

Dreifacherfolg im HLK-Bereich

Erhöhen des Wirkungsgrads in einer Einrohr-Heizungsanwendung

EINLEITUNG

Für einen hohen Wirkungsgrad von Fernwärmesystemen stellen die Kundenanlagen den Ausgangspunkt dar. Betreiber von Fernwärmesystemen suchen daher kontinuierlich nach neuen Möglichkeiten, um Verluste in ihren Netzen zu reduzieren.

Natürlich sind geringere Verluste möglich, indem die Austrittstemperaturen der Produktionsanlage verringert werden. Auf diese Weise können Verluste zwischen Verrohrung und dem umgebenden Boden reduziert werden. So wurde jahrelang verfahren, wodurch der Temperaturabfall zwischen dem Heizwerk und der Kundenwohnung erheblich verringert werden konnte.

Es gelten jedoch bestimmte untere Temperaturgrenzwerte, die eingehalten werden müssen, damit immer noch ausreichend Wärme beim Kunden ankommt. Dies stellt vor allem in älteren Netzen eine Herausforderung dar. Die Durchflusstemperatur wird in der Regel auf einem Niveau von ≥ 65 bis 70 °C gehalten. Der Energieverlust in Vorlaufleitungen ist jedoch nicht der einzige Grund für eine Ineffizienz. Die Tatsache, dass Kunden das gelieferte Warmwasser nicht herunterkühlen können, stellt zum Teil noch ein größeres Problem dar. Die angeschlossenen Kundenanlagen sollten wenigstens die mindestens erforderliche durchschnittliche Differenztemperatur zwischen Vor- und Rücklauf (Delta T) liefern. Andernfalls kann das Fernwärmeunternehmen dem Kunden Geldbußen auferlegen. Dadurch entstehen speziell bei Einrohr-Heizungsanlagen große Probleme.

Für den Betrieb solcher erstmals problematischen Einrohr-Heizungsanlagen gibt es jetzt folgende neue Möglichkeiten:

1. Erhöhen der jährlichen Durchschnittsdifferenztemperatur
2. Verbessern des Gesamtwirkungsgrads des Fernwärmenetzes
3. Vermeiden von Strafzahlungen für Kunden

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	1
FAKTEN ZUM LANGENÆSHUS	2
DIE HERAUSFORDERUNG.....	3
DIE NEUE ANWENDUNG	4
BISHERIGE ERGEBNISSE	5
FAZIT	6

Anders Nielsen

*Application Manager
Grundfos Commercial
Building Services*



FAKTEN ZUM LANGENÆSHUS



Fläche: 200 x 40 m

Stockwerke: 17

Bewohner: 942

Anzahl der Wohnungen: 350

Wasserverbrauch im Jahr 2015: 967.000 m³

Das 17-geschossige Gebäude in Langenæs, Dänemark, wurde 1957 erbaut. Im Gebäude wohnen mittlerweile 942 Bewohner und jede Wohnung ist etwa 90 m² groß. Schon seit längerer Zeit gab es hier Probleme mit einer übermäßig hohen Delta T. Dann wurden im Gebäude verschiedene Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt. So wurden beispielsweise neue Fenster eingesetzt und die Fassade wurde neu gedämmt. Dadurch konnte der Wärmeverlust des Gebäudes reduziert werden. Im Folgenden stellen wir die Herausforderungen vor, die sich bei der Anlage in Langenæs stellten, und erläutern, wie sie überwunden wurden.

Der genaue Aufbau der HLK-Anlage ist im Diagramm rechts dargestellt. Die Hauptrohre befinden sich im Keller und senkrechte Steigrohre liefern das Warmwasser an drei Fallrohre. Wie sich erkennen lässt, sind an diese mehrere Heizkörper angeschlossen. Die Heizkörper sind also Teil einer Einrohr-Heizungsanlage, bei der die Vor- und die Rücklaufleitung an dasselbe Rohr angeschlossen sind. Dies ist der wesentliche Unterschied zu Zweirohr-Anlagen, bei denen die Vor- und Rücklaufleitung separat an die einzelnen Heizkörper angeschlossen sind.

