

Fachbeitrag – hydraulischer Abgleich

# Neue Methoden zum hydraulischen **Abgleich** von Zweirohrsystemen

So erreichen Sie einen optimalen hydraulischen Abgleich von Heizungssystemen mit Danfoss *Dynamic Valve*™ Typ RA-DV und der drehzahlgeregelten Grundfos-Pumpe MAGNA3



# Einleitung

**Ein geringer Energieverbrauch in Gebäuden kommt nicht von allein. Voraussetzung für niedrige Heizkosten ist das Zusammenspiel aller Bestandteile eines Heizungssystems. Eine Möglichkeit zur Senkung des Energieverbrauchs besteht in einem optimalen Abgleich des Heizungssystems – und dieser Beitrag erläutert, wie sich dies durch ein perfektes Zusammenspiel zwischen dem neuen Danfoss *Dynamic Valve*™ Typ RA-DV und der neuen drehzahlgeregelten Grundfos-Pumpe MAGNA3 erreichen lässt.**

Zunächst betrachten wir den Ausgleich von Schwankungen im Teillastbetrieb, und erläutern, warum die Regelung des Durchflusses eine Voraussetzung für den notwendigen Abgleich des Heizungssystems ist. Um dies zu erzielen, ist außerdem die Regelung des Differenzdrucks an den Ventilen erforderlich.

Das Beispiel einer Installation in Fredericia (Dänemark) veranschaulicht, wie sich dies durch den Einsatz der Danfoss *Dynamic Valve*™ Typ RA-DV in Kombination mit der drehzahlgeregelten Grundfos-Pumpe MAGNA3 realisieren lässt. Bei der genannten Installation beheizt eine Heizungsanlage, die aus zwei Grundfos-MAGNA3-Pumpen besteht und zwei geregelten Heizkreise bedient, die jeweils zehn Stränge versorgen, jeweils ausgestattet mit manuellen Danfoss-Strangventilen des Typs MSV, 60 Wohnungen in einem zehnstöckigen Gebäude. Das Beispiel dieser Installation zeigt, wie mit der Einsatz einer drehzahlgeregelten Grundfos-Pumpe MAGNA3 in Kombination mit dem Danfoss *Dynamic Valve*™ Typ RA-DV einen störungsfreien Betrieb des Heizungssystems ermöglicht.

Für optimalen Komfort und möglichst niedrige Betriebskosten ist eine fachgerechte Inbetriebnahme der Heizungssysteme unerlässlich. In der Vergangenheit war die Inbetriebnahme ein komplizierter Vorgang, dessen ordnungsgemäße Durchführung den Einsatz zahlreicher Ventile und Messinstrumente erforderte.

Heute lässt sich der vorgesehene Durchfluss und Pumpensollwert mit dem neuen Danfoss dP tool™ (zur Messung des Differenzdrucks) in Kombination mit Grundfos GO (mobiler Zugang zu Grundfos-Online-Tools) mühelos an jedem Heizkörper einstellen. Dies optimiert nicht nur die Pumpeneinstellungen und minimiert den Energieverbrauch, sondern verkürzt außerdem die Inbetriebnahmezeit erheblich.

