

Ergebnisse des Vergleichs von zwei Hausanschlussstationen

## Weniger ist mehr – Innovative Kompakt-HAST überzeugt mit 27 Prozent höherer Temperaturdifferenz

Die Drewag vergleicht seit September 2018 monatlich die Zählermesswerte einer innovativen Kompakt-Hausanschlussstation(-HAST) mit besonders abgesenkten Rücklauftemperaturen mit denen einer Standardanlage in hierfür ausgewählten Zwillingshäusern. In [1] berichtete der Autor bereits über die Beweggründe für den bevorstehenden Test. Nachfolgend werden einige Ergebnisse des Vergleichs näher erläutert. Mit einer um 27 % höheren Temperaturdifferenz am Hausanschluss hat das innovative Konzept die Drewag überzeugt. Folgerichtig werden nun weitere 10 bis 15 Anlagen einem breiteren Test im sanierten Bestand unterzogen.

Die Drewag fordert in ihren Technischen Anschlussbedingungen bei Fernwärme-Neuananschüssen für Neubauten und modernisierte Altbauten eine Rücklauftemperatur von  $\Theta_{RL,FW,\emptyset} = 40^\circ\text{C}$ . Diese wird in der Praxis noch allzu oft überschritten. Dabei ist der Nutzen niedriger Rücklauftemperaturen immens. Bei der Absenkung der Rücklauftemperatur von  $\Theta_{RL,FW,\emptyset} = 65^\circ\text{C}$  auf  $40^\circ\text{C}$  ergibt sich für ein Netz wie das der Drewag ( $Q_{FW,2011} = 1,841\text{ TWh/a}$ ;  $n_{HAST,2011} = 7\,182\text{ HAST}$ ) ein Effizienzpotenzial von rd. 6,9 Mio. €/a. Für einen durchschnittlichen Hausanschluss ( $q_{I,\Sigma,\emptyset} = 84\text{ kW}$ ;  $Q_{i,\Sigma,\emptyset} = 256\text{ MWh/a}$ ) sind dies 960 €/a [1].

Damit sind niedrige Rücklauftemperaturen der entscheidende Faktor für eine wirtschaftliche Fernwärmeversorgung und Maßnahmen zu ihrer Absenkung auch im Bestand zwingend erforderlich. Thermo Integral (TI) hat sich auf die Entwicklung von hydraulischen Schaltungen mit besonders abgesenkten Rücklauftemperaturen spezialisiert. Referenzanlagen stehen in Kiev, München, Ulm, Halle und nun auch in Dresden.



Dr.-Ing. **Frank Triesch**,  
Geschäftsführer, Thermo  
Integral GmbH & Co. KG,  
Leipzig

Beide Hausanschlussstationen (HAST), die um ein Jahr ältere Drewag-Vergleichs-HAST und die neue TI-Referenz-HAST (Bild 1), versorgen in einem Mehrfamilienhauskomplex in Dresden aus einem PN-16-Sekundärnetz mit gleitender Fahrweise  $\Theta_{VL,PRI} = 90..70^\circ\text{C}$  identische Zwillingshäuser mit jeweils zwei Fußbodenheizkreisen mit  $\dot{Q}_{h,b,soll} = 2 \cdot 40\text{ kW}$ ,  $\Theta_{RL,MAX} = 37^\circ\text{C}$ ,  $\Theta_{VL,MAX} = 45^\circ\text{C}$  und einer Warmwasserbereitung im Durchflussprinzip mit  $\dot{Q}_{w,b,soll} = 170\text{ kW}$ ,  $\Theta_{K,MIN} = 10^\circ\text{C}$ ,  $\Theta_{W,MAX} = 60^\circ\text{C}$ .

Obwohl der hydraulische/thermische Abgleich des Heiz- und Trinkwarmwasserzirkulationssystems fehlen, die Heizungsumwälzpumpen dauerhaft auf maximale Drehzahl, die Trinkwarmwassertemperaturen (ab dem 06.05.2019) auf  $\Theta_w \approx 63^\circ\text{C}$  bzw.  $\Theta_{ZI} \approx 60^\circ\text{C}$  eingestellt sind und der zweite Wärmemengenzähler für die zweistufige Warmwasserbereitung nicht installiert wurde, so dass nur eine einstufige Warmwasserbereitung möglich ist, werden mit der TI-Referenzanlage außergewöhnlich gute Werte erzielt.

Oberhalb einer Außenlufttemperatur von  $\Theta_e \approx 10^\circ\text{C}$  beträgt die mittlere Primärücklauftemperatur im Heizbetrieb  $\Theta_{RL,FW,\emptyset} \approx 30^\circ\text{C}$ , darunter steigt sie leicht an – bei  $\Theta_e = 0^\circ\text{C}$  beträgt sie  $\Theta_{RL,FW,\emptyset} \approx 32^\circ\text{C}$ . Im Zeitraum vom 17.01. bis 27.02.2019 bei einer Außenlufttemperatur von  $\Theta_e = -9,5^\circ\text{C} \div 16,7^\circ\text{C}$  mit im Mittel  $\Theta_{e,\emptyset} = 1,3^\circ\text{C}$  betrug die Rücklauftemperatur im Mittel  $\Theta_{RL,FW,\emptyset} = 30,8^\circ\text{C}$  (Bild 2).