Die ursprünglichen/neuen* Kriterien für die Heizungsanlage:

Ursprüngliche installierte Leistung: 300 kW/1.023.642 BTU

Aktuell erforderliche installierte Leistung: 150 kW/512.000 BTU

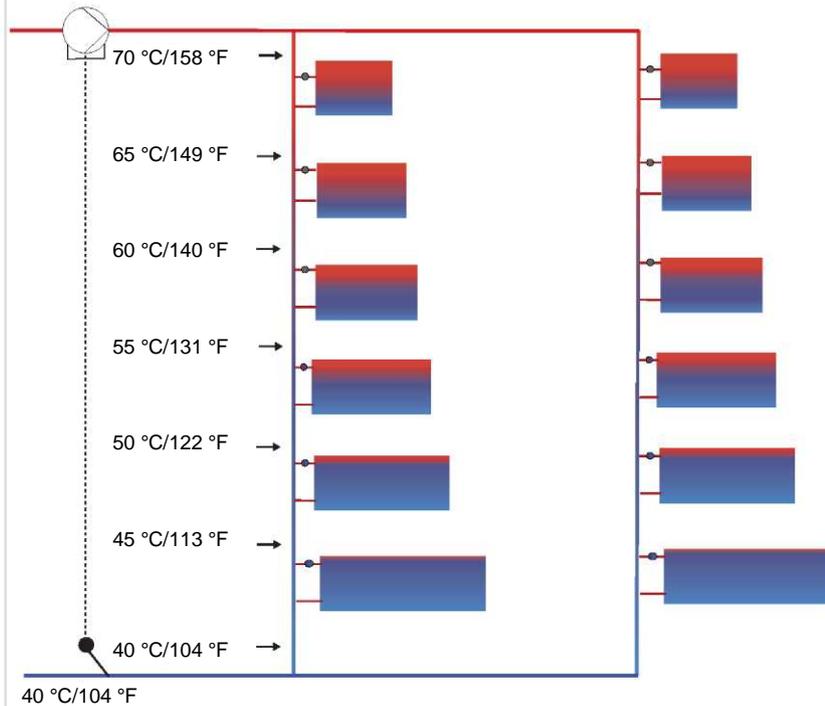
Vorlauftemperatur: 70 °C/158 °F

Rücklauftemperatur: 40 °C/86 °F

* Wegen neuer Fenster und einer verbesserten Fassadendämmung

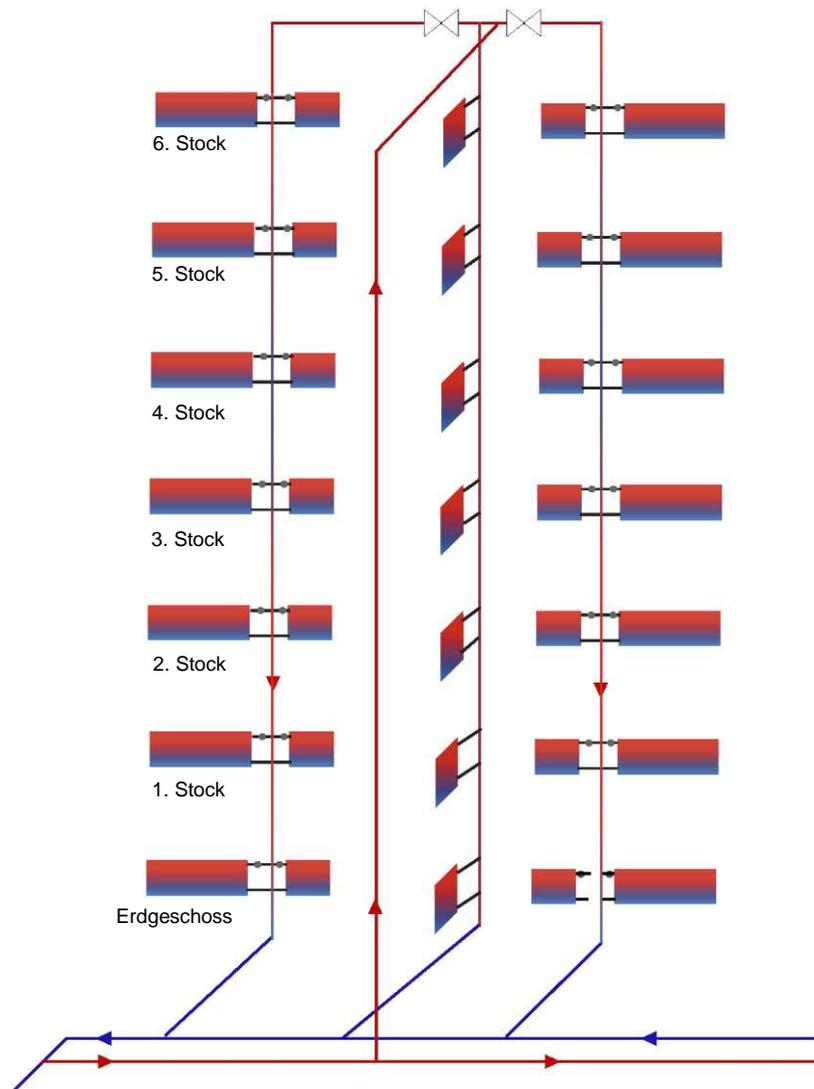
Obwohl die erforderliche installierte Leistung verringert wurde, blieben die Heizkörper und damit auch die Auslegungstemperaturen unverändert. Die Abbildung rechts liefert einen Überblick über die Heizkörperanlage.

