Gutachten über die Wärmeversorgung eines Wohnkomplexes

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

1. Beschreibung der Anlage

Der Wohnkomplex wird durch ein Ölheizwerk, das in der Rechtsträgerschaft des Energiekombinates liegt, über ein Zweileiternetz und direkte Einspeisung mittels Hausanschlußstationen Typ HA 3 versorgt. Die Parameter sind:

Ruhedruck 8,1 kp/cm² ü;
Vorlaufdruck etwa 12 kp/cm² ü
Rücklaufdruck etwa 6 kp/cm² ü
Temperatur 150 °C/70 °C;
gleitende Fahrweise.

Es werden rund 50 Stationen angeschlossen und nach Abschluß des Baugebietes von einer zentralen Leit- und Überwachungsstation aus kontrolliert.

An eine Hausanschlußstation sind in der Regel vier Blöcke mit etwa 240 Wohnungseinheiten angeschlossen. Die erforderlichen Sekundär-Verteilungsleitungen haben eine Ausdehnung bis zu 250 m. Sie sind so weit als möglich in den Leitungsgängen der Kellergeschosse verlegt. Der Anschluß der Gebäudeheizungsanlagen erfolgt über Unterstationen, die aus zwei Drosselventilen und einem Differenzdruck-Manometer bestehen. Zur Realisierung der erforderlichen Umtriebdrücke sind den Hausanschlußstationen teilweise zusätzliche Umwälzpumpen vom Typ KRZQ nachgeschaltet.

Die Gebäudeheizungsanlagen des fünf- und sechsgeschossigen Wohnungsbaues und der gesellschaftlichen Bauten sind als Zweirohrsysteme ausgebildet. Es wurde untere Verteilung nach dem Tichelmannprinzip gewählt. Alle Strang- und Anbindeleitungen sind in der Dimension 1/2″ ausgeführt.

Die im Wohnkomplex vorhandenen Hochhäuser wurden mit Einrohrsystemen versehen.

2. Inbetriebnahme

Bei der Inbetriebnahme zeigten sich Funktionsstörungen an den Zweirohrheizungsanlagen, die mit Beginn der Heizperiode 1975/76 zu zahlreichen Beschwerden seitens der Mieter führten. Daraufhin wurde vom Ausführungsbetrieb eine Projekt-Mängelanzeige ausgelöst. Eine Beratung mit dem Projektanten ergab folgende Standpunkte:

Projektant

1. Die eingesetzten Hausanschlußstationen erreichen nicht die erforderlichen Parameter.
2. Mängel in der Installation haben ungenügende Entlüftung zur Folge.
3. Die Einregulierung der Anlage war unzureichend, so daß eine ungleichmäßige Massestromverteilung innerhalb des Systems auftritt.

Ausführungsbetrieb

1. Bei falscher Reglereinstellung oder überhöhter Abnahme von Gebrauchswarmwasser können evtl. Funktionsstörungen an der Hausanschlußstation auftreten. Dabei müßten die Druckschwankungen an den Unterstationen allerdings gleichermaßen verlaufen.
2. Bei den nicht funktionierenden Heizflächen konnten keine Gegengefälle festgestellt werden.
3. Die 1/2″-Heizkörper-Regulierventile weisen nicht die erforderliche Regulierfähigkeit auf, deshalb blieben die Einregulierungsversuche erfolglos.
4. Da die Funktionsstörungen nur in den unteren Geschossen auftraten, wird angenommen, daß die thermodynamischen Umtriebsdrücke unzureichend berücksichtigt wurden. Damit ist auch erklärlich, warum die Rücklaufanbindungen der unteren Geschosse teilweise eine höhere Berührungstemperatur haben als die Vorlaufanbindungen.

