

Besonders abgesenkte Rücklauftemperaturen

# Speicher oder Durchfluss – Warmwasserbereiter im Vergleich

Im Ergebnis einer mehrjährigen, systematischen Entwicklungsarbeit entstand eine sehr kompakte Fernwärme-Hausanschlussstation (HAST) mit besonders abgesenkten Rücklauftemperaturen. Grundlage ihrer hydraulischen Schaltung sind international geschützte Verfahren zur wechselweisen, zweistufigen Warmwasser- und Heizungsbereitung, realisiert mit jeweils einem Standardwärmeübertrager. Diese HAST und ein hydraulisch abgeglichenes Warmwasser- und Heizungssystem sind die Voraussetzungen für besonders abgesenkte Rücklauftemperaturen sowohl im Sommer als auch in der Heizsaison.

Die speichergebundene Warmwasserbereitung ist eine Hauptursache für erhöhte Rücklauftemperaturen. Sie hat entscheidende Nachteile, die dem Durchflusssystem nicht eigen sind. Dazu gehört bereits die Problematik der Auslegung. Aus der Raumzahl/Belegungszahl und dem sanitären Ausstattungsgrad werden meist nach überkommenen Normen (DIN 4708) Warmwasserverbrauch, Speichergröße und Nachladeleistung (Kesselzuschlag) ermittelt. Dazu wird die Speichergröße mit einem weiteren Sicherheitszuschlag in Schritten von rd. 250 bis 500 l nach oben aufgerundet ausgewählt. So ist die gespeicherte Warmwassermenge für die gesamte Lebensdauer der Warmwasserbereitungsanlage überdimensioniert. Dies führt zu entsprechend großen Membran-Druckausdehnungsgefäßen mit bis zu 100 l Nennvolumen je 1000 l Speicherinhalt, einem niedrigen Warmwasserumschlag im System und zusammen zu hohem Wär-

tungsaufwand und Problemen mit der Trinkwasserhygiene.

## Wärmeverluste

Speicherbehälter erzeugen bedeutende Bereitschaftswärmeverluste in den Aufstellungsraum. Hinzu kommen die Wärmeverluste der Verroh-

ung des Wärmespeichers mit 20 %. So entstehen durchschnittliche Wärmeverluste von 1,1 bis 3,6 MWh/a (Bild 1) [1].

## Thermische Desinfektion

Für eine regelmäßige Aufheizung der Speicher und des Warmwassernetzes zum Schutz vor Legionellen auf 70 °C wird eine nicht immer nur temporäre Anhebung der Vor- und Rücklauftemperaturen praktiziert. Die Rücklauftemperatur steigt in dieser Zeit bis auf 73 °C.

Aber auch der Energieverbrauch der Warmwasserbereitung selbst steigt erheblich. Durch eine Anhebung der Warmwassertemperatur von 60 auf 70 °C steigt – ganz abgesehen von der Verbrühungsgefahr – der Wärmebedarf zur Erwärmung bei gleicher Zapfmenge um 20 %, die Wärmeverluste des Speichers und des Warmwasserleitungssystems an die Umgebung um 25 % (Bild 2).

## Warmwasserzirkulation

Die Zirkulationsleitung wird meist im oberen Teil des Speichers eingebunden. War der Speicher mit

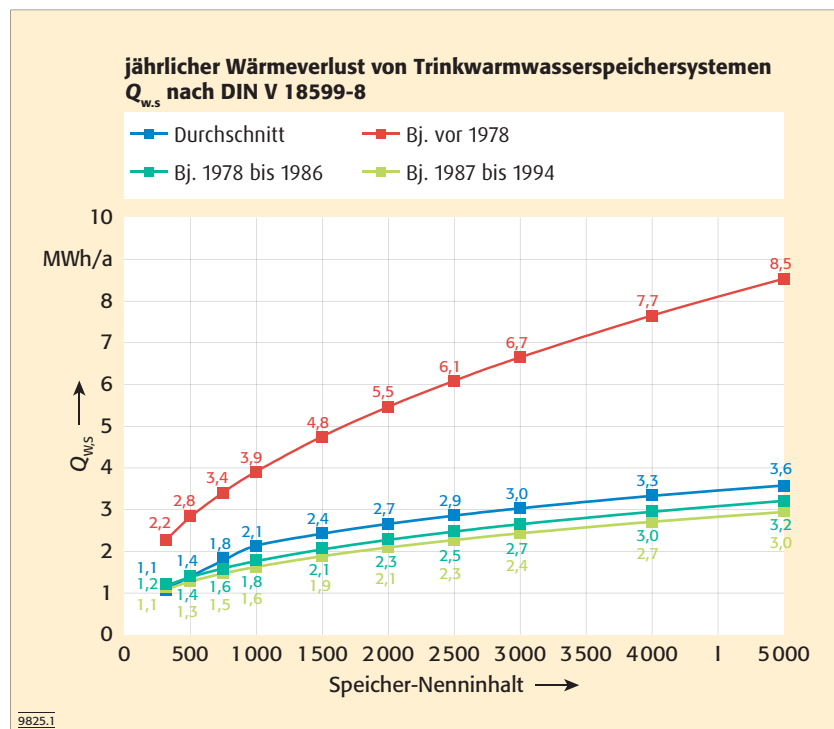


Bild 1. Jährlicher Wärmeverlust von indirekt beheizten Trinkwarmwasserspeichersystemen verschiedener Wärmedämmstandards nach DIN V 18599-8 (mittlere Temperaturdifferenz zwischen Speicherwasser und Aufstellungsraum 45 K) [1]



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

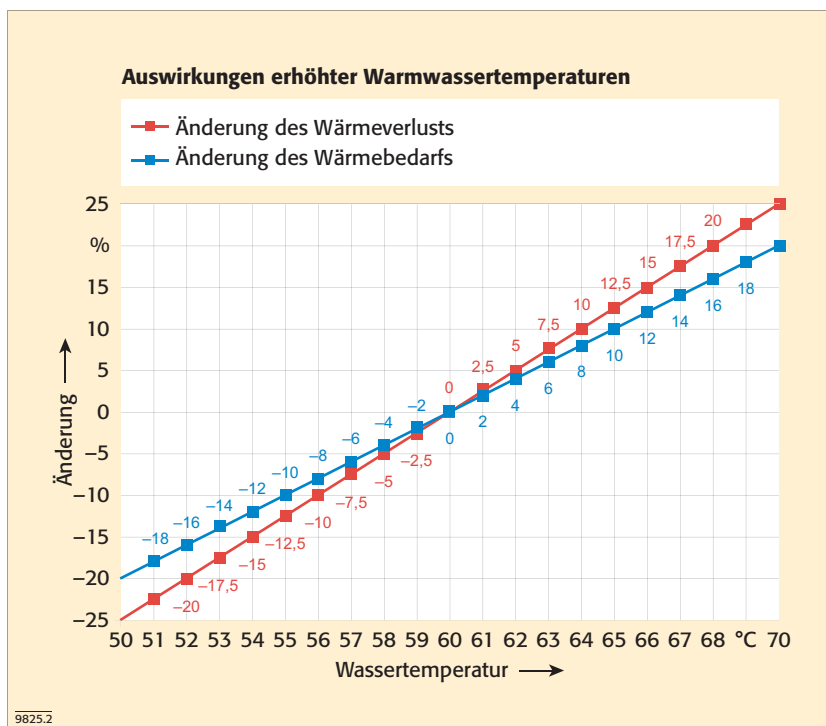


Bild 2. Auswirkungen erhöhter Warmwassertemperaturen auf Wärmebedarf und Wärmeverlust im Speicher und Rohrnetz (kaltes Trinkwasser 10 °C; gleicher Warmwasserverbrauch; Raumtemperatur 20 °C)

60-gradigem Wasser befüllt, sinkt das schwerere Zirkulationsrücklaufwasser im Speicher nach unten und vermischt sich mit dem Speicherinhaltswasser zu im Mittel 58 °C, was zum Ansprechen des Speicherthermostats führt. Im Extremfall hat bis dahin keine Warmwasserzapfung stattgefunden. Mit einem fest eingestellten Ladevolumenstrom wird der Speicher nun von oben nach unten neu aufgeladen.