70 °C/158 °F



40 °C/104 °F

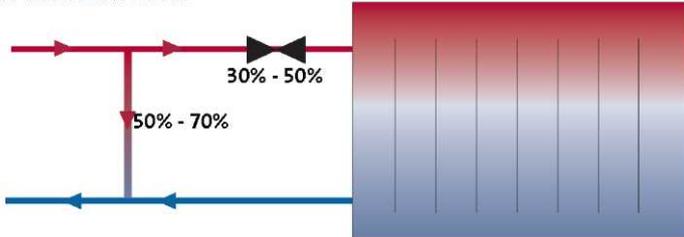
Prinzip der Einrohr-Heizungsanlage



Eine vergrößerte Abbildung der Verrohrung in der Heizungsanlage

DIE HERAUSFORDERUNG

Jede Vor- und Rücklaufleitung der Heizkörper ist an dasselbe Hauptrohr angeschlossen. Das bedeutet, dass das zirkulierende Wasser durch den Heizkörper oder die Bypassleitung in der Mitte fließt. In der Planungsphase floss 30 bis 50 % des Wassers in den Heizkörper und das restliche Wasser durch die Bypassleitung direkt vor dem Heizkörper. Siehe die Abbildung unten.



Energieinspektor Mads Kjær Birk vor seiner neuen Anlage

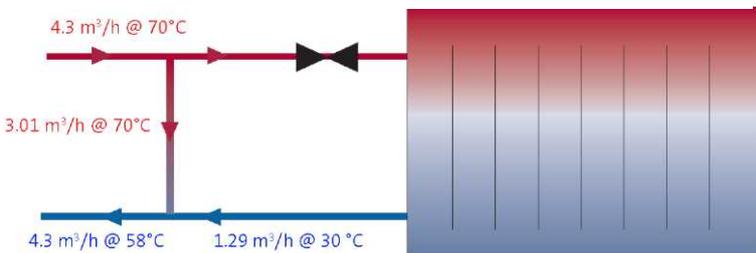
AUSLEGUNG UND BETRIEB DER ANLAGE

Die erforderliche Gesamtwärme für das Gebäude beträgt 150 kW, wodurch sich folgender Gesamtdurchfluss ergibt:

$$\frac{150 \times 0,86}{30} = 4,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

Wenn davon ausgegangen wird, dass 50 % des Wassers durch die Heizkörper fließt, beträgt der Durchfluss durch die Heizkörper und derjenige durch das Hauptrohr jeweils $4,3 / 2 = 2,15 \text{ m}^3/\text{h}$.

Ändert sich diese Situation, sodass nur 30 % des Wassers durch die Heizkörper fließen, ergibt sich ein Durchfluss von $4,3 \times 0,3 = 1,29 \text{ m}^3/\text{h}$. In diesem Fall beträgt der Durchfluss durch das Hauptrohr $4,3 - 1,29 = 3,01 \text{ m}^3/\text{h}$.



Es ist offensichtlich, dass sich die Delta T verringert, wenn die Menge des durch das Hauptrohr fließenden Wassers steigt, da das Wasser, das nicht nur die Heizkörper fließt, nicht heruntergekühlt wird. Im obigen theoretischen Beispiel würde die neue Rücklauftemperatur Folgendes betragen:

$$\frac{(1,29 \times 30 + (4,3 - 1,29) \times 70)}{4,3} = 58 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Das ergibt eine Verringerung von Delta T um **48 %**.

Die folgende Tabelle zeigt, wie sich die Rücklauftemperatur (T_r) in Abhängigkeit eines verringerten Bedarfs/einer verringerten Last verändert, wenn in der Anlage ein konstanter Durchfluss auftritt (dieser soll in allen Einrohr-Anlagen erzielt werden, die noch nicht wieder in Betrieb genommen wurden).