Der Projektant führt dies auf die relativ schlechte Funktion der Regulierventile zurück und schlug vor, zusätzlich Drosselscheiben einzubauen. Der Ausführungsbetrieb rüstete kurzfristig, in Sondereinsätzen, die Wohnblöcke mit Drosselscheiben nach Angaben des Projektanten nach. Im Interesse einer einwandfreien Raumbeheizung wurde diese Lei-

Tabelle 1
Strangbelastungen

	Strang 1	$\dot{Q}$ in kcal/h	$\dot{m}$ in kg/h	Strang 12	$\dot{Q}$ in kcal/h	$\dot{m}$ in kg/h
5.0 G	590/1800/2 ⑦ ⑤′ ⑤″ ⑧ ⑥ ⑨ 590/1200/2	2100 1500	52 38	⑦ 390/600/1 ⑤′ ⑧ ⑥ ⑨	380	9,5
		3600	90		380	9,5
4.0 G	590/1200/2 ④′ ④″ 590/1333/1 ⑤ ⑩	1490 1160	37 29	390/600/1 ④′ ⑤ ⑩	130	3,25
		6250	156		510	12,75
3.0 G	590/1200/2 ③′ ③″ 590/1333/1 ④ ⑪	1490 1160	37 29	390/600/1 ③′ ④ ⑪	130	3,25
		8900	222		640	16,00
2.0 G	590/1200/2 ②′ ②″ 590/1333/1 ③ ⑫	1490 1160	37 29	390/600/1 ②′ ③ ⑫	130	3,25
		11550	288		770	19,25
1.0 G	590/1200/2 ①′ ①″ 590/1333/1 ② ⑬	1490 1160	37 29	390/600/1 ①′ ② ⑬	130	3,25
		14200	354		900	22,50
EG	590/1600/2 EG′ EG″ 590/1333/1 ① ⑭	1940 1160	49 29	390/600/1 EG′ ① ⑭	220	5,5
		17300	432		1120	28,00
	alle Rohre 1/2″ Anschluß Trockenraum			alle Rohre 1/2″		

stung zunächst ohne Zusatzauftrag übernommen. Nach Einsatz der Drosselscheiben zirkulierten alle Heizkörper mit.

Die Umprojektierung auf ein Einrohrsystem lehnte der Projektant ab. Künftig werden dem Ausführungsbetrieb Projektnachträge für den Einbau von Drosselscheiben übergeben.

Trotz der guten Zusammenarbeit im operativ wirkenden Arbeitsstab bestehen grundsätzliche Differenzen bezüglich der Gesamtlösung. Des weiteren bestehen nach wie vor Instabilitäten in der Wärmeversorgung, so daß eine Gutachterkommission eingesetzt wurde.

Die Gutachterkommission informierte sich in Beratungen mit allen Beteiligten sowie durch Ortsbesichtigung über den aktuellen Stand und die Ergebnisse der eingeleiteten Maßnahmen.

Zur Beurteilung wurden die Berechnungsunterlagen von vier Wohnblöcken, die als repräsentativ für das gesamte Wohngebiet gelten, übergeben.

3. Begutachtung

3.1. Zweirohrheizung mit unterer Verteilung

3.1.1. Strangdimensionierung

Um die Stabilität eines gleichmäßigen Wasserumlaufes quantitativ beurteilen zu können, wurden zwei typische Stränge untersucht:

1. Wohnzimmerstrang mit doppelseitiger Belastung (Strang 1)
2. Badstrang mit einseitiger Belastung (Strang 12)

In Tabelle 1 sind die Strangdaten zusammengestellt. Die Berechnungsgrundlagen sind in [1] dargelegt, auf eine Widergabe kann somit verzichtet werden. Die Berechnung der thermodynamischen Druckanteile $\widetilde{\Delta}i$ ist aus Tabelle 2 ersichtlich. Die um 200 mm geringere Plattenhöhe des Stranges 12 wurde gegenüber Strang 1 vernachlässigt, so daß die Ergebnisse für beide Stränge gleichermaßen gelten.