Im Zeitraum vom 24.03. bis 02.04.2019 bei einer Außenlufttemperatur von  $\Theta_e = 0^\circ\text{C} \div 21,2^\circ\text{C}$

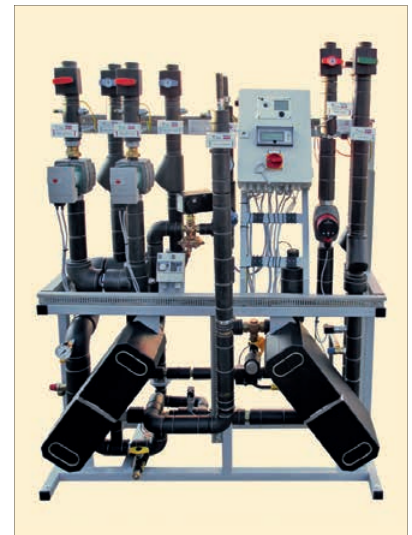


Bild 1. TI-Referenz-HAST

mit im Mittel  $\Theta_{e,\emptyset} = 6,7^\circ\text{C}$  betrug die Rücklauftemperatur im Mittel  $\Theta_{RL,FW,\emptyset} = 30,9^\circ\text{C}$ . Die Temperaturdifferenz am Hausanschluss betrug je nach Vorlauftemperatur  $\Delta\Theta_{FW} = 38,1 \div 54,3\text{ K}$  mit im Mittel  $\Delta\Theta_{FW,\emptyset} = 46,7\text{ K}$  (Bild 3).

Ebenfalls gut erkennbar ist die hohe Regelgüte des Thermostatreglers der Warmwasserbereitung im Durchflussprinzip mit im Mittel  $\Theta_{w,\emptyset} = 60,5^\circ\text{C}$  bei einer maximalen, kurzzeitigen Abweichung – in einem Zeitraum von über einem Monat – von  $\Delta\Theta_{w,MAX} = -3,5 \div +2,3\text{ K}$ , die sich in der Rezirkulationstemperatur  $\Theta_{ZI}$  kaum widerspiegelt (Bild 2 und Bild 4).

Weniger gleichmäßig sind die am Hausanschluss unterhalb von einer Außenlufttemperatur von  $\Theta_e \approx 10^\circ\text{C}$  gemessenen Primärvorlauftemperaturen (Bild 3), die die HAST-Regelung jedoch sehr gut ausgleicht (Bild 4).