Wie sich erkennen lässt, erhöht sich die Rücklauftemperatur bei sinkender Lastanforderung des Gebäudes. Warum dies der Fall ist, lässt sich unten erkennen.

Außentemp.	Last %	kW Φ	Tf	Tr	Q
-12 °C/10,4 °F	100	150	70	30	3,2
-4,8 °C/23,4 °F	75	112,5	67	31,9	3,2
2,6 °C/36,7 °F	50	75	63	39,5	3,2
9,9 °C/49,8 °F	25	37,5	59	47,3	3,2
17,2 °C/63,0 °F	15	22,5	55	48	3,2

Entwicklung der Rücklauftemperatur T_r in Abhängigkeit des Wärmebedarfs (Last). Herkömmliche Regelung der Anlage mit konstantem Durchfluss

Die Delta T für die Anlage wird auf Grundlage folgender Formel berechnet:
 $\Phi = Q \times \Delta T$

Φ : Heizlast kW

Q : Durchfluss m^3/h

ΔT : Differenztemperatur (Vorlauftemperatur - Rücklauftemperatur) **Bsp.:** Leistungsbedarf durch die Wärmelast von 15 % = 22,5 kW

$$\text{Delta T} = 22,5 / 3,2 = \mathbf{7,0 \text{ }^\circ\text{C}}$$

* Da der Durchfluss konstant ist, wird dieser Wert auf $3,2 \text{ m}^3/\text{h}$ festgelegt.

HÖHE DER STRAFZAHLUNG, WENN DIE JÄHRLICH ERFORDERLICHE DELTA T NICHT ERREICHT WIRD

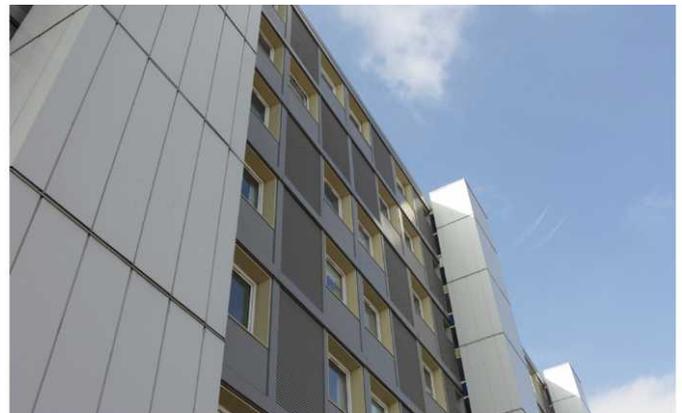
In diesem Fall ist bei dem spezifischen Fernwärmesystem mindestens eine Durchschnittsdifferenztemperatur von $30 \text{ }^\circ\text{C}$ für die Heizungsanlagen der Kunden erforderlich. Kann diese nicht erreicht werden, wird am Ende des Jahres eine Strafzahlung fällig. Diese beträgt aktuell $0,9 \text{ € pro } ^\circ\text{C/MWh}$. Unten ist die Situation des Gebäudes im Jahr 2013 dargestellt. Das Problem einer niedrigen Delta T musste unbedingt gelöst werden.

Erforderliche Durchschnittsdifferenztemperatur: $30,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Erreichte Differenztemperatur: $24,09 \text{ }^\circ\text{C}$

Abweichung: $30 - 24,09 = 5,91 \text{ }^\circ\text{C}$

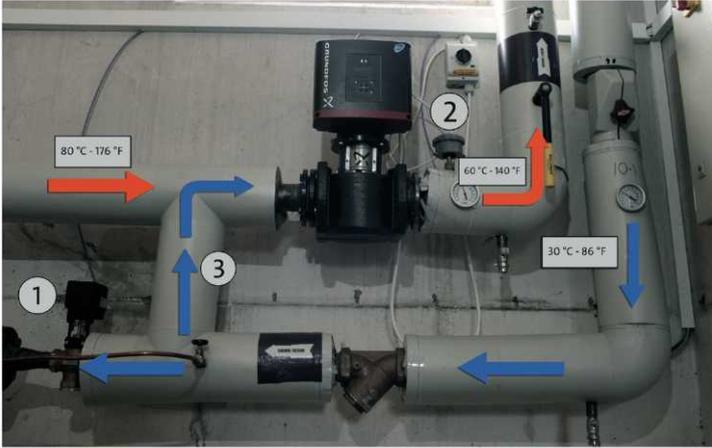
Strafe: $5,91 \times 614,87 = \mathbf{3.634 \text{ Dänische Kronen/488 Euro}}$