Ein hoher Volumenstrom führt im Speicher zu einer starken Verwirbelung und zur Bildung einer großen Mischzone mit einer mittleren Temperatur bis 59 °C. Bei einer Rücklauftemperatur von 61 °C, zum Ende des Ladeprozesses von 63 °C sinkt die Ladeleistung.

Die Temperaturen im Wärmeübertrager liegen vollständig oberhalb des Beginns der Kalkbildung. In der Folge einer möglichen Verkalkung des Wärmeübertragers

steigen Primärücklauftemperatur und -durchflussmenge zwangsläufig weiter an.

Eine Einbindung der Zirkulationspumpe in den Ladekreis bedingt eine Verbesserung der Speicherschichtung und eine Absenkung der Rücklauftemperatur auf nahe 55 °C. Damit ist der Ladekreis fortwährend in Betrieb. Bei der Speicherladung führt die Vermischung von Zirkulations- und kaltem Speicherwasser vor dem Wärmeübertrager zu hohen Rücklauftemperaturen.

### Indirekte Einbindung

Die Situation verschlechtert sich weiter, wenn die Warmwasserbereitung – wie bei vielen Versorgungsunternehmen aus Furcht vor einer inneren Leckage des Wärmeübertragers noch immer vorgeschrieben – sekundärseitig, also über einen Zwischenkreislauf, vorgenommen wird. Soll dieselbe Temperaturspreizung erhalten bleiben [2], z. B. 10 K, werden zwei Wärmeübertrager mit Zwischenkreislauf erforderlich, mit einer im Vergleich zu einem primärseitig eingebundenen Apparat etwa sechsfachen Wärmeübertragungsfläche (Bild 3). Aus Kostengründen wird in der Praxis meist eine größere Temperaturspreizung gewählt, was wiederum zu höheren Rücklauftemperaturen führt.

Hinzu kommt der Pumpenergieaufwand für die Zwischenkreispumpe. Ein konstanter Volumenstrom ist auch hier nicht in allen Betriebsfällen optimal. Wird die Zwischenkreispumpe nicht gedrosselt, führt dies neben einem erhöhten Strombedarf zu einem erhöhten Volumenstrom – und unweigerlich zu einer steigenden Rücklauftemperatur. Deshalb sollte der Förderstrom an die Ladebedingungen, z. B. per Drehzahlregelung, angepasst werden.

Anstelle einer Drehzahlregelung wird – wiederum aus Kostengründen – oft eine Drosselregelung mit mechanischem Volumenstromregler gewählt. Dies führt zu einem erhöhten Strombedarf. Auch eine Beimisch- oder Einspritzschaltung zur Einstellung der Warmwasserladedetemperatur bei parallelem Heizbetrieb führt mit oder ohne Volumenstrombegrenzung zu erhöhten Rücklauftemperaturen.

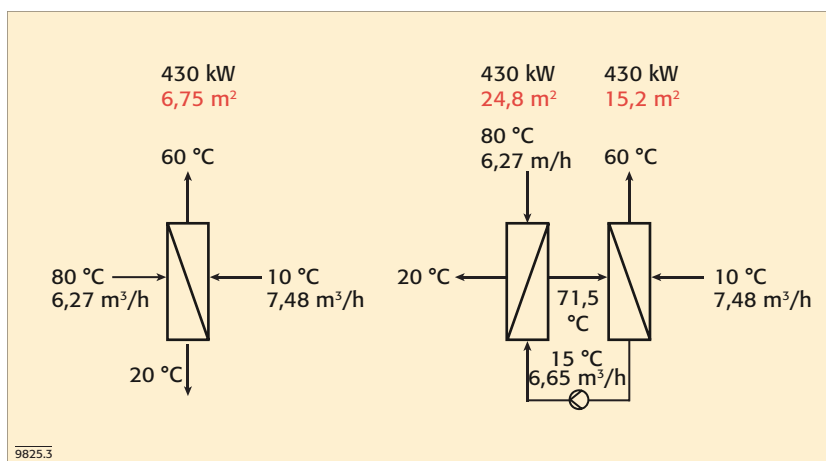


Bild 3. Wärmeübertragungsflächen bei Primär- (l.) und Sekundäreinbindung (r.) der Warmwasserbereitung bei identischer Temperaturspreizung von 10 K

## Folgen erhöhter Rücklauftemperaturen

In der Folge ist die speichergebundene Warmwasserbereitung eine Hauptursache für überhöhte Rücklauftemperaturen in Fernwärmenetzen. So steigt im Sommer der erforderliche Volumenstrom bei einer Rücklauftemperatur von 70 °C gegenüber einer Normrücklauftemperatur von 50 °C auf das Dreifache, der Druckverlust auf das Siebenfache, der erforderliche Pumpenergieaufwand auf das 21-fache (Bild 4). Auch die Wärmeverluste im Rücklauf erhöhen sich bei diesen Bedingungen auf 150 % (Bild 5). In der Geothermie verringert sich die Ergiebigkeit einer Bohrung auf 65 % (Bild 6).

## Aufgabenstellung: niedrige Rücklauftemperaturen

Immer wieder ist von Fernwärmeversorgungsunternehmen zu hören, dass sie gern die Rücklauftemperaturen absenken würden, aber die Hausanlagen der Kunden dies nicht zuließen; eine Fernwärme-HAST könne hier nur einen sehr begrenzten Beitrag leisten.

In der Praxis konnte jedoch gezeigt werden, dass mit hydraulisch abgeglichenen, mit der richtigen Temperatur betriebenen Hausanlagen und einer innovativen HAST auch mit herkömmlichen, statischen Heizflächen durchaus besonders abgesenkte Rücklauftemperaturen zu erreichen sind.

Dabei bedarf es keiner komplizierten Lösung, um das thermodynamisch wie wirtschaftlich mögliche Optimum zu erzielen. Basisentwicklung ist die sehr effiziente, wechselseitig zweistufige Warmwasser- und Heizungsbereitung, ausgeführt mit jeweils einem Standard-Plattenwärmeübertrager (Bild 7).