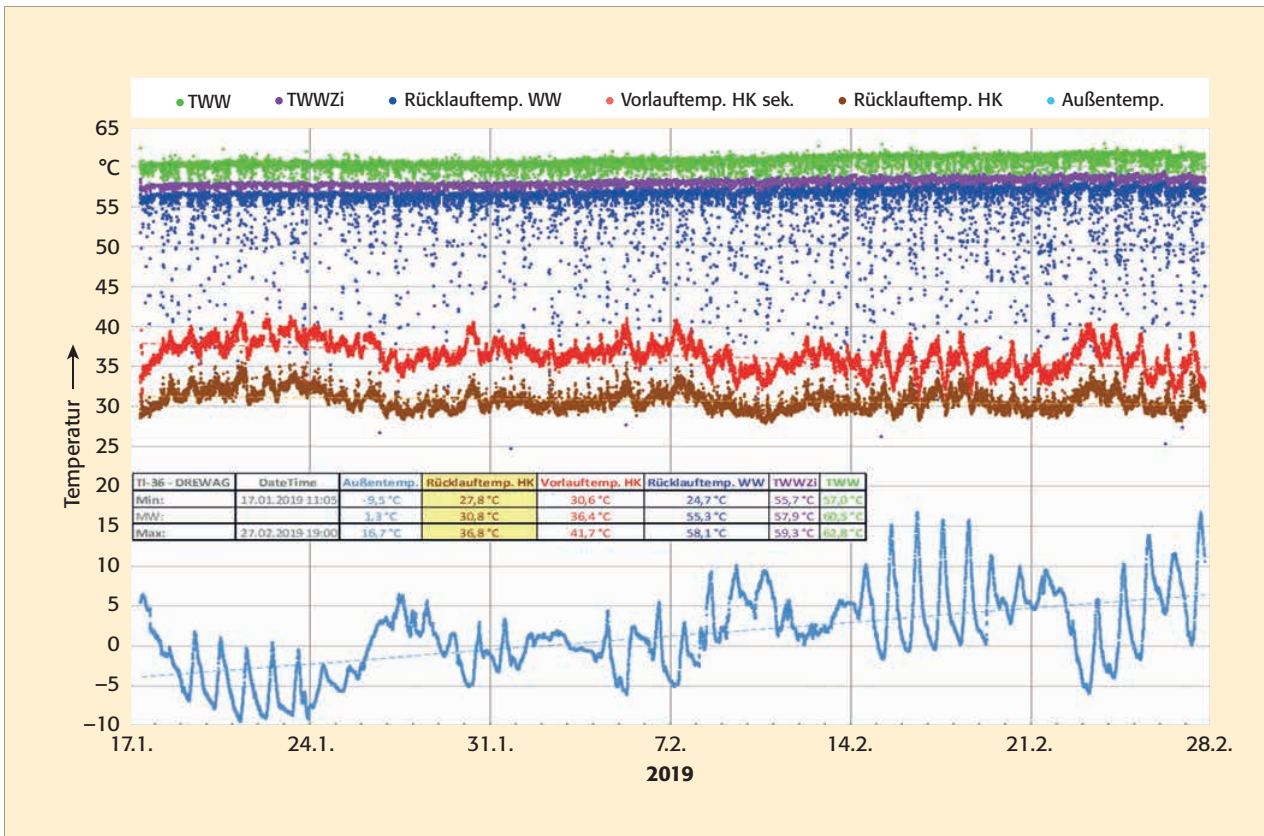


Bild 2. Temperaturmesswerte an der TI-Referenz-HAST im Zeitraum vom 17.01. bis 27.02.2019 im täglichen Verlauf

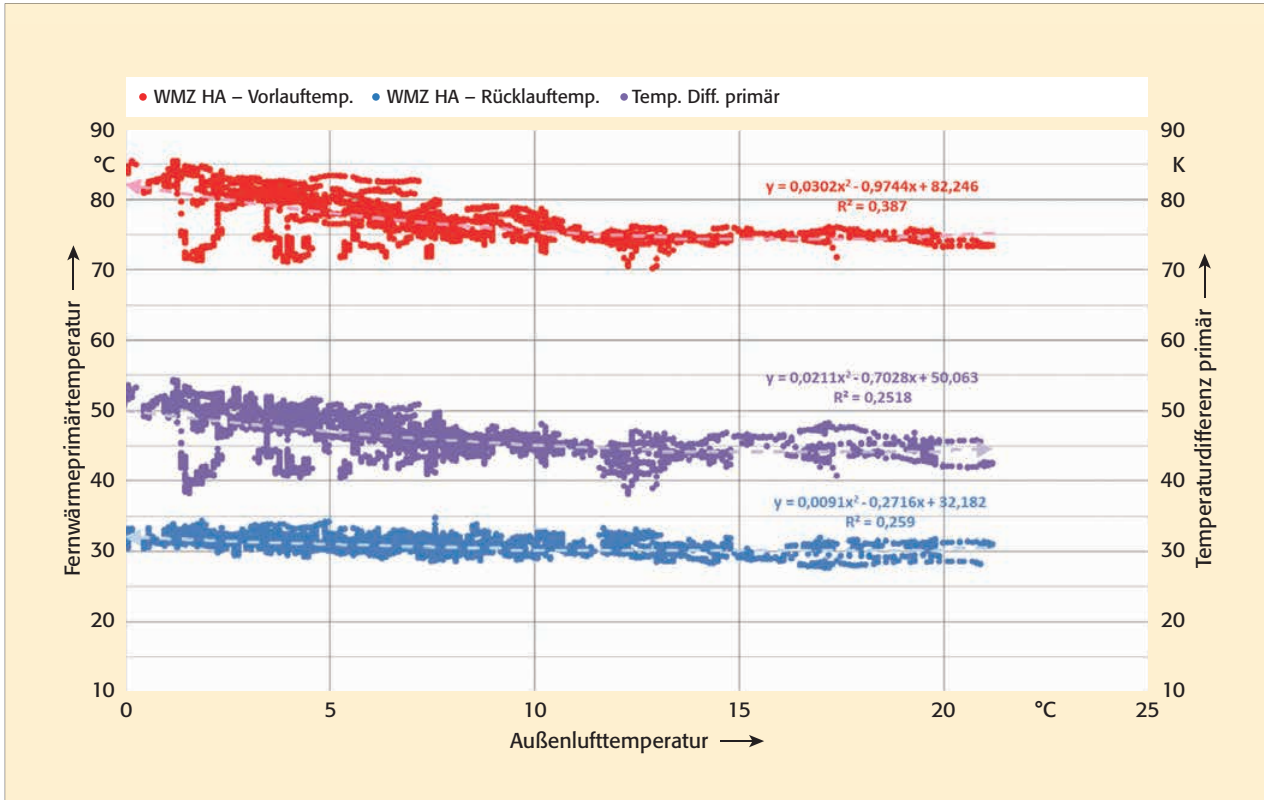


Bild 3. Temperaturmesswerte sowie Temperaturdifferenz am Fernwärmehausanschluss an der TI-Referenz-HAST im Zeitraum vom 24.03. bis 02.04.2019 als Funktion der Außenlufttemperatur