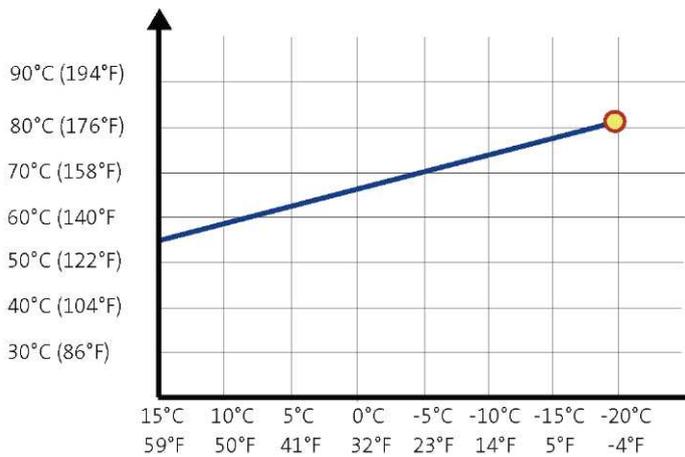
In den Jahren 2011 bis 2013 trat im Gebäude eine zu niedrige Delta T auf.

DIE NEUE ANWENDUNG

Im Folgenden betrachten wir genauer, wie wir die Probleme in Langenæs lösen konnten und wie die neue Anwendung aussieht. Um den Wärmefluss in die Anlage regeln zu können, wird die Durchflusstemperatur von einer zentralen CTS-Anlage geregelt. Dies erfolgt über einen Mischkreis, in dem die Durchflusstemperatur in Abhängigkeit der aktuellen Außentemperatur eingestellt wird.



Wenn die vom Temperatursensor (2) gemessene aktuelle Temperatur 60 °C betragen soll, wird das Motorventil (1) teilweise geschlossen. Dadurch kann eine bestimmte Menge des Anlagenrücklaufwassers direkt über den Bypass (3) in die Vorlaufleitung der Anlage geleitet werden. Auf diese Weise wird die Temperatur des Durchflusses vom Fernwärmesystem von 80 auf die gewünschten 60 °C verringert.



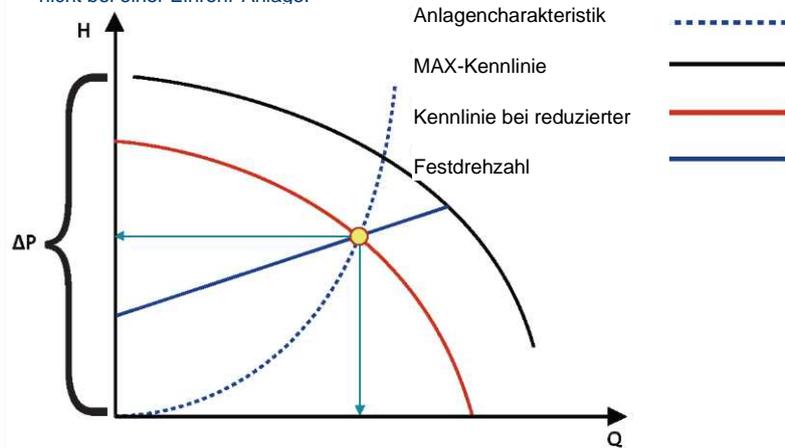
Das Beispiel oben basiert auf einer Außentemperatur von etwa 7 °C.