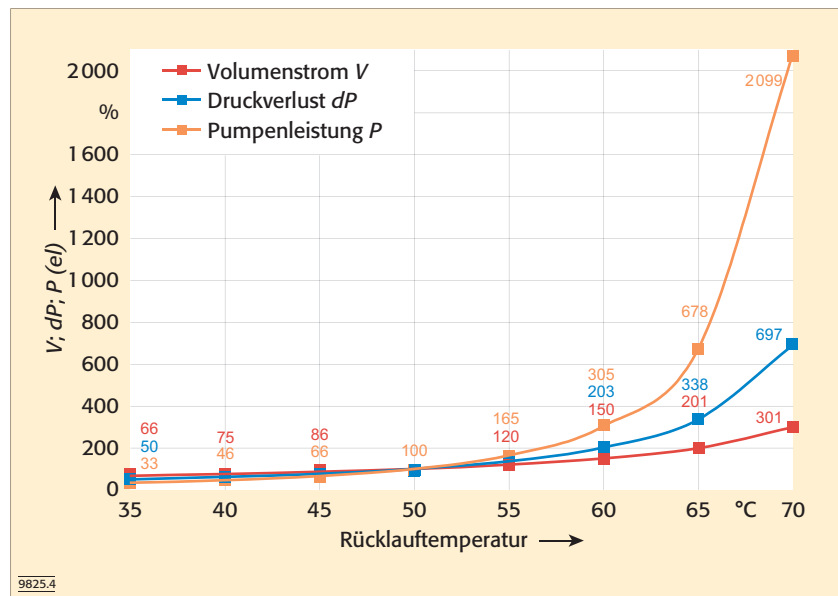


Bild 4. Auswirkungen der Fernwärmerücklauftemperatur auf den Betrieb eines Fernwärmenetzes im Sommer (Vorlauf 80 °C; Nennrücklauf 50 °C) [3]

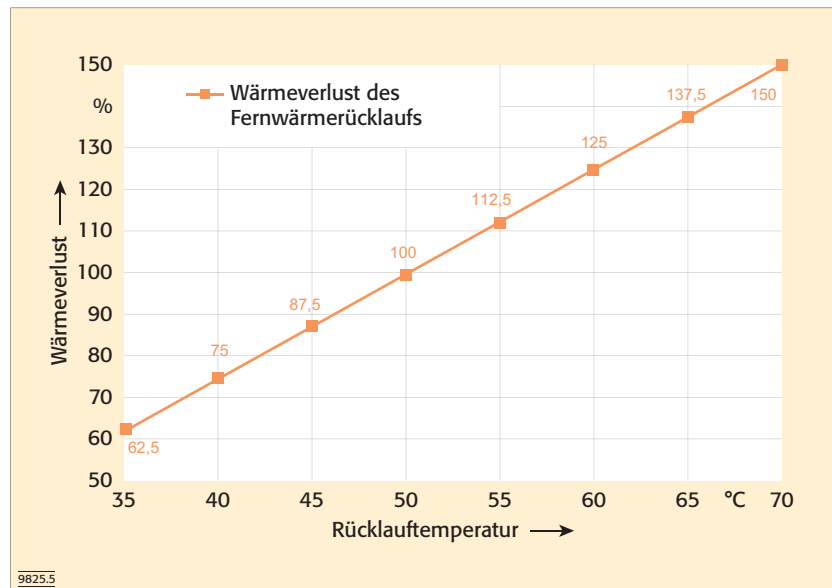


Bild 5. Auswirkungen der Fernwärmerücklauftemperatur auf den Wärmeverlust im Fernwärmerücklauf (Umgebungstemperatur 10 °C)

## Praktische Erfahrungen

Die HAST und Frischwassermodule Waleo von Thermo Integral zeich-

nen sich durch besonders abgesenkte Rücklauftemperaturen aus. An einer Referenzanlage einer Kompakt-HAST in Ulm wurden von der

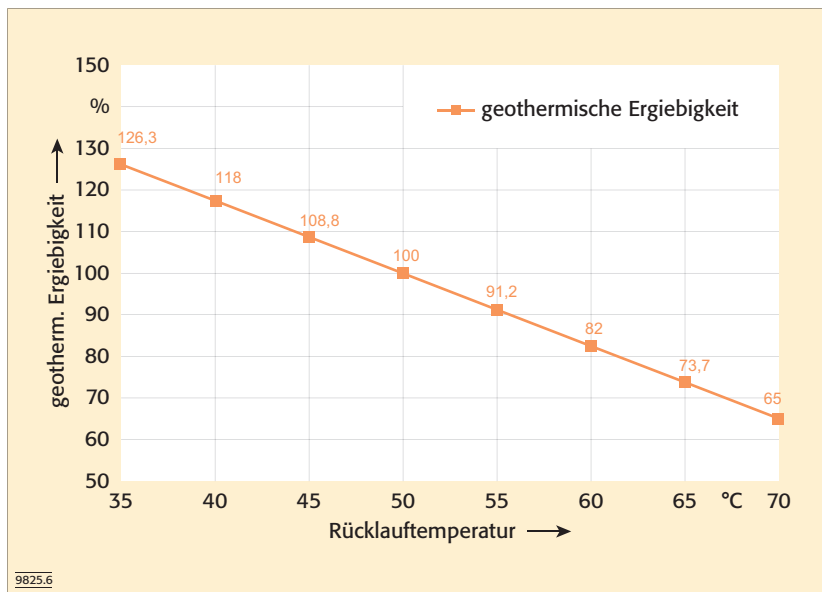


Bild 6. Auswirkungen der Fernwärmerücklauf-temperatur auf die geothermische Ergiebigkeit (Thermalwassertemperatur 110 °C)

Fernwärme Ulm GmbH im Januar 2012 durchschnittliche Rücklauf-temperaturen von 29,5 °C gemessen (Bild 8) [4].

Die Hausanlage in dem neu errichteten Sozialgebäude besteht aus einer Zentrallüftungsanlage, Fußbodenheizung und zweistufiger Warmwasserbereitung im Durchflussprinzip. Zudem haben die Anlagen sehr kompakte Abmessungen. Mit einer Grundfläche von nur 0,67 m · 0,8 m = 0,54 m<sup>2</sup> und einer Höhe von 1,2 m finden die HAST bei Anschlussleistungen bis rd. 600 kW

nahezu in jeder noch so kleinen Nische einen Stellplatz.

In einem sanierten Mehrfamilienhauskomplex mit 60 Wohn- und Geschäftseinheiten in Halle (Saale) mit einer Hausanlage, bestehend aus Heizkreisen mit überwiegend statischen Heizflächen 70/55 °C, einer kleineren Fußbodenheizung und einer zweistufigen Warmwasserbereitung im Durchflussprinzip, wurden im Sommer wie in der Heizsaison Rücklauf-temperaturen von durchschnittlich < 43 °C erreicht (Bild 9 und 10).

Die Messungen werden mit geeigneten Wärmemengenzählern durchgeführt, die über M-Bus minütlich ausgelesen und in einem Web-Modul für etwa eine Woche gespeichert werden. Über eine Internetanbindung können sie zu jeder Zeit von jedem Ort aus eingesehen werden.

Diese smarte Lösung ermöglichte erst die fachgerechte Inbetriebnahme der HAST, bei der diverse Unzulänglichkeiten in der Einstellung der Hausanlage sowohl in der Warmwasserbereitung als auch im Heizsystem auftraten, die daraufhin weitestgehend abgestellt werden konnten. Der Fernheizungsregler wurde aus der Ferne in mehreren Stufen an die vorgefundene Hausanlage angepasst.

Im Ergebnis fallen die besonders gleichmäßigen Rücklauf-temperaturen mit nur geringen Schwankungen im Sommer sowie in der Heizsaison auf. So werden thermisch bedingte Wechselspannungen in der Fernwärmerücklaufleitung vermieden, wie sie bei statischen Kaskadenschaltungen noch auftreten (beschrieben z. B. in [3]).