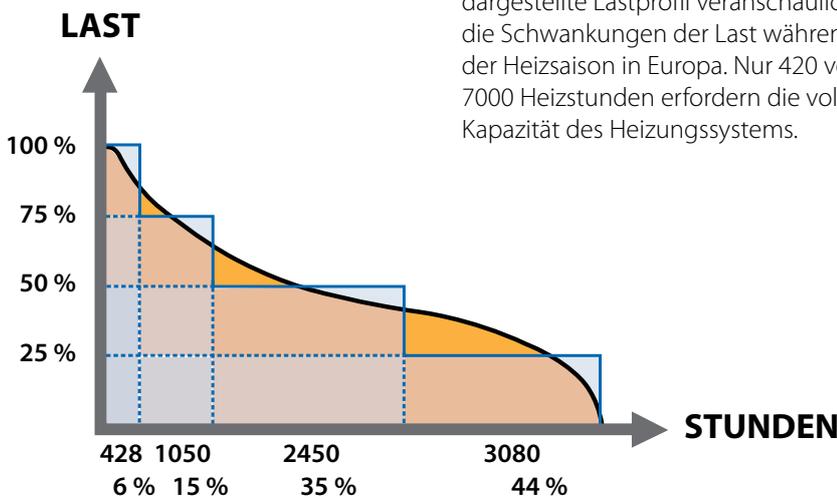


# Die Herausforderung: Der hydraulische Abgleich von Zweirohrsystemen

Unter hydraulischen Problemen versteht man die ungleichmäßige Wärmeverteilung zwischen den Einheiten – einzelnen Heizkörpern oder Wohnungen – eines Heizungssystems. Ein Heizungssystem ist abgeglichen, wenn eine gleichmäßige Verteilung des Warmwassers sichergestellt ist, was für maximalen Komfort bei minimalen Betriebskosten sorgt.

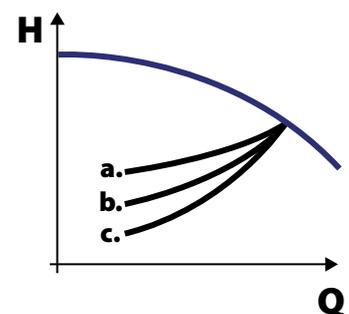
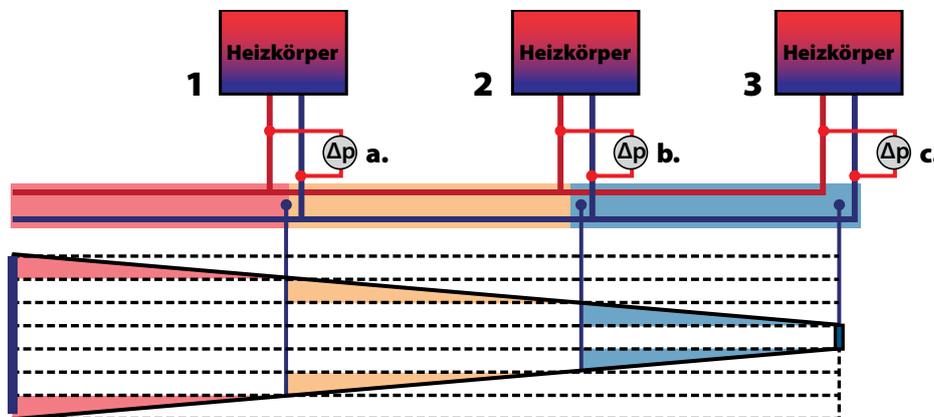
Mit anderen Worten: ein Heizungssystem ist abgeglichen, wenn der Durchfluss im gesamten System den für die Systemauslegung festgelegten Durchflussmengen entspricht. Dies ist eine zentrale Herausforderung für viele Zweirohrsysteme.

Zunächst ein Blick auf generelle Schwierigkeiten beim Betrieb von Zweirohrheizungssystemen. Das unten dargestellte Lastprofil veranschaulicht die Schwankungen der Last während der Heizsaison in Europa. Nur 420 von 7000 Heizstunden erfordern die volle Kapazität des Heizungssystems.