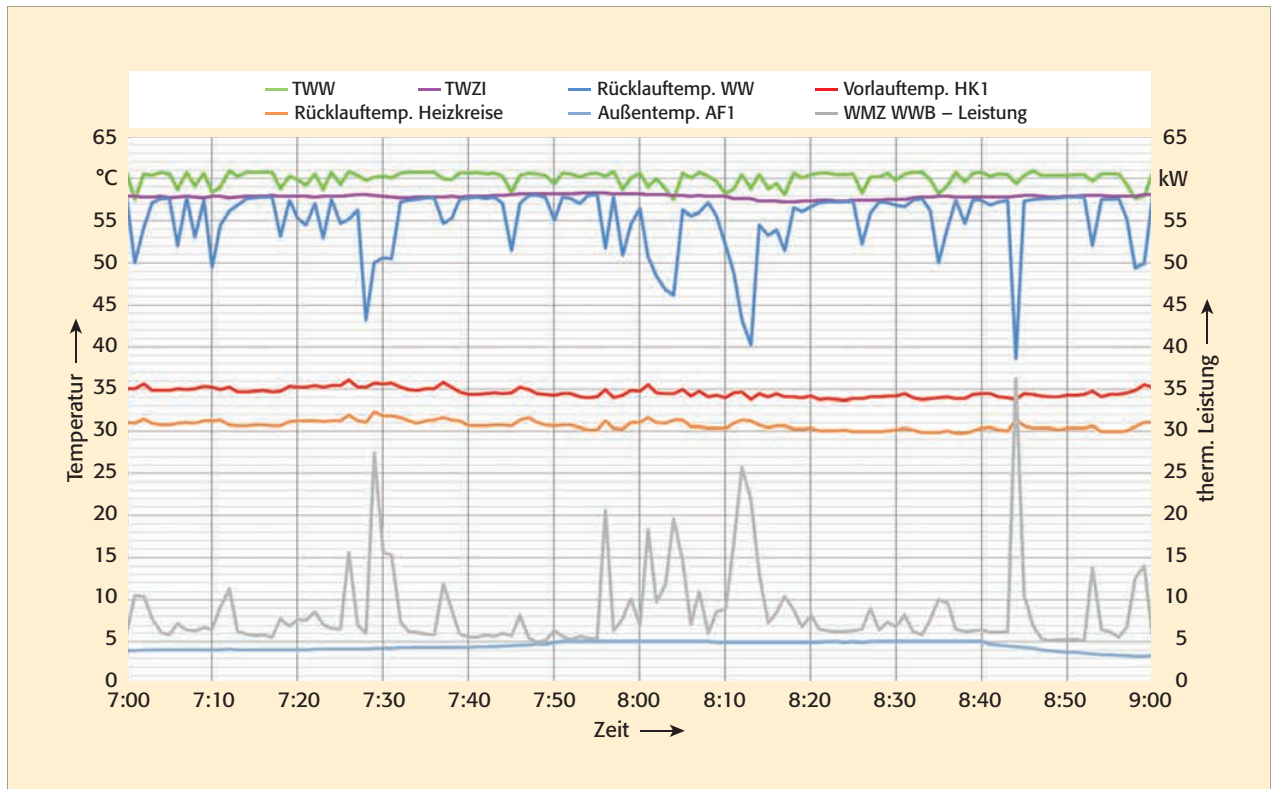


Bild 4. Temperaturmesswerte an der TI-Referenz-HAST in den Morgenstunden des 25.03.2019 (Zeitintervall 1 Minute)