**Frischwassermodul Waleo**

Die Frischwassermodule Waleo haben im Vergleich zur HAST eine nochmals halbierte Tiefe und Aufstellungsfläche (0,67 m · 0,4 m = 0,27 m<sup>2</sup>). An einem Frischwasser-

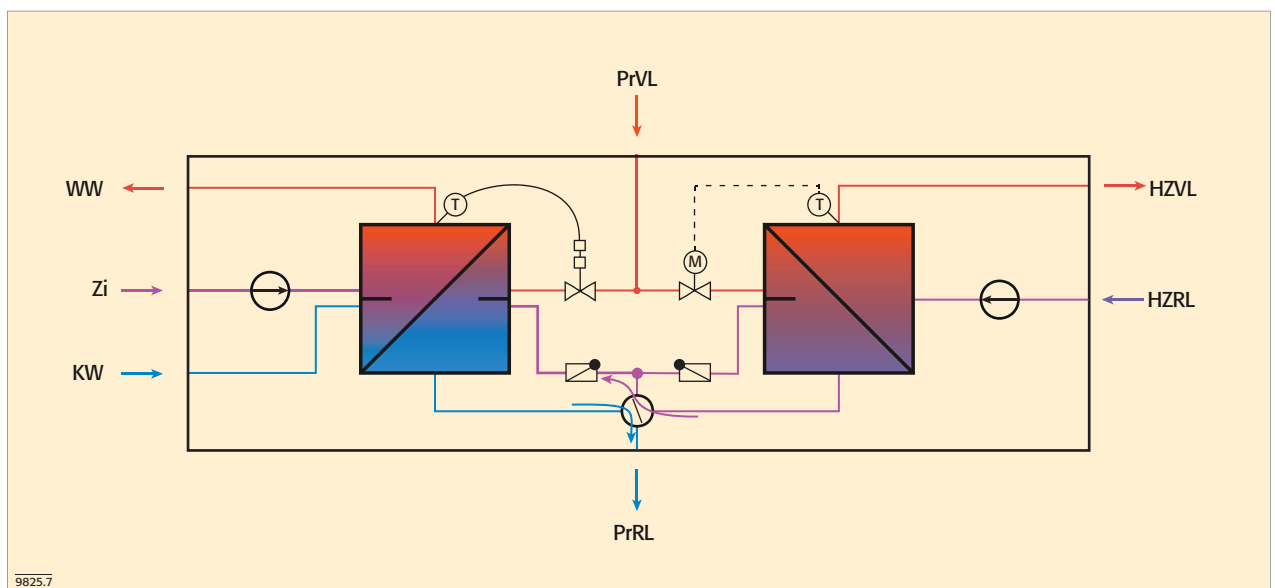


Bild 7. Prinzipschema einer Fernwärmekompaktstation von Thermo Integral

modul Waleo Lux, das seit 2009 ein Speicherladesystem in einem Mehrfamilienhaus mit 84 Wohneinheiten in München ersetzt, stellten sich im Durchschnitt in der Übergangszeit Rücklauftemperaturen von 36,3 °C ein (Bild 11). Der Ersatz führte laut Wohnungsverwaltung zu einer Reduzierung der Fernwärmekosten um 25 %.

Diese Beispiele der Anwendung von Frischwassermodulen und Kompakt-HAST mit besonders abgesenkten Rücklauftemperaturen zeigen bereits das große Potenzial eines wichtigen Bausteins der Energiewende: der Steigerung der Energieeffizienz in der zentralisierten Wärmeversorgung.

Weitere Verbesserungen in der Rücklauftemperatur werden mit einem vollständigen hydraulischen Abgleich der Heizungsanlagen möglich, der durch neuste Entwicklungen auf dem Gebiet der Heizkörperventiltechnik deutlich einfacher wird.

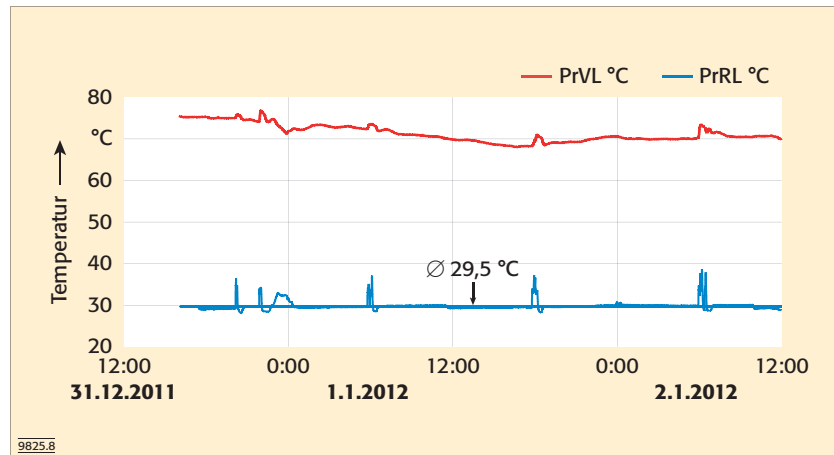


Bild 8. Temperaturmessungen an einer Fernwärmekompaktstation von Thermo Integral errichtet in einem Sozialgebäude in Ulm [4]

### Die Lösung

Wie aber können die beschriebenen Ergebnisse erzielt werden? Zu besonders abgesenkten Rücklauftemperaturen führen schrittweise mehrere grundlegende Innovationen.

### Zweistufige Warmwasserbereitung im Durchflussprinzip

Basisentwicklung ist die sehr effiziente, zweistufige Warmwasserbereitung im Durchflussprinzip, ausgeführt mit einem Standard-Plattenwärmeübertrager. Bei der Warm-



Bild 9. Smarte Kompakt-HAST in einem Mehrfamilienhauskomplex mit 60 Einheiten in Halle (Saale) mit einer Anschlussleistung von 600 kW

wasserbereitung wird der Rücklauf aus der Heizung zur Vorwärmung des Trinkwassers herangezogen (Bild 7). Die Auslegung wird – wie bei einem einstufigen Warmwasserbereiter auch – für die Spitzenzapflleistung und die Fernwärmeverlauftemperatur im Sommer vorgenommen. Damit gehört der iterative Auslegungsprozess einer zweistufigen Warmwasserbereitung der Vergangenheit an. Die Hausanschlussleistung der Fernwärme, definiert aus der Spitzenleistung der Heizung als Primärdurchflussmenge bei einer festen Temperaturdifferenz, genügt mit dieser hydraulischen Schaltung meist auch zur zweistufigen Durchflusswarmwasserbereitung. Voraussetzungen hierfür sind eine korrekte Auslegung sowie ggf. eine

mechanische Warmwasservorrangschaltung und eine tiefe Auskühlung bei Spitzenzapfung. Ferner steht aus der abwechselnd stattfindenden Warmwasserzirkulation im zweistufigen Warmwasserbereiter gespeicherte Wärme zur Verfügung, die bei kurzzeitigen Spitzenzapfungen den erforderlichen Primärmediestrom begrenzt. Der ausgekühlte Warmwasserbereiter senkt dann wiederum die Rücklauftemperatur bei Zirkulationsbetrieb.