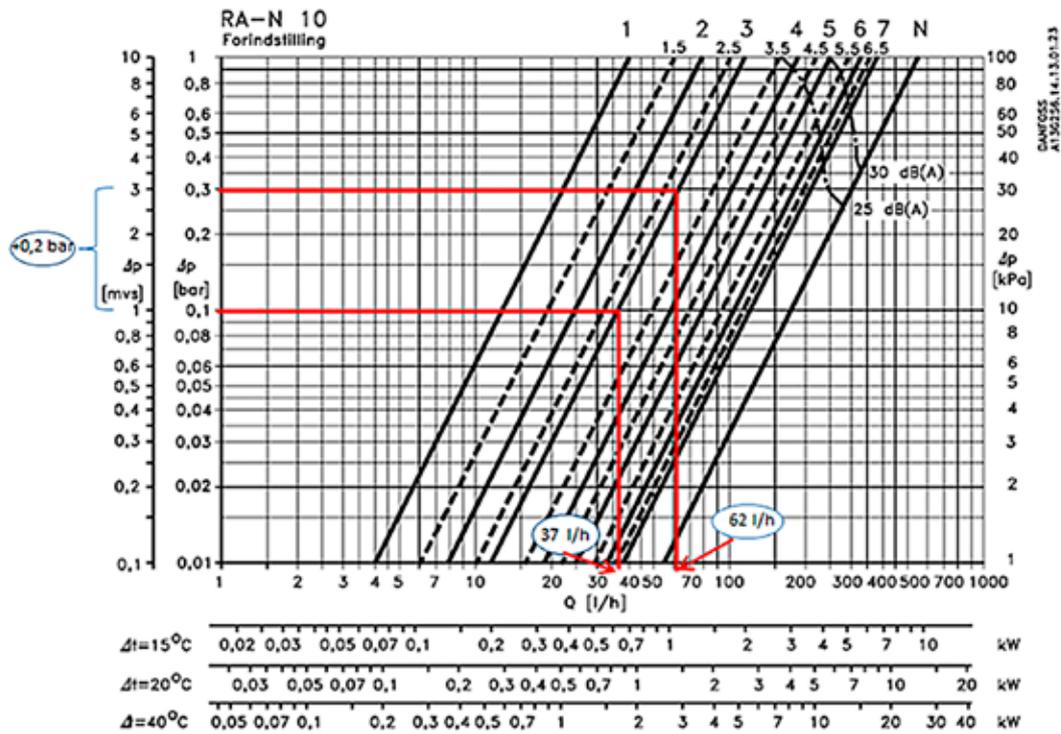


Um die Schwankungen der Last auszugleichen, erhält jeder Heizkörper des Systems ein Thermostatventil. Das Thermostat vermindert den Durchfluss durch den einzelnen Heizkörper und erhält die erforderliche Raumtemperatur aufrecht.

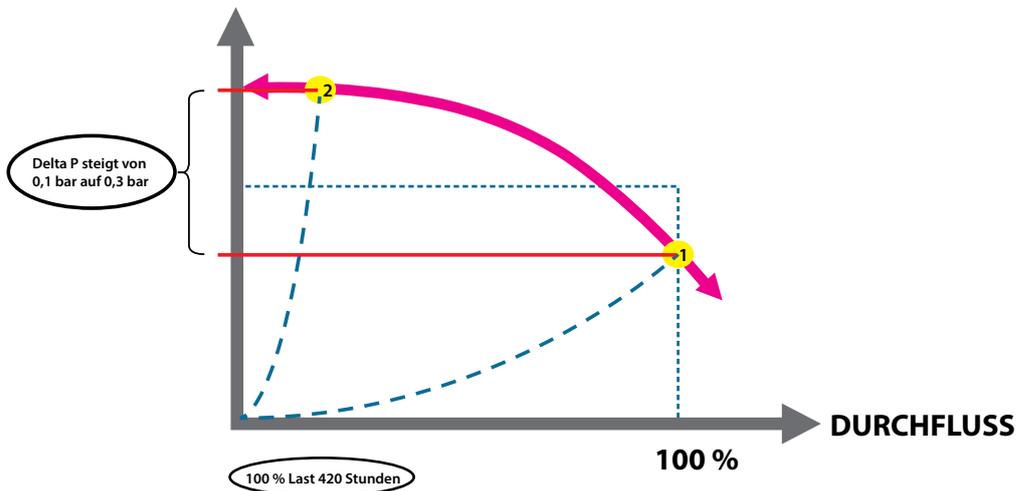
Da der Druckabfall proportional zum Quadrat des Durchflusses ansteigt, ist der Differenzdruck in den ersten Heizkörperventilen erheblich höher als beim Ventil beim am ungünstigsten gelegenen Heizkörper, wie die folgende Zeichnung verdeutlicht.