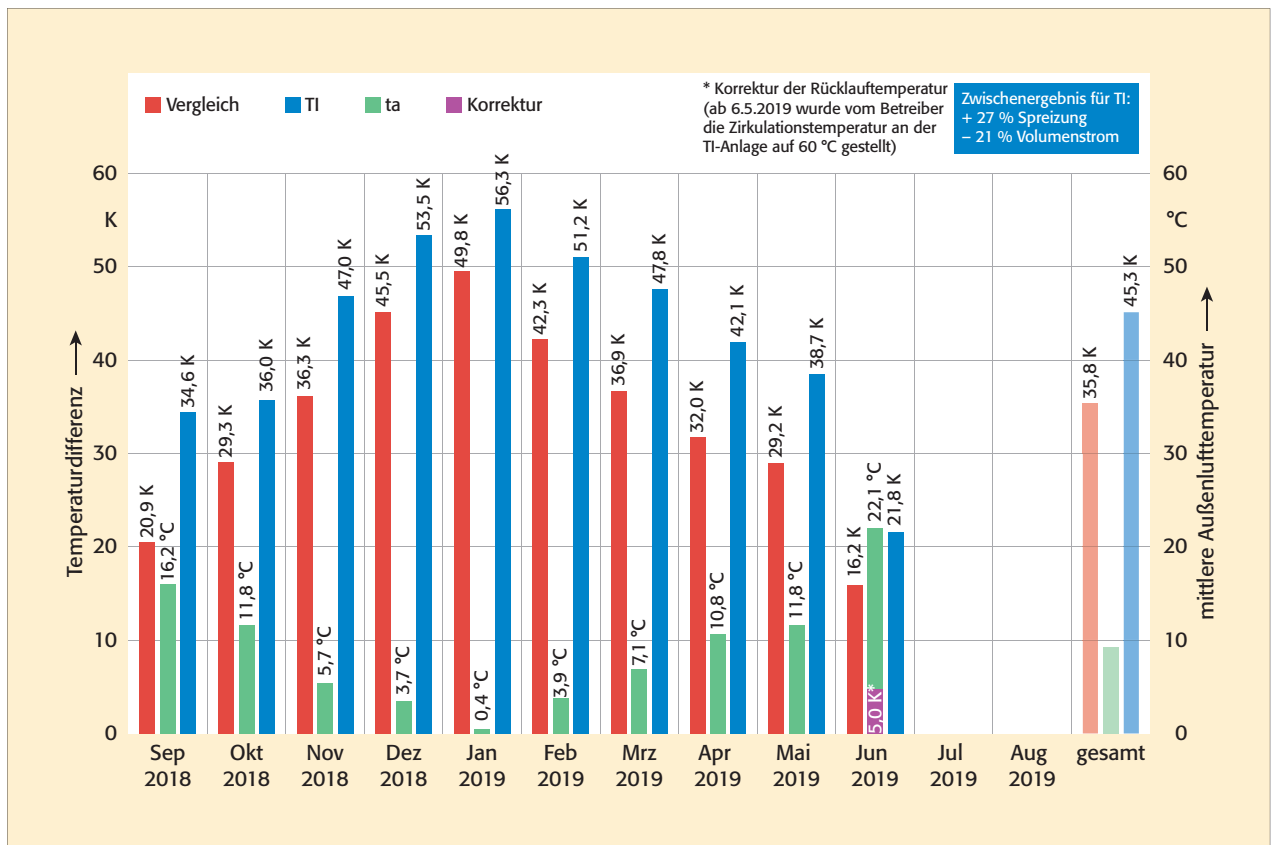


Bild 5. Temperaturdifferenz aus Zählermesswerten an den Fernwärmehausanschlüssen der Drewag-Vergleichs-HAST und der TI-Referenz-HAST im Zeitraum vom September 2018 bis Juni 2019

Im Vergleich mit der Standard-HAST wurde vom Versorger an der TI-Referenz-HAST im bisherigen Messzeitraum eine im Durchschnitt um  $\Delta\Theta_{FW,\emptyset} \approx 9,5$  K höhere Temperaturdifferenz am Fernwärmehausanschluss ermittelt (Bild 5). Die Spreizung war damit um 27 % höher, der spezifische Verbrauch an Primärvolumenstrom um 21 % geringer (19,4 zu 24,5 m<sup>3</sup>/MWh). Bei funktions-tüchtigem hydraulischen Abgleich der Heizkreise und bei Aktivierung der zweistufigen Warmwasserbereitung sind noch häufiger Rücklauf-temperaturen unter  $\Theta_{RL,FW,\emptyset} < 30$  °C und eine um  $\Delta\Theta_{FW,\emptyset} \approx + 2$  K höhere Temperaturdifferenz am Fernwärmehausanschluss zu erwarten.

#### Warmwasserzirkulation – ein zunehmendes Problem

Das Monitoring zeigte auch, dass in dem Mehrfamilienhaus in Dresden (Neubau, Fertigstellung 2018) eine

im Vergleich zur Heizlast unerwartet hohe Zirkulationslast auftritt. So genügt bei Außenlufttemperaturen ab  $\Theta_e \approx 10$  °C der Primärrücklauf aus der Warmwasserzirkulation, um die Heizung vollständig zu betreiben (Bild 6).

Im Folgenden werden die Messwerte der zertifizierten Wärmemengenzähler an der TI-Referenz-HAST dargestellt – zum einen des Fernwärmehausanschlusses, der den Verbrauch für Heizung und Warmwasserbereitung insgesamt misst (a), und zum anderen des Unterzählers, der nur den Anteil der Warmwasserbereitung misst (b), im Zustand reiner Trinkwarmwasserzirkulation ohne Zapfung (Tafel 1). Bei einer mittleren Außenlufttemperatur von  $\Theta_{e,d} = 15,4$  °C werden rd. 15 % der Auslegungheizlast  $\dot{Q}_{h,b,soll}$  benötigt. Wie aus Tafel 1 ersichtlich trägt der Trinkwarmwasser-Zirkulationskreislauf in der Übergangszeit mit einem Wärmeverlust von

$\dot{Q}_{i,\Sigma l,w,Praxis} \approx 5,6$  kW bereits zu knapp der Hälfte direkt und unregelt zur Heizlast des Gebäudes bei.