**Zweistufige Heizung**

Dennoch nimmt der Rücklauf aus der Warmwasserbereitung bei reiner Warmwasserzirkulation – da dies die überwiegende Zeit der Fall ist – wieder Temperaturen bis nahe 55 °C an. Nach demselben Prinzip wie bei der zweistufigen Warmwasserbereitung wird dann auch die Heizung zweistufig bereit. Der Primärücklauf aus der Warmwasserzirkulation wird dabei nochmals durch den Wärmeübertrager für die Heizung geleitet und dort bei Heizbetrieb weiter ausgekühlt. Nur soweit erforderlich wird mit Primärvorlaufwasser nachgewärmt. Dabei werden beide Heizmedienströme nicht wie mitunter üblich vermischt, sondern die Exergie erhaltend getrennt den Fließspalten im Standardwärmeübertrager zugeführt. So beeinflusst der Zirkulationsbetrieb die Rücklauftemperaturen nicht mehr negativ. Diese entsprechen denen der Heizung, die in der hierzulande überwiegenden Übergangszeit bei abgeglichenen Anlagen deutlich unter 50 °C liegen (Bild 12).

**Primärseitige Einbindung der Warmwasserbereitung**

Die erzielte Regelgenauigkeit und die niedrigen Rücklauftemperaturen werden erst durch die primärseitige Einbindung der Warmwasserbereitung möglich. Unbedingt ist bei einer Undichte des Wärmeübertragers ein Medienübertritt von der Primärseite in das Trinkwassersystem oder umgekehrt. In den Frischwassermodulen und den Kompakt-HAST von Thermo Integral werden optional die patentierten Leckageschalter des Typs Deltahex eingesetzt, die den Plattenwärmeübertrager der Warmwasserbereitung auf Drucküber- oder -unterschreitung und Wassermangel auf der Sekun-

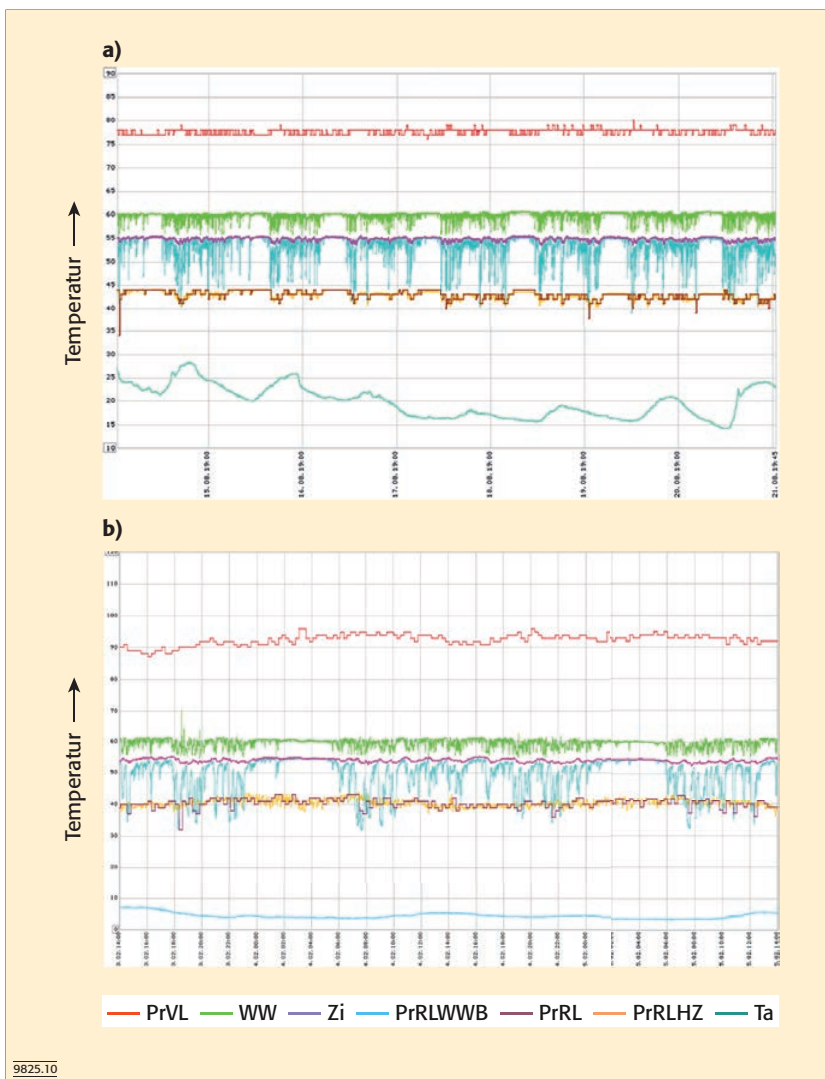


Bild 10. Temperaturmessungen an einer smarten Fernwärmekompaktstation errichtet in einem sanierten Mehrfamilienhauskomplex a) im Sommer und b) in der Heizsaison

därseite sowie auf Druckausgleich zwischen der Primär- und der Sekundärseite überwachen (Bild 13). Obwohl gegen einen Schaden an Wärmeübertragern bereits technologisch vieles getan wird und ein solcher deshalb außerordentlich selten auftritt, kann dieser so zuverlässig angezeigt und schnell behoben werden. Die damit ermöglichte Primäreinbindung bewirkt einen deutlich kleineren Wärmeübertrager, und es entfällt die Zwischenkreispumpe mit ihrem Stromverbrauch (Bild 3).

### Kaskadenschaltung von Heizkreisen

Neben der wechselnden Kaskadenschaltung von Heizung und Warmwasserbereitung können in den Kompakt-HAST von Thermo Integral auch Heizkreise in Reihe geschaltet werden, wie an der Referenzanlage in Ulm mit Lüftungs- und Fußbodenheizkreis realisiert (Bild 14) [4]. Beides minimiert den Hausanschlusswert und die Rücklauftemperaturen.

So gelingt es meist, den Primär rücklauf weit unter die nach den TAB Fernwärme überwiegend geforderten 50 °C zu kühlen. In der Praxis ist der erzielbare Effekt meist höher, da – wie gezeigt – kaum Netzrücklauftemperaturen unter 60 °C auftreten.

Im Vergleich zu Speichersystemen haben die beschriebenen Frischwassermodulare und HAST schon aufgrund ihrer geringen Oberfläche und der internen Wärmedämmung minimale Wärmeverluste. Eine thermische Desinfektion ist in den meisten Fällen nicht erforderlich, weil die zweistufige Durchflusswarmwasserbereitung mit einem Wärmeübertrager kein stehendes Wasser enthält sowie keine geeigneten Temperaturen und damit keinen Anlass für die verstärkte Vermehrung von z. B. Legionellen bietet.

Damit tritt auch kein erhöhter Wärmeverbrauch auf. Im Gegenteil – in diesen Fällen kann die Warmwassertemperatur im System um bis zu 5 K auf minimal 55/50 °C gesenkt werden [5], was den Wärmebedarf um 20 % und die Zirkulationswärmeverluste um 25 % reduziert (Bild 2).