Eine Nahaufnahme der im Gebäude in Langenæs installierten TPE3-Pumpe

Die Herausforderung der vorherigen Konfiguration

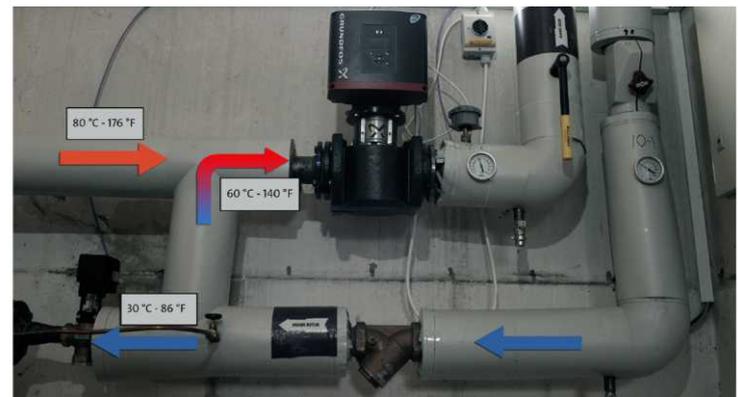
Bei der ursprünglichen Pumpe handelte es sich um eine MAGNA 50–120 von Grundfos. Diese Pumpe wird in Abhängigkeit des gemessenen Differenzdrucks an der Pumpe betrieben. Da der Widerstand unabhängig davon, ob das Wasser durch Heizkörper oder Hauptrohr fließt, immer nahezu gleich bleibt, ist die Pumpendrehzahl nur begrenzt veränderbar – und damit auch der gelieferte Durchfluss. Diese Regelstrategie funktioniert nicht bei einer Einrohr-Anlage.



Eine reduzierte Delta T in einer Einrohr-Heizungsanlage ergibt sich unweigerlich, wenn ein Konstantdurchfluss vorliegt und sich der Wärmebedarf verringert. Also musste etwas verändert werden. Dies geschah über einen neuen Ansatz.

Veränderte Regelstrategie

Für die Durchflussregelung in der Anlage wurde von einer Delta-P- zu einer Delta-T-Pumpenregelung gewechselt. Wenn die Rücklauftemperatur ansteigt, muss die Ursache dafür ein geringerer Wärmebedarf sein. Durch die neue Regelstrategie fließt mehr ungekühltes Wasser durch das Hauptrohr. Somit sorgt die Regelstrategie nun dafür, dass die Pumpe eine gewünschte Delta T zwischen dem sekundären Vor- und Rücklauf aufrechterhält. Wie die Tabelle unten zeigt, wird versucht, eine konstante Rücklauftemperatur von 30 °C aufrechtzuerhalten, die bei der jetzigen Regelstrategie im Vergleich zur ursprünglichen eine höhere Delta T ermöglicht.

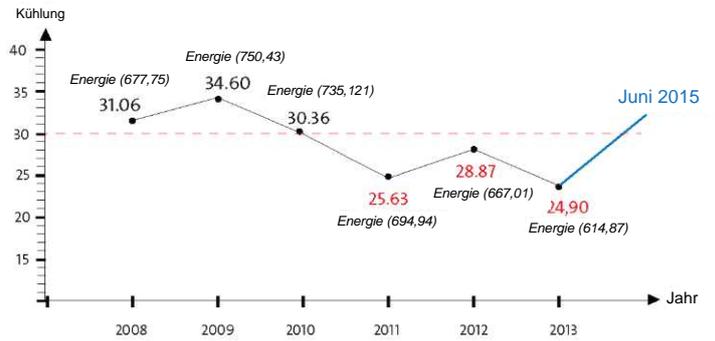


Die TPE-Pumpe, bei der die Regelstrategie gewechselt wurde (Delta-P- zu Delta-T-Regelung)

Um am Steigrohr, das am weitesten von der Pumpe entfernt ist, einen ausreichend hohen Delta P sicherzustellen, wird der aktuelle Delta P gemessen und innerhalb eines bestimmten Bereichs aufrechterhalten. So kann sichergestellt werden, dass Delta P am „kritischen“ Steigrohr immer ausreichend hoch ist. Es wird eine Kombination aus Delta-T- und Delta-P-Regelung eingesetzt. Die Delta-T-Regelung ist die Primärregelung, da immer eine so hohe Delta T wie möglich aufrechterhalten werden soll.

BISHERIGE ERGEBNISSE

Die neue Delta-T-geregelte TPE-Pumpe wurde im Februar 2015 installiert. Seit diesem Tag hat sich die durchschnittliche Delta T bis Ende Juli um 7,44 °C erhöht,



Die durchschnittliche Delta T hat sich seit der Einführung der neuen Regelstrategie im Jahr 2010 erheblich erhöht.

Folgen für die Bewohner

Wie zuvor erwähnt, verringern sich die Heizkosten für die Bewohner, da diese nicht länger Strafzahlungen aufgrund einer zu niedrigen jährlichen Durchschnittsdifferenztemperatur leisten müssen.