Da unterschiedliche Heizkörper unterschiedliche Durchflüsse benötigen, um den jeweiligen Raum zu heizen, lässt sich der maximale Durchfluss an jedem Heizkörperventil voreinstellen. Das folgende Diagramm veranschaulicht die Voreinstellung eines typischen Heizkörperventils. Die Voreinstellung lässt sich in Stufen von 1-7 anpassen. In der Endposition „N“ ist das Ventil komplett geöffnet.



Verfügt ein Heizungssystem über eine Pumpe mit konstanter Drehzahl, variiert der ausgeübte Differenzdruck erheblich, wie die folgende Zeichnung veranschaulicht. Sinkt der Durchfluss, steigt der Differenzdruck über dem Ventil an. In dem oben genannten Beispiel beträgt der erforderliche Durchfluss bei maximaler Last 37 l/h. Steigt jedoch der Differenzdruck (+0,2 bar), steigt wie gezeigt auch der Durchfluss auf 62 l/h, also um 67 %.



In einer Pumpe mit fester Drehzahl steigt der Differenzdruck mit dem Absinken des Durchflusses.

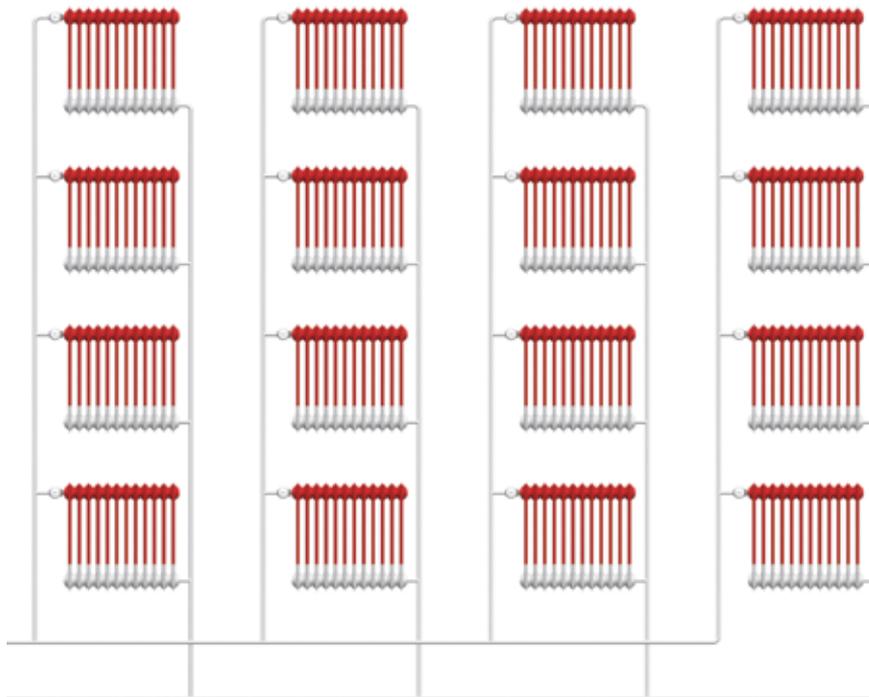
Daraus folgt, dass mehrere Ventile den Differenzdruck regeln müssen, um den vorgesehenen Durchfluss zu erreichen. Die nachfolgende Ausführung erläutert, wie dies ermöglicht wurde.