Während bei Speichersystemen eine Abschaltung der Zirkulations-

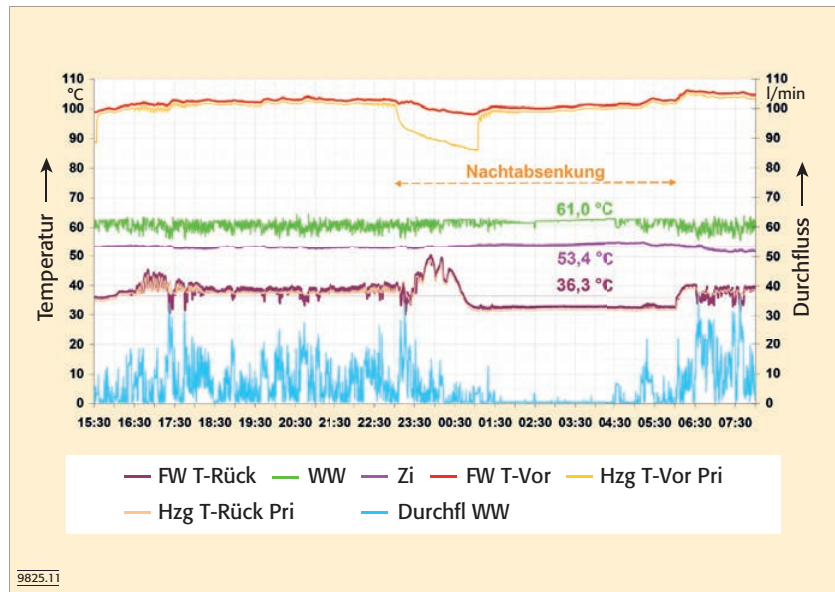


Bild 11. Messwerte an einem Frischwassermodul Waleo Lux in einem Mehrfamilienhaus mit 84 Wohneinheiten in München; der Ersatz führte laut Wohnungsverwaltung zu einer Reduzierung der Fernwärmekosten um 25 %

pumpe ggf. nicht riskiert wird, ist dies bei hygienisch einwandfreien Durchflusswarmwasserbereitern an bis zu 8 h am Tag möglich [2]. Dies reduziert den Verbrauch an Wärme und Pumpenantriebsenergie für die Warmwasserzirkulation nochmals um ein Drittel. Die beschriebenen innovativen Frischwassermodulare und HAST bieten zudem die Möglichkeit der

getrennten Wärmemessung für Warmwasserbereitung und Warmwasserzirkulation. In der Ausführung smart werden diese Betriebsmesswerte geloggt und sind über eine Internetanbindung auslesbar (Bild 10 und 15).

Zudem entfällt beim Durchflusssystem die regelmäßig erforderliche Entfernung von Sedimenten, wie sie bei Speichersystemen und

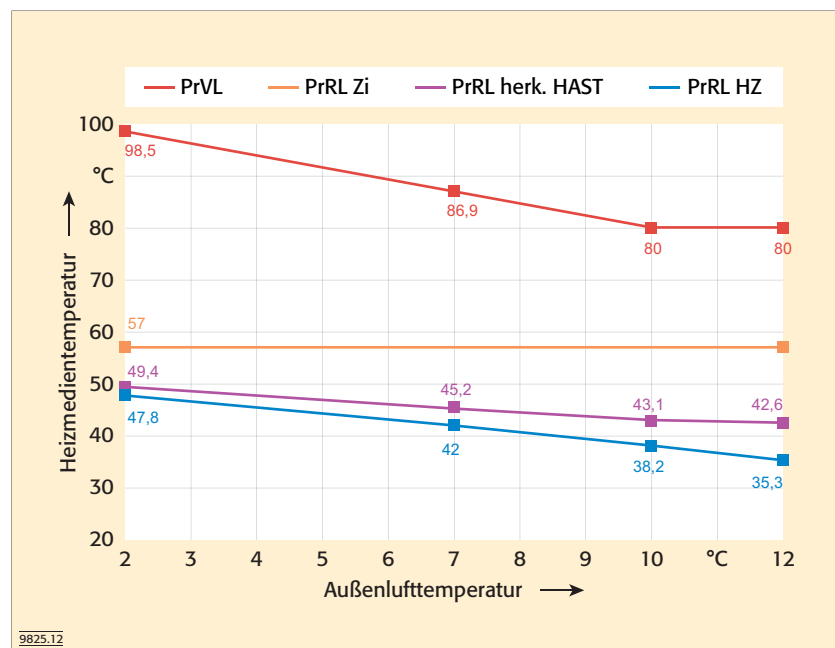


Bild 12. Absenkung der Rücklauftemperaturen mit hydraulischen Schaltungen von Thermo Integral (Auslegungstemperaturen der Heizung 80/60 °C; Warmwasserzirkulation 55 °C)



Bild 13. Deltahex-2 zur Überwachung des Warmwasserbereiters auf Dichtheit

nicht durchströmten Ausdehnungsgefäßen entsprechend den örtlichen Gegebenheiten, mindestens jedoch einmal jährlich vorgenommen werden sollte [5].

Auch die Wärmeübertrager sind nicht mehr zu entkalken. Es ist zudem keine Temperaturabsenkung des Primärvorlaufs durch Vormischung mit dem Rücklauf mit Strahlpumpen oder anderen Beimischschaltungen erforderlich. Dies gelingt allein mit der für Thermo Integral geschützten Form der geneigten Anordnung des Wärmeübertragers und seiner ständigen Durchströmung auch bei reinem Zirkulationsbetrieb. Durch die geneigte Anordnung kommt es vor allem bei kleinen Zapfmengen im oft auftretenden Teillastbetrieb zu einer geschichteten Durchströmung des Wärmeübertragers. Damit bleibt der größte Teil des Wärmeübertragers unter der Temperatur des Verkalkungsbeginns, wie mit thermografischen Aufnahmen mit 31,9 °C anschaulich gemacht werden konnte (Bild 16).

Kalkpartikel bilden sich so – wenn überhaupt – erst kurz vor dem Austritt in den Warmwasserstutzen (in Bild 16 links oben angeordnet). Kalkpartikel werden mit dem Warmwasser aus dem Wärmeübertrager

ausgeschwemmt und haften nicht mehr im Apparat an.

**Der Nutzen einer gezielten Absenkung der Fernwärmrücklauftemperatur**

Der Nutzen niedriger Rücklauftemperaturen ist enorm: So sinken bei einer Rücklauftemperatur von 35 °C im Fernwärmenetz der Pumpenergieaufwand auf ein Drittel, die Wärmeverluste im Rücklauf um mehr als ein Drittel, und die geothermische Ergiebigkeit steigt um mehr als ein Viertel gegenüber einer Rücklauftemperatur von 50 °C (Bild 4 bis 6). Wird die Rücklauftemperatur von 70 auf 35 °C gesenkt, verändern sich diese Parameter entsprechend auf  $P_{elit} = 1,6\%$ ,  $Q_{VRL} = 42\%$  und  $Q_{geoth} = 194\%$ . Kein Versorgungsunternehmen kann systemische Reserven dieser Größenordnung heute mehr verschenken.

**Beispiel Geothermie**

Am Beispiel einer geothermischen Bohrung soll der ökonomische Effekt verdeutlicht werden, den die Absenkung der Rücklauftemperaturen zur Folge hat. Eine Hochtemperatursonde mit einer Temperatur von 110 °C hat eine Ergiebigkeit von 30 l/s geothermischer Sole. Je nach Rücklauftemperatur variiert die thermische Leistung der Bohrung von 4,5 MW bei 70 °C über 6,8 MW bei 50 °C bis 8,6 MW bei 35 °C.