Folgen für das Fernwärmesystem

Jedes Jahr müssen die Betreiber des Fernwärmesystems dem Staat melden, wie hoch die erzielten Energieeinsparungen in kWh sind. Für diese erhalten sie dann einen Bonus. In diesem besonderen Fall werden die Einsparungen mithilfe einer speziellen Formel berechnet:

$$\text{Energieeinsparungen: } 4,7 \text{ kWh/}^\circ\text{C/MWh} \times 7,44 \text{ }^\circ\text{C} \times 595 \text{ MWh} = 20.805 \text{ kWh}$$

7,44 °C ist die tatsächliche Erhöhung der Delta T.

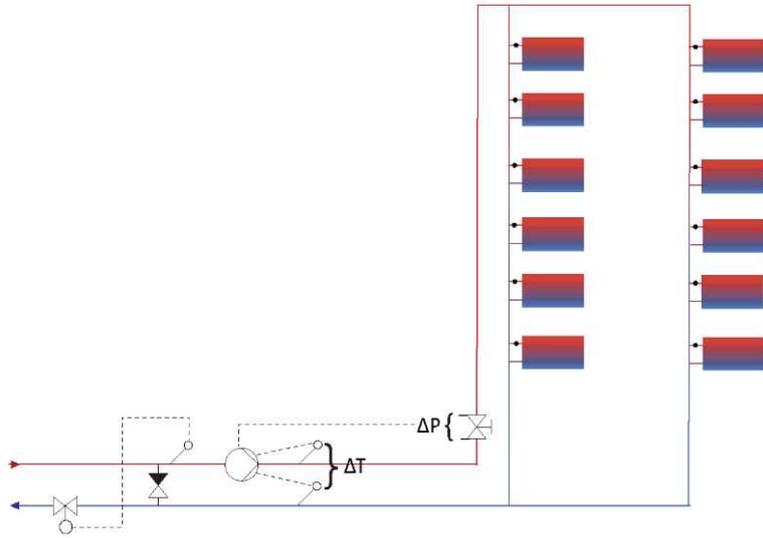
595 MWh ist der jährliche Energieverbrauch des Gebäudes.

Der Bonus beläuft sich auf 0,40 Dänische Kronen bzw. 0,053 Euro pro kWh berechneter Einsparungen. Gesamteinsparungen: 0,053 x 20.805 = **1.103 Euro.**

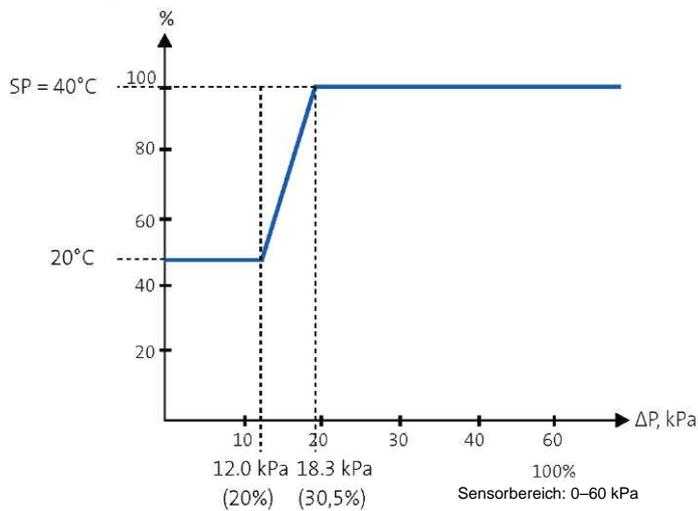


„Wir haben die Delta T in unserer neuen Anlage überwacht. Von Januar bis Oktober letzten Jahres betrug die Delta T 20 °C. Durch unsere neue voll funktionsfähige Anlage beträgt die Delta T dieses Jahr im gleichen Zeitraum 29,9 °C. Ich bin sehr glücklich, dass unsere neue Anlage nun die Gebäudeanforderungen erfüllt und freue mich auf die Entwicklungen in den nächsten Jahren.“