# Statische und dynamische Inbetriebnahme von Zweirohrheizungssystemen im Vergleich

Eine der größten Herausforderungen besteht darin, dass Heizungssysteme so gestaltet und ausgelegt sind, dass sie den Wärmebedarf in jedem Fall erfüllen können, auch wenn die Außentemperaturen extrem niedrig sein sollten. Da dies – wenn überhaupt – allerdings nur wenige Male im Jahr der Fall ist, ist das System die meiste Zeit überdimensioniert. Dies erhöht die Energiekosten.

Das folgende Beispiel einer Inbetriebnahme eines Heizungssystems mit dynamischen Anforderungen zeigt

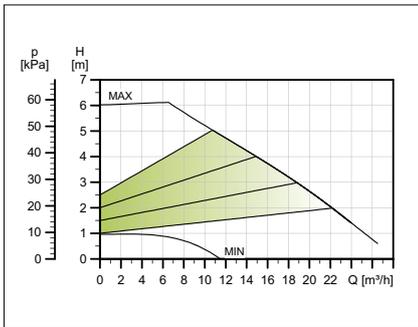
eine Installation in Fredericia (Dänemark), bei der ein Heizungssystem 60 Wohnungen in einem zehnstöckigen Gebäude beheizt. Das Heizungssystem besteht aus zwei Grundfos-MA-GNA3-Pumpen mit variabler Drehzahl für zwei geregelte Heizkreise und jeweils zehn Stränge sowie insgesamt 273 Heizkörperventile des Typs RA-N in DN 10 und manuelle Strangventile des Typs MSV. Das Gebäude wurde 1972 errichtet und 1985 renoviert, unter anderem mit neuen Fenstern und einer neuen Fassade.



Die beiden Heizkreise versorgen jeweils zehn Stränge in dem zehnstöckigen Wohngebäude in Fredericia (Dänemark).

Wir schauen uns nun an, wie das System mit manuellen Abgleichventilen und Heizkörperventilen mit Voreinstellung funktioniert. Später führen wir den gleichen Test mit dynamischen Ventilen durch. Nicht nur bei Volllast, sondern – viel wichtiger – auch im Teillastbetrieb.

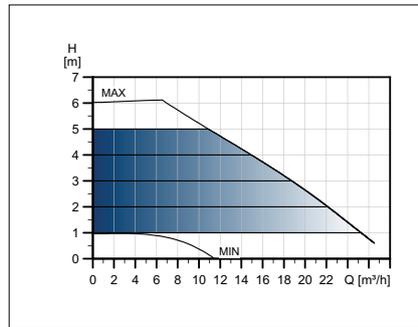
Eine Messung des Differenzdrucks an dem am weitesten von der Pumpe entfernten Heizkörper sollte einen ausreichenden Druck gewährleisten, um den dort vorgesehenen Durchfluss zu erreichen. In diesem Fall beträgt der erforderliche Druck 10 kPa, und der vorgesehene Durchfluss liegt bei 30 l/h. Die Voreinstellung für das Heizkörperventil beträgt folglich 2,5.



Für den Test erfolgte die Einstellung des Pumpenregelungsmodus zunächst als Proportionaldruckmodus und dann als Konstantdruckmodus.

Anschließend haben wir das neue Danfoss *Dynamic Valve*™ des Typs RA-DV in Kombination mit der neuen drehzahl-geregelten Grundfos-Pumpe MAGNA3 hinzugefügt.

Die MAGNA3-Pumpe lässt sich im Proportionaldruckmodus einstellen, wodurch der Differenzdruck in der Pumpe abfällt, wenn der Durchfluss sinkt. Siehe Diagramm unten links.



Auch wenn die MAGNA3-Pumpe einen geringeren Differenzdruck ausübt, bestehen im Teillastbetrieb auch weiterhin überschüssige Druckspreizungen in den Heizkörperventilen\*, wie die folgende Tabelle belegt.