Gelingt es, mit der geothermischen Grundlastenergie Erdgas zu einem Preis von 60 €/MWh für einen »Spitzenlastkessel« mit einem Wirkungsgrad von 92 % zu ersetzen, ermöglicht eine Absenkung der Rücklauftemperatur von 70 auf 50 °C eine jährliche Einsparung von 0,277 Mio. €, von 50 auf 35 °C von 0,208 Mio. € und von 70 auf 35 °C von insgesamt 0,486 Mio. € – zusätzlich der eingesparten Umwälz-

pumpenantriebsenergie und Rücklaufwärmeverluste sowie weiterer erforderlicher Betriebskosten für ein Heizhaus.

Bei einer monovalenten Versorgung lassen sich mit der durch niedrigere Rücklauftemperaturen zusätzlich gewonnenen geothermischen Energie weitere 15 bzw. 26 Kunden, die laut AGFW-Bericht [6] einen durchschnittlichen jährlichen Wärmebedarf von 288 MWh und eine thermische Anschlussleistung von 162 kW haben, vollständig versorgen, also anstelle von 28 dann 42 bzw. 53 durchschnittliche Wärmekunden, noch ohne Berücksichtigung einer Gleichzeitigkeit von weniger als 100 %, verbunden mit einer Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 1 128 bzw. 1 975 t/a.

Der jährliche Mehrertrag beträgt bei einem geothermischen Wärmepreis von 45 €/MWh bei einer Absenkung der Rücklauftemperatur von 70 auf 50 °C 0,191 Mio. €, von 50 auf 35 °C 0,144 Mio. €, und von 70 auf 35 °C von zusammen 0,335 Mio. €. Dies sind umgerechnet auf jede der HAST jährlich 4 500 € (von 70 auf 50 °C; 42 HAST), 2 700 € (von 50 auf 35 °C; 53 HAST) bzw. 6 300 € (von 70 auf 35 °C; 53 HAST). Damit amortisiert sich der außerplanmäßige Austausch aller vorhandenen HAST gegen fortschrittliche Geräte in wenigen Jahren. Nicht nur für die Geothermie, sondern auch für jede andere Wärmeversorgungsanlage – ob mit Kraft-Wärme-Kopplung aus BHKW oder GuD-Anlagen, ob mit Brennwertkessel, Biomasseheizwerk, Solarthermie- oder Wärmepumpenanlage – wirken sich niedrige Rücklauftemperaturen stets ähnlich positiv aus.

**Weitere Vorteile niedriger Rücklauftemperaturen**

Eine große Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf ermög-

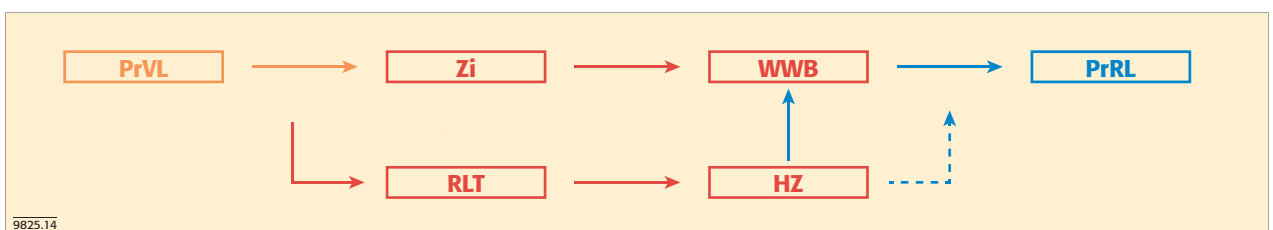


Bild 14. Primärmedienströme in einer HAST bei paralleler Warmwasser- und Heizungsbereitung



licht neben niedrigen Heizmedienumwälzmengen und geringem Pumpenergieaufwand auch kleinere und damit kostengünstigere Nennweiten der Hausanschlüsse. Niedrige Rücklauftemperaturen großer Konstanz verringern die thermisch bedingten Spannungen in den Anschlussleitungen und verbessern nicht zuletzt den Wirkungsgrad der Energieumwandlung im Heiz(kraft)werk. So führen tiefere Fernwärmerücklauftemperaturen zu einem niedrigeren Gegendruck im Kondensator und so zu einer höheren Elektroenergieauskopplung im Dampfteil. Als Faustwert gilt hier rd. +1 % zusätzliche elektrische Leistung bei -1 K Rücklaufauskühlung.

Kurz: Eine Absenkung der Rücklauftemperaturen führt zu einer Erhöhung der Energieeffizienz vorhandener und neu zu errichtender (Kraft)Wärmeversorgungsanlagen. Viele Versorgungsunternehmen haben bereits erkannt, dass die Erzielung niedriger Rücklauftemperaturen von großer Bedeutung für ihr künftiges Bestehen ist, und honorieren die Einhaltung niedriger Rücklauftemperaturen durch ihre Kunden mit rabattierten Wärmetarifen. Nicht zuletzt wird mit der Rücklauf Temperaturabsenkung auch ein wichtiger Beitrag zur Energiewende geleistet.

### Systematischer Austausch von HAST mit erhöhten Rücklauftemperaturen

In Kenntnis der Vorteile der Warmwasserbereitung im Durchflussprinzip können Wärmeversorgungsunternehmen aktiv Programme zur planmäßigen Rücklauf Temperaturabsenkung in ihren Netzen auflegen. In den meisten Fällen wird zunächst zu ermitteln sein, welcher wirtschaftliche Schaden von den erhöhten Rücklauftemperaturen im konkreten Fall ausgeht und welcher Nutzen im Gegenzug durch eine planmäßige Absenkung der Rücklauf Temperatur entsteht.

Ist der mögliche wirtschaftliche Nutzen bekannt, sind Maßnahmen zur planmäßigen Rücklauf Temperaturabsenkung unter Beachtung des vorliegenden Rohrnetzes und der vorhandenen Kundenstruktur sowie der spezifischen Amortisationsrichtlinien zu erarbeiten, mit dem Ziel

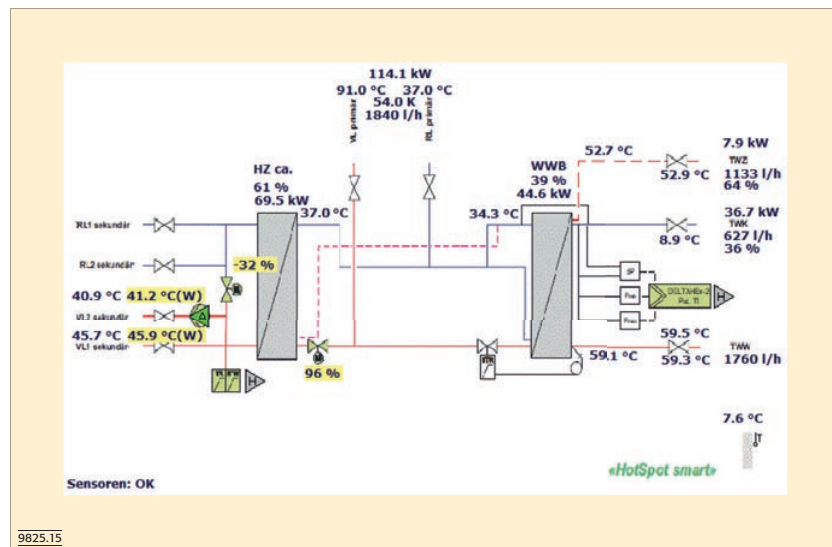


Bild 15. Mess- und Rechenwerte im Web-Modul einer smarten HAST von Thermo Integral

der maximalen Rücklauf Temperaturabsenkung im Zuge eines strategischen, mehrjährigen Programms. Zu beginnen ist mit den größeren Wärmeabnehmern, mit Mehrfamilienhäusern mit stetem Warmwasserbedarf, in Engpunkten des Netzes, bei besonders weit entfernten Verbrauchern, bei allen Neukunden und bei ohnehin zu sanierenden HAST und Warmwasserbereitern usw. Die Umrüstung auf niedrige Rücklauftemperaturen bewirkt hier den größten Nutzen.