Die Berechnung des Umtriebsdruckes erfolgte auf der Grundlage der gewünschten Temperaturspreizung 110 °C/70 °C. Obwohl für die Bäder die kleinsten Heizflächen gewählt wurden, liegt eine enorme Überdimensionierung vor, so daß bei Realisierung des rechnerischen Massestromes eine bedeutend niedrigere Rücklauftemperatur auftreten würde. Die im Betrieb zu erwartenden Verhältnisse sind nur mittels Automatenrechnung nachzubilden. Um die Ursachen der aufgetretenen Mängel festzustellen, sind jedoch die obige Annahme sowie eine manuelle Ermittlung ausreichend.

Tabelle 2: Thermodynamischer Umtriebsdruck 110 °C/70 °C – Vollast – (72 °C/52 °C – Halblast –) für Strang 1 und 12

TS	t' °C	t'' °C	ϱ' kg/m³	ϱ'' kg/m³	C —	H m	Vollast $\widetilde{\Delta}$ mm WS	Halblast $\widetilde{\Delta}$ mm WS
1	110	110	951	951	—1	1,2	—1141	—1172
	(72)	(72)	(977)	(977)				
2	110	110	951	951	—1	2,8	—2663	—2736
	(72)	(72)	(977)	(977)				
3	110	110	951	951	—1	2,8	—2663	—2736
	(72)	(72)	(977)	(977)				
4	110	110	951	951	—1	2,8	—2663	—2736
	(72)	(72)	(977)	(977)				
5	110	110	951	951	—1	2,8	—2663	—2736
	(72)	(72)	(977)	(977)				
6	110	110	951	951	—1	2,8	—2663	—2736
	(72)	(72)	(977)	(977)				
9	70	70	978	978	1	2,8	+2738	2764
	(52)	(52)	(987)	(987)				
10	70	70	978	978	1	2,8	+2738	2764
	(52)	(52)	(987)	(987)				
11	70	70	978	978	1	2,8	+2738	2764
	(52)	(52)	(987)	(987)				
12	70	70	978	978	1	2,8	+2738	2764
	(52)	(52)	(987)	(987)				
13	70	70	978	978	1	2,8	+2738	2764
	(52)	(52)	(987)	(987)				
14	70	70	978	978	1	0,6	+ 587	592
	(52)	(52)	(987)	(987)				
EG′; 1′;	110	70	951	978	1	0,6	+ 579	589
2′; 3′; 4′; 5′	(72)	(52)	(977)	(987)				

Die Berechnung der hydraulischen Druckverluste Δ_i erfolgte für den Strang 1 in Tabelle 3 und für den Strang 12 in Tabelle 4. Der Aufbau der Berechnung wurde nach [2] vorgenommen. Der Druckverlust (stets < Null) im Heizflächen-Stromkreis resultiert aus dem Druckverlust in den Anbindungen des Vor- und Rücklaufes, der Heizfläche selbst und dem Regulierventil. Da letzteres in einem bestimmten Bereich verstellbar ist, wurde dieser Anteil zunächst als Variable Δ_i in die Berechnung aufgenommen. Die Bezeichnung der Teilstrecken erfolgte der besseren Vergleichbarkeit wegen wie in den Berechnungsunterlagen zum Projekt. Die Klammerwerte in Tabelle 3 werden zunächst nicht beachtet.