Den gesamten Sommer über wird diese Zirkulationslast nun die gut gedämmten Niedrigstenergiegebäude und das kaum gedämmte Kaltwasser-Verteilrohrnetz weiter direkt künstlich aufheizen und zu unerwünschten, negativen Effekten zu Lasten der Bewohner führen – zur Überheizung der Wohnräume beitragen und die Legionellenbildung in den Kaltwasserleitungen begünstigen [2;3]. So kommt es über die Steigschächte, in denen hier rd. 77 % des Wärmeverlusts der Warmwasserzirkulation auftreten, zu einer unregelmäßigen Aufheizung der Wohnräume um rd.  $\Delta\Theta_{i,rl,w} \approx 1,9$  K (Gl. 1 und Gl. 2).

Die detaillierte Berechnung mit EnEV-gerechten Dämmschichtdicken ergibt mit  $\dot{Q}_{i,\Sigma l,w} = 3,9$  kW einen um 30 % geringeren, zulässigen Wärmeverlust, als er in praxi auftritt,

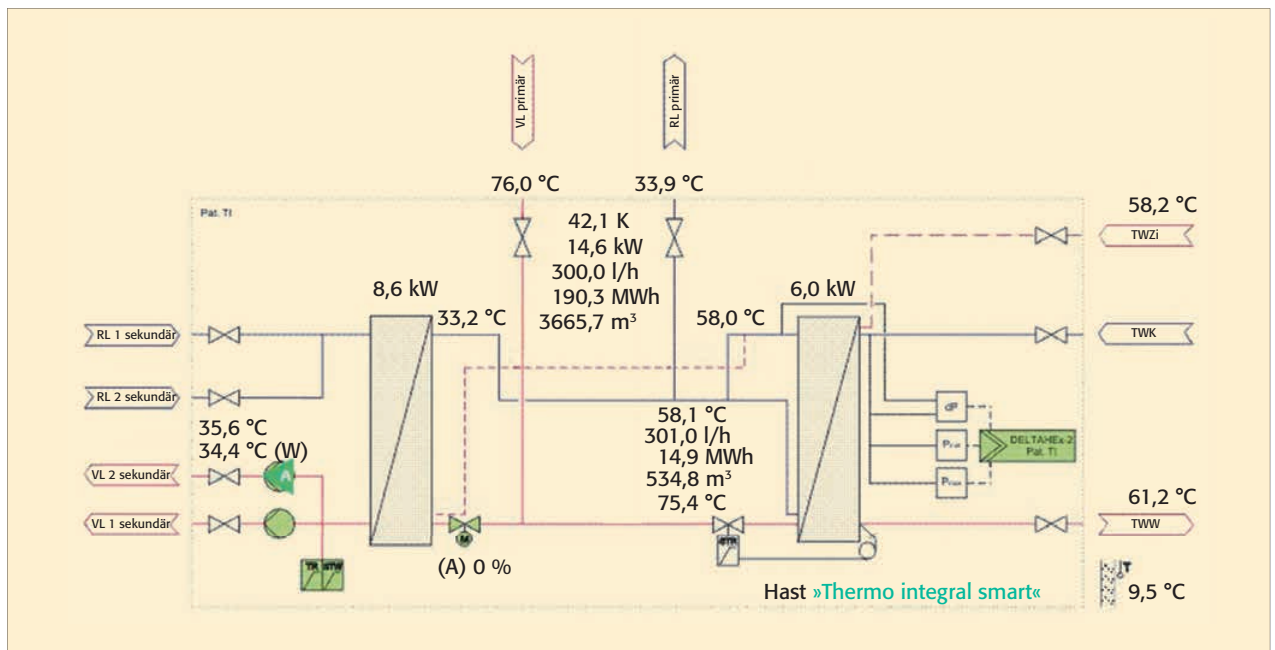


Bild 6. TI-Referenz-HAST bei Heizungsbereitung aus dem Rücklauf der Trinkwarmwasserzirkulation – Abbildung des Anlagenmonitorings am 06.03.2019, 08:55 Uhr

Datum	Uhrzeit	Außenluft temperatur	a) Heizlast gesamt	b) Zirkulationslast als Teil von a)	Anteil der Zirkulationslast
21.04.2019	07:29	7,1 °C	11,0 kW	6,2 kW	56,4 %
21.04.2019	11:20	16,2 °C	12,9 kW	5,9 kW	53,6 %
21.04.2019	12:17	18,8 °C	11,5 kW	5,1 kW	44,3 %
21.04.2019	20:34	19,4 °C	10,8 kW	5,2 kW	48,1 %
<b>Mittel:</b>	<b>13 h</b>	<b>15,4 °C</b>	<b>11,6 kW</b>	<b>5,6 kW</b>	<b>48,5 %</b>