Ergänzend sind Maßnahmen zur Optimierung der Erzeugungsanlagen für die angestrebten, niedrigen Rücklauftemperaturen zu erarbeiten, z. B. die Nachschaltung von Brennwert-Wärmeübertragern an BHKW/GuD-Anlagen/Heizkesseln, die Regelung der Netzpumpen usw.

Nicht zuletzt sind Änderungen in den TAB und der Tarifstruktur auszuarbeiten, die das Anstreben niedriger Rücklauftemperaturen durch die Wärmekunden selbst fördern, z. B. ein Nachlass im Anschlusspreis bei Unterschreitung einer Solltemperatur, ein Leistungspreis, der bei tieferer Auskühlung einen Vorteil bietet (Leistungs-/Mengenstrombegrenzung bei einer festen Temperaturdifferenz von z. B. 110/50 °C), Zweitarifmodelle mit speziellen Zählern (z. B. Bonus-Tarif bei  $t_{RL} < 50$  °C; Malus-Tarif bei  $t_{RL} > 50$  °C), Einsatz von Soft- und Hardware-Rücklauf Temperaturbegrenzern, Monitoring über einen längeren Zeitraum nach der Inbetriebnahme einer HAST, und später regelmäßig neu, Fernüberwachung der HAST, Einsatz von Energieinspektoren, regelmäßiger

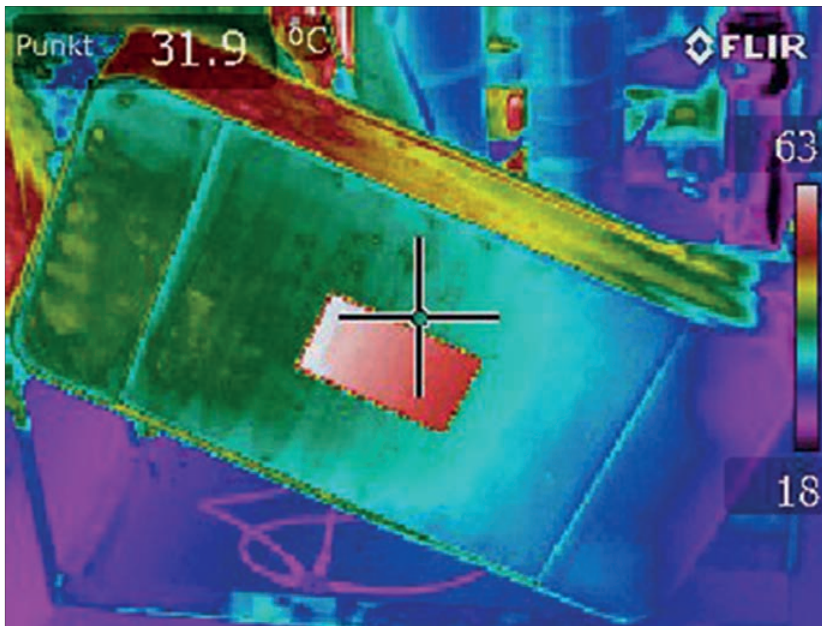


Bild 16. Thermografische Aufnahme eines zweistufigen Warmwasserbereiters

Tüv für Fernwärme-HAST, wiederkehrende Schulungen und Zertifizierung von zugelassenen Installateuren für Fernwärme-HAST usw.

Je nach Zustand und Struktur der vorhandenen HAST können von Thermo Integral verschiedene Lösungen zur Rücklauf-temperaturabsenkung angeboten werden, von einer Kompakt-HAST mit bis zu zwei integrierten Heizkreisen und Durchflusswarmwasserbereitung (je Modul bis rd. 600 kW, ausreichend für etwa 800 Wohneinheiten mit einer 140-l-Badewanne), über Frischwassermodule gleicher Leistung, die Lieferung von Speicherersatzmodulen (Umrüstung auf Durchflussprinzip), bis hin zur energetischen Sanierung von Speicherladesystemen, wenn diese im hygienisch einwandfreien Zustand sind.

Im Resultat erhöht der Versorger die Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit seines Netzes und seiner Erzeugungsanlagen, ermöglicht die Netzverdichtung ohne eigene Zusatzinvestitionen, reduziert die Investitionskosten bei neuen Netzen usw. Die Verbraucher sichern sich akzeptable Wärme- und Warmwasserkosten für die Folgejahre und nicht zuletzt eine hohe Hygiene in der Warmwasserversorgung. Sie sind frühzeitig in die geplanten Maßnahmen einzubeziehen und ggf. im Verhältnis zum Nutzen auch an den Kosten zu beteiligen.

Fazit

Im Ergebnis eines systematischen Entwicklungsprozesses hin zu Frischwassermodulen und Fernwärme-HAST mit niedrigstmöglichen Rücklauf-temperaturen sind innovative, Energie sparende Geräte mit sehr kompakten Abmessungen und einer neuen Sicherheitstechnik verfügbar. Niedrige Rücklauf-temperaturen sind möglich. Durch die geschützten Schaltungen einer mehrstufigen Auskühlung des Heizmediums wird das physikalisch Machbare erreicht. Ihre Wirksamkeit konnte in verschiedenen Anwendungen nachgewiesen werden: mit Fußbodenheizung, 80/60 °C-Heizkörpern, Einrohrheizsystemen, bei primärseitigen Nenndrücken von 25 bar und Vorlauf-temperaturen bis 140 °C.

Im Ergebnis wurden stets minimal mögliche Fernwärmerücklauf-temperaturen zuverlässig erreicht. Der planmäßige Austausch von Fernwärme-HAST mit speichergestützter Warmwasserbereitung gegen Anlagen mit Durchflusswarmwasserbereitung und besonders abgesenkten Rücklauf-temperaturen ist in den meisten Fällen wirtschaftlich rentabel. Interessierten Unternehmen wird das erworbene Know-how auf dem Wege der Erteilung von Schutzrechtslizenzen zur Verfügung gestellt.

Literatur

- [1] Triesch, F.: In Zukunft nur noch frisches Wasser. tab Das Fachmedium der TGA-Branche, Jg. 45 (2011), H. 4, 2014, S. 38 – 43.
- [2] DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. Technisch-wissenschaftlicher Verein: DVGW W 551: Arbeitsblatt W 551 April 2004. Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen.
- [3] Triesch, F.; Weinmann, E.: Nutzen innovativer Anschlussanlagen für den Fernwärme-kunden. *EuroHeat&Power* 37. Jg. (2008), H. 4, S. 78 – 90.
- [4] Triesch, F.: Niedrige Rücklauf-temperaturen sind möglich. *Heizungsjournal*, H. 3 (2012), S. 26 – 28.
- [5] DIN CEN/TR 16355 (DIN SPEC 19810) 2012-09: Empfehlungen zur Verhinderung des Legionellenwachstums in Trinkwasser-Installationen.
- [6] Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft AGFW – e. V., Frankfurt am Main: AGFW-Bericht 2006; ■

triesch@gmx.de  
www.thermointegral.de