Tabelle 3
Druckverluste im Strang 1

TS	NW Zoll	$\dot{m}$ kg/h	l m	R mm WS/m	$R \cdot l$ mm WS	$\Sigma\zeta$ —	S mm WS	$S \cdot \Sigma\zeta$ mm WS	Δ mm WS	w m/s
1 + 14	1/2	432	3,2	40,7	130	20	20,9	418	—548	0,65
	(3/4)			(8,98)	(29)		(6,29)	(126)	(—155)	(0,36)
2 + 13	1/2	354	5,6	27,9	156	0,5	14,0	7	—163	0,53
	(3/4)			(6,20)	(35)		(4,21)	(2)	(— 37)	(0,29)
3 + 12	1/2	288	5,6	18,6	104	0,5	9,09	5	—109	0,43
	(3/4)			(4,17)	(23)		(2,73)	(1)	(— 24)	(0,23)
4 + 11	1/2	222	5,6	11,1	62	0,5	5,23	3	— 65	0,32
	(3/4)			(2,53)	(14)		(1,57)	(1)	(— 15)	(0,18)
5 + 10	1/2	156	5,6	6,21	35	0,5	2,77	1	— 36	0,24
6 + 9	1/2	90	5,6	2,21	12	0,5	0,876	0	— 12	0,13
5′	1/2	52	2,0	0,840	2	6	0,292 Platte	2 + $x_{5'}$ 1	$x_{5'}$ — 5	0,08
5″	1/2	38	2,0	0,488	1	6	0,156 Platte	1 + $x_{5''}$ 1	$x_{5''}$ — 3	0,06
4′, 3′, 2′, 1′	1/2	37	2,0	0,488	1	2,5	0,156 Platte	0 + $x_{4'}$ 1	$x_{4'}$ — 2	0,06
4″, 3″, 2″, 1″ EG″	1/2	29	2,0	0,201	0	2,5	0,091 Platte	0 + $x_{4''}$ 1	$x_{4''}$ — 1	0,04
EG′	1/2	49	2,0	0,785	2	2,5	0,270 Platte	1 + $x_{EG'}$ 1	$x_{EG'}$ — 4	0,07

Tabelle 4 Druckverluste im Strang 12	TS	NW Zoll	$\dot{m}$ kg/h	l m	R mm WS/m	$R \cdot l$ mm WS	$\Sigma\zeta$ —	S mm WS	$S \cdot \Sigma\zeta$ mm WS	Δ mm WS	w m/s
	1 + 14	1/2	28,0	3,2	0,194	1	20	0,085	2	—3	0,04
	2 + 13	1/2	22,5	5,6	0,159	1	0,5	0,057	0	—1	0,03
	3 + 12	1/2	19,25	5,6	0,132	1	0,5	0,039	0	—1	0,03
	4 + 11	1/2	16,0	5,6	0,111	1	0,5	0,028	0	—1	0,02
	5 + 10	1/2	12,75	5,6	0,090	1	0,5	0,018	0	—1	0,02
	6 + 9	1/2	9,5	5,6	0,069	0	0,5	0,011	0	0	0,01
	5′	1/2	9,5	2,0	0,069	0	6	0,011 Platte	$0 + x_{5'}$ 0	$x_{5'}$	0,01
	4′; 3′; 2′; 1′	1/2	3,25	2,0	0	0	2,5	0 Platte	$0 + x_{4'} \cdots x_{1'}$ 0	$x_{4'} \cdots x_{1'}$	0
	EG′	1/2	5,5	2,0	0	0	2,5	0 Platte	$0 + x_{EG'}$ 0	$x_{EG'}$	0

Die projektmäßige Berechnung weist folgende Unzulänglichkeiten und Fehler auf:

Fehler 1: Die Berechnung des Druckverlustes in Plattenheizkörper kann nicht über den Einzel-Widerstandsbeiwert $\zeta = 2{,}5$ — wie für den Radiator gültig — erfolgen. Dafür sind die Druckverlust-Kennlinien des Heizflächenherstellers zu verwenden. (Um eine Größenvorstellung zu erhalten, wurde eine Rückrechnung der Diagrammwerte vorgenommen mit dem Ergebnis:
$\zeta = 4 \cdots 12$ (zweireihige $\cdots$ einreihige Platte).

Durch die Überlagerung von Einzelwiderständen und Rohrreibung innerhalb der Platte sind die ζ-Werte nicht konstant.

Fehler 2: Die Berechnung des Druckverlustes im Heizkörper-Regulierventil ist ebenfalls nach den Graphiken des Herstellers vorzunehmen. Die Annahme von $\zeta = 8{,}5$ ist absolut falsch; die 1/2″-Regulierventile haben mengen- und stellungsabhängige Werte in der Größenordnung von $\zeta = 40 \cdots 1100$.

(wird fortgesetzt)