Tafel 1. Anteilige Deckung der Heizlast durch das Warmwasserzirkulationssystem; Messwerte an einem Mehrfamilienhaus in Dresden (Neubau, Fertigstellung 2018)

Gleichungen

$$\Delta\theta_{i,rl,w} = \dot{Q}_{i,rl,w} * (\theta_{i,h,min} - \theta_{e,min}) / \dot{Q}_{h,b,soll} \quad (1)$$

$$\Delta\theta_{i,rl,w} = 5,6 \text{ kW} * 76,8 \% * (20 \text{ °C} - 15 \text{ °C}) / 80 \text{ kW} \approx 1,9 \text{ K} \quad (2)$$

$$\dot{Q}_{i,\Sigma,l,w,EnEV} / \dot{Q}_{i,\Sigma,l,w,Praxis} = 3,9 \text{ kW} / 5,6 \text{ kW} = 70 \% \quad (3)$$

$$\dot{Q}_{i,\Sigma,l,w,Praxis} / \dot{Q}_{i,\Sigma,l,w,EnEV} = 5,6 \text{ kW} / 3,9 \text{ kW} = 144 \% \quad (4)$$

$$q_{i,\Sigma,l,w,Praxis} = 5600 \text{ W} * 76,8 \% / 432 \text{ m} \approx 10 \text{ W/m} \quad (5)$$

$$\dot{Q}_{ir,rl,w,+1K} = \Delta\theta_{i,rl,w,max} / \left[ \frac{\theta_{i,h,min} - \theta_{e,min}}{\dot{Q}_{h,b,soll}} \right] \quad (6)$$

$$\dot{Q}_{i,rl,w,+1K} = \text{max. } 1 \text{ K} / [(20 \text{ °C} - 15 \text{ °C}) / 80 \text{ kW}] \leq 2,29 \text{ kW} \quad (7)$$

$$\dot{Q}_{i,rl,w,+1K} / \dot{Q}_{i,rl,w,Praxis} = 2,29 \text{ kW} / (5,6 \text{ kW} * 76,8 \%) = 53 \% \quad (8)$$

$$q_{i,rl,w,+1K} = 2290 \text{ W} / 432 \text{ m} = 5,3 \text{ W/m} \quad (9)$$

$$U_{i,+1K} = 5,3 \text{ W/m} / (65 \text{ °C} - 25 \text{ °C}) = 0,132 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K}) \quad (10)$$

d. h., der tatsächliche Wärmeverlust ist um rd. 44 % höher als nach EnEV zulässig (Gl. 3 und Gl. 4). Der in der Baupraxis auftretende, mittlere Wärmeverlust je Meter Rohrleitung im Steigschacht beträgt somit  $q_{i,\Sigma,l,w,Praxis} \approx 10 \text{ W/m}$  (Gl.5).

Damit weder in der Heizsaison noch im Sommer ein unverhältnismäßig großer, unregelmäßiger Wärmeeintrag auftritt, wird vorgeschlagen, die Dämmung ganzjährig warmgehender Rohrleitungen zukünftig am Wärmedämmstandard des Niedrigstenergiegebäudes auszurichten. Dafür ist die zumutbare, zusätzliche Aufheizung der Wohnräume im ungünstigsten Fall – dem durchgehenden Desinfektionsbetrieb – auf maximal 1 Kelvin zu begrenzen, d. h. für das betrachtete Mehrfamilienhaus am Standort Dresden auf  $\dot{Q}_{i,rl,w,+1K} \leq 2,29 \text{ kW}$  (Gl. 6 und Gl. 7). Dies erfordert eine Verringerung des Wärmeverlusts um etwa die Hälfte (Gl. 8) entsprechend einem zulässigen Wärmeverlust je Meter Rohrleitung in den Steigschächten von  $q_{i,rl,w,+1K} = 5,3 \text{ W/m}$  (Gl. 9).

Wird der ungünstigste Fall – die Warmwasserzirkulation im thermischen Desinfektionsbetrieb – bei  $\theta_{w,max} = 65 \text{ °C}$  zugrundegelegt, so ergibt dies einen zulässigen längenbezogenen Wärmeverlust von  $U_{i,+1K} = 0,132 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  (Gl. 10). Dies

System der Rohrdämmung	Breite bei Nullabstand	Temperaturen	Wärmeverlust Steigstränge	Wärmeverlust insgesamt	Q/Q <sub>EnEV</sub>	mittl. spez. Wärmestrom
Praxis	143 mm	62/58 °C	4,30 kW	5,60 kW	144 %	10,5 W/m
GEG-Entwurf	96 mm	65/55 °C	3,76 kW	4,87 kW	125 %	9,2 W/m
<b>EnEV-Dämmung</b>	<b>114 mm</b>	<b>65/55 °C</b>	<b>2,99 kW</b>	<b>3,89 kW</b>	<b>100 %</b>	<b>7,3 W/m</b>
verstärkte Dämmung	189 mm	65/55 °C	2,29 kW	2,93 kW	75 %	5,5 W/m
verringerte Leitfähigkeit	114 mm	65/55 °C	2,29 kW	2,96 kW	76 %	5,6 W/m
Inrohrzirkulation	88 mm	65/60 °C	1,82 kW	2,89 kW	74 %	9,2 W/m
Zirkulationssatellit	66 mm	60/48 °C	1,81 kW	2,54 kW	65 %	4,8 W/m