Mads Kjær Birk, Energieinspektor in Langenæs

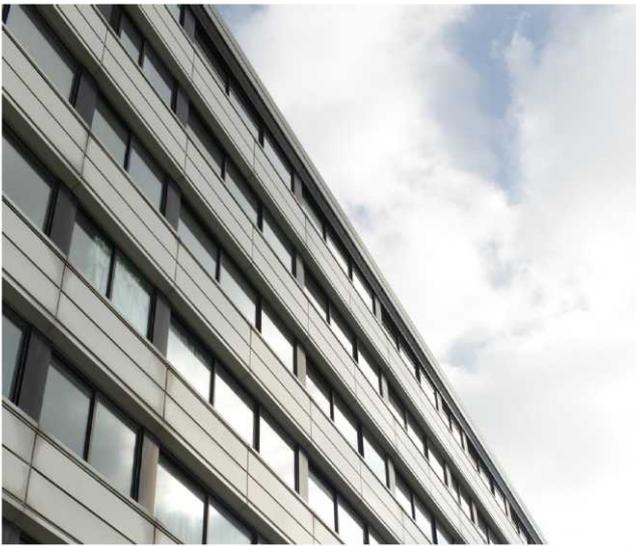


Sollwertverschiebung



Jedoch soll kein Kompromiss beim Komfort eingegangen werden, weshalb die Delta-P-Regelung als Überwachungsmaßnahme zusätzlich integriert ist. Die Tabelle unten zeigt den Einfluss von Delta P.

Außentemp.	Last %	kW Φ BTU	T _{f pri}	T _{f sek}	Tr pri/sek	Delta T sek	Delta T pri	Q m³/h
								Gal/min
-12 °C 10,4 °F	100	150,0 511.821	80 °C 176 °F	70 °C 158 °F	30 °C 68 °F	40 °C 104 °F	50 °C 122 °F	3,2 14,1
4,7 °C 23,5 °F	75	112,5 383.865	76,7 °C 170 °F	67 °C 153 °F	30 °C 68 °F	37 °C 99 °F	46,7 °C 116 °F	2,6 11,4
2,6 °C 36,7 °F	50	75,0 25.591	73,5 °C 164 °F	63 °C 145 °F	30 °C 68 °F	33 °C 91 °F	43,5 °C 110 °F	2 8,8
9,9 °C 49,8 °F	25	37,5 127.955	70,3 °C 159 °F	59 °C 138 °F	30 °C 68 °F	29 °C 84 °F	40,3 °C 104 °F	1,1 4,8
17,2 °C 63,0 °F	15	22,5 76.773	67 °C 154 °F	55 °C 131 °F	30 °C 68 °F	25 °C 77 °F	37 °C 99 °F	0,8 3,5



FAZIT

Die Anzahl der Einrohr-Heizungsanlagen weltweit ist enorm. In den nächsten Jahren müssen im Gewerbebau erhebliche Energieeinsparungen erzielt werden, da dort etwa 40 % der Gesamtenergie verbraucht werden. Eine Erstmaßnahme ist das Sicherstellen einer optimalen Regelung in allen Einrohr-Heizungsanlagen, da ihr aktueller Betrieb nicht sehr energieeffizient ist.

Grundfos hat eine sichere Methoden gefunden, um den Gesamtwirkungsgrad dieser Anlagen zu erhöhen. Bei dieser kommt eine Delta-T-Regelung direkt in TPE-Pumpen zum Einsatz, die bereits äußerst bekannt sind. Wenn Sie mehr über diese innovative Lösung erfahren möchten, wenden Sie sich bitte an den Autor oder eine Grundfos-Niederlassung in Ihrer Nähe.

Weitere Informationen zum Einsatz der TPE3 im Gebäude in Langenæs erhalten Sie im Video, das Sie durch Scannen dieses QR-Codes



GRUNDFOS GEBÄUDETECHNIK

Mit mehr als 60 Jahren praktischer Erfahrung, Expertenwissen und umfassenden Kenntnissen der Gebäudetechnik entwickeln wir Lösungen, mit denen Gebäudeanlagen intelligenter betrieben werden können.

Grundfos Gebäudetechnik verfolgt bei Gebäuden einen ganzheitlichen Ansatz: Wir betrachten Pumpenanforderungen als Teil eines Gesamtsystems. Bei unseren Lösungen werden die Installation, Inbetriebnahme, Bedienung, Überwachung, Steuerung/Regelung und die Wartung berücksichtigt. Grundfos Gebäudetechnik bietet intelligente Produkte an, die auf durchdachte Weise kombiniert werden, um so einen hohen Komfort und niedrige Kosten zu garantieren.

Unsere Lösungen und unser Fachwissen stehen Ihnen für folgende Bereiche zur Verfügung:

Beheizung
Klimatisierung
Wasserdruckerhöhung
Fernwärme
Brandbekämpfung
Abwasser
Wasserdeseinfektion
Regenwassernutzung
Warmwasserumwälzung für Wohngebäude