0,76	0,71	0,66	0,61	0,56	0,51	0,46	0,41	0,36	0,31	0,26	0,21	0,16	0,11

Tabelle 1:
Partielle Gleichzeitigkeitsfaktoren für den Wohnungsbau nach [1]

Lösung

Da keine Hinweise auf eine nicht zeitgleiche Belastung vorliegen, muß $g_A = 1$ gesetzt werden. Es kann somit eine Reduzierung der Anschlußleistung nur auf die Norm-Wärmeleistung erfolgen. Dieser Wert ist im Sinne der Gl. (2) der Wärme-Höchstleistung $\dot{Q}_{max}$ identisch. Die im Projekt gegebenen Daten erfüllen nicht die Enthalpiebilanz ($\dot{m}_A c\,(t^+{}_V - t^+{}_R) = 231840$ W). Dies und die Tatsache der manuellen Bemessung deuten auf pauschale nachträgliche Zuschläge zur Heizflächenleistung hin. Gemäß Gln. (1) und (8) ergibt sich

$$\dot{Q}_{Norm} = 0{,}9 \cdot 250000\,\text{W} = 225000\,\text{W}.$$

Die weiteren Betrachtungen erfolgen getrennt, jeweils bezogen auf die Art des Anschlusses.

Fall a):
Die tatsächliche Temperaturdifferenz ergibt sich gemäß Gl. (10) zu

$$\Delta t = \frac{225000}{4200 \cdot 1{,}38}\ \text{K} = 38{,}8\ \text{K}.$$

Damit betragen die näherungsweisen Netz- und Anlagentemperaturen nach den Gln. (11) bzw. (12):

$$t_{V,N} = \frac{110 + 70}{2}\ °\text{C} + \frac{38{,}8}{2}\ \text{K} = 109{,}4\ °\text{C}.$$

$$t_{R,N} = \frac{110 + 70}{2}\ °\text{C} - \frac{38{,}8}{2}\ \text{K} = 70{,}6\ °\text{C}.$$

Der Massenstrom entspricht dem Projektwert.

Fall b):
Für die Netz-Vorlauftemperatur gelte nach Projektangabe $t_{V,N} = 130$ °C, die Netz-Rücklauftemperatur entspricht dem Fall a) mit $t_{V,R} = 70{,}6$ °C. Damit errechnet sich der Massenstrom, der zwischen Netz und Abnehmeranlage getauscht wird, nach Gl. (13) zu

$$\dot{m}_N = \frac{225000}{4200\ (130 - 70{,}6)}\ \text{kg/s} = 0{,}90\ \text{kg/s}.$$

Fall c):
Wie im Vorspann zu Gl. (14) erläutert, werden $t_{V,N}$ und $t_{V,R}$ in erster Näherung gleich den Projektwerten angenommen. Der Massenstrom hat dann den Wert

$$\dot{m}_N = \frac{225000}{4200\ (130 - 80)}\ \text{kg/s} = 1{,}07\ \text{kg/s}.$$

Beispiel 3

Die im Beispiel 1 vorgestellte Heizungsanlage ist als Einrohrsystem ausgeführt und über eine Hausanschlußstation, die eine Einrichtung zur Rücklaufbeimischung enthält, an das Wärmenetz angeschlossen. Letzteres wird mit einer Vorlauftemperatur von $t_{V,N} = 150$ °C betrieben. Es sei weiterhin angenommen, daß die im Beispiel 1 errechnete Wärme-Höchstleistung statistisch gesichert ist. Das Heizungssystem selbst wurde laut Rechnerausdruck für die Temperaturen $t^+{}_V = 110$ °C, $t^+{}_R = 67$ °C ausgelegt. Es ist der Massenstrom, der vom Netz an den Abnehmer übertragen wird, zu ermitteln.

Lösung

Der Massenstrom in der Gebäudeheizungsanlage errechnet sich für den Auslegungszustand zu

$$\dot{m}_A = \frac{\dot{Q}_{An}}{c\,(t^+{}_V - t^+{}_R)} = \frac{1{,}21 \cdot 10^6}{4200\ (110 - 67)}\ \text{kg/s} = 6{,}7\ \text{kg/s}.$$

Dieser Wert ist bei der Einrohrheizungsanlage auch bei Drosselung der Heizflächendurchströmung nahezu konstant, so daß sich bei der Wärme-Höchstleistung eine Gebäude-Rücklauftemperatur von

$$t_R = t^+{}_V - \frac{\dot{Q}_{max}}{c\,\dot{m}} = 110\ °\text{C} - \frac{0{,}93 \cdot 10^6}{4200 \cdot 6{,}7}\ \text{K} = 77\ °\text{C}$$

ergibt. Da diese Temperatur identisch der Netz-Rücklauftemperatur ist, folgt nach Gl. (13)

$$\dot{m}_N = \frac{0{,}93 \cdot 10^6}{4200\ (150 - 77)}\ \text{kg/s} = 3{,}0\ \text{kg/s}.$$

Es ist eine Eigenart des Systems, daß bei der Einsparung von Energie die Rücklauftemperatur ansteigt. Wegen derartiger spezifischer Eigenschaften muß der Anmerkung im Abschnitt 1.1.2. bei Berücksichtigung des Gleichzeitigkeitsfaktors g_A stets besondere Aufmerksamkeit gelten.