Tafel 2. Parameter verschiedener Warmwasserzirkulationssysteme am Beispiel des Dresdner Mehrfamilienhauses

entspricht gut der Hälfte (53 %) des bisher im Entwurf des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) vorgesehenen Grenzwerts von  $U_{i,GEG-E} = 0,250 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  [4].

Erfüllt werden kann diese Anforderung mit folgenden Warmwasserzirkulationssystemen (Details siehe in [5]):

- herkömmliches System mit doppelter Dämmschichtdicke nach Energieeinsparverordnung (EnEV),
- herkömmliches System mit Wärmedämmung mit vermindertem Wärmeleitwert  $\lambda \leq 0,025 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,
- Inrohrzirkulation [DD 159806 B1] mit Wärmedämmung nach EnEV,
- Zirkulationssatellit mit Heizungs-vorlauf und Warmwasserleitung unter gemeinsamer Dämmung [6].

Am Beispiel des Mehrfamilienhauses in Dresden ergeben sich für die verschiedenen Warmwasserzirkulationssysteme nachfolgend angeführte Parameter (Tafel 2).

Besonders praxistauglich erscheint der Zirkulationssatellit, der zugleich am einfachsten und schmalsten baut und den geringsten Wärmeverlust insgesamt ermöglicht. So baut er gegenüber einer EnEV-gerecht ausgeführten Wärmedämmung um mindestens 42 % schmaler, spart ein Drittel an Energie und hebt die Temperaturen in den Wohnräumen um lediglich 0,8 Kelvin bei vermindertem Wärmeverlust des in die Dämmung einbezogenen Heizungsvorlaufs.

Hinzu kommt der besonders positive Effekt der um  $\Delta\theta_{RL} = -7 \div -12 \text{ K}$  niedrigeren Fernwärmerücklauf-temperaturen, die in der Heizsaison durch die serielle Auskühlung des Heizungsvorlaufs in den Raumheizkörpern noch deutlich tiefer sinken.

Und nicht zuletzt gibt es hygienische Vorteile durch die fehlende Kettenkontamination, wie sie bei herkömmlichen Zirkulationssystemen vor allem mit Warmwasserspeichern auftreten kann.

### Ausblick

Die TI-Referenzanlage hat selbst im Vergleich mit der bisher effizientesten Standardanlage bei der Drewag, bei Fußbodenheizung und primärseitig eingebundener Durchflusswarmwasserbereitung, ihr großes Potenzial zur Rücklauf-temperaturabsenkung unter Beweis gestellt. Dies hat die Drewag überzeugt, weitere 10 bis 15 Anlagen im sanierten Bestand einem breiteren Test – auch im PN-25-Netz – zu unterziehen. Als Beitrag für eine hitzeresiliente Stadtentwicklung wird eine erste Testanlage mit Zirkulationssatelliten ebenfalls in Dresden errichtet. Alle Anlagen werden einem neutralen Monitoring unterzogen werden.

### Danksagung

Der Autor bedankt sich bei der Drewag für das entgegengebrachte Vertrauen und für die Bereitstellung der Messwerte.

### Literatur

[1] Triesch, E: Drewag testet Kompakt-HAST mit besonders abgesenkten Rücklauf-temperaturen. *EuroHeat&Power* 47. Jg. (2018), H. 4-5, S. 57 – 59.

[2] Hensel, H.: Hitzeangepasste Stadtentwicklung. DW Die Wohnungswirtschaft, 2019, H. 06, S. 12 – 14.

[3] Rühling, K.; Löser, J.; Hoppe, St.; Haupt, L.; Rothmann, R.; Lück, Ch.: Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasserinstallation – Erkenntnisse eines Verbundvorhabens, *EuroHeat&Power* 46. Jg. (2017), H. 12, S. 26 – 31.

[4] Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG) im Bearbeitungsstand 28.05.2019.

[5] Felsmann, C.; Triesch, E: Stellungnahme zum Referentenentwurf zum Gebäudeenergiegesetz im Bearbeitungsstand vom 28.05.2019, TU Dresden, Thermo Integral Leipzig, 28.06.2019.

[6] Triesch, E: Vorteile von zwei Systemen vereint – Zirkulationssatellit – Symbiose aus zentraler und dezentraler Wärmeversorgung, *EuroHeat&Power* 45. Jg. (2016), H. 7-8, S. 43 – 46. ■

triesch@gmx.de

www.drewag.de

www.thermointegral.de