Der zentrale Punkt ist, dass eine Pumpe mit geregelter Drehzahl zwar hilfreich ist, allerdings keinen stabilen Differenzdruck aufrechterhalten kann; und genau hier setzen druckunabhängige dynamische Ventile an.

### Heizkörperventil

Regelungsmodus, Pumpe	Systemlast 100 %	Systemlast 50 %	Erhöhter Differenzdruck (bei 50 % Last)	Erhöhter Durchfluss
Proportional	10,2 kPa	18,0 kPa	7,8 kPa	Anstieg um 33 %
Konstant	10,2 kPa	27,3 kPa	17,1 kPa	Anstieg um 46 %

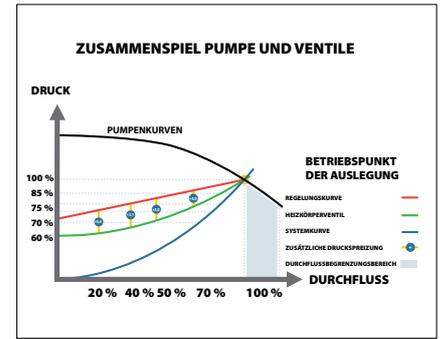
Gemessene Werte an dem am weitesten von der Pumpe entfernten Heizkörper

### Dynamisches Ventilgehäuse

Regelungsmodus, Pumpe	Systemlast 100 %	Systemlast 50 %	Erhöhter Differenzdruck (bei 50 % Last)	Erhöhter Durchfluss
Proportional	9,8 kPa	10,5 kPa	0,7 kPa	Anstieg um < 1 %
Konstant	9,9 kPa	10,6 kPa	0,7 kPa	Anstieg um < 1 %

Gemessene Werte an dem am weitesten von der Pumpe entfernten Heizkörper

\*In der Annahme, dass es sich um ein herkömmliches Heizungssystem handelt. Ist dies nicht der Fall und das System stattdessen gleichmäßig in zwei parallele Systeme aufgeteilt, ist der Konstantdruckmodus der optimale Regelungsmodus.



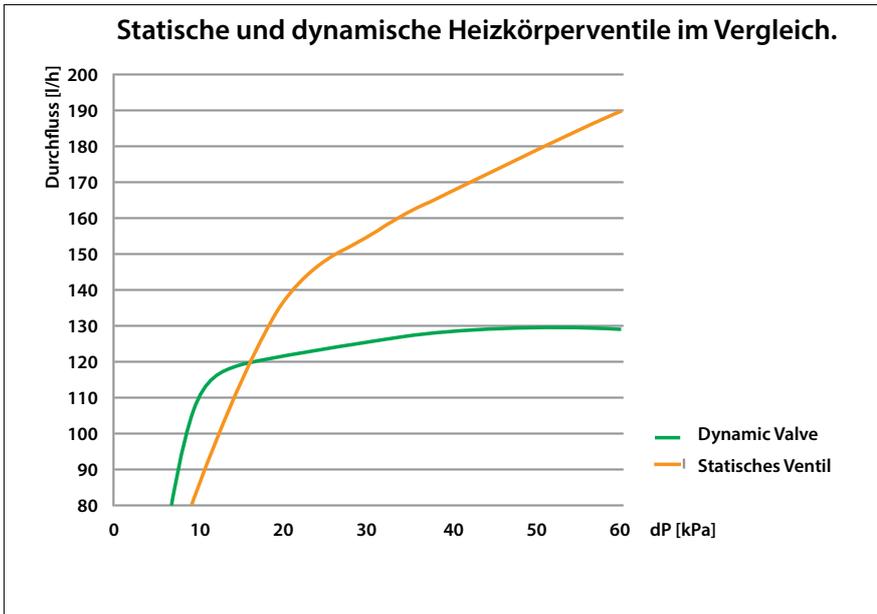
Die rote Linie zeigt die proportionale Regelungskurve, während die grüne Linie den im System erforderlichen minimalen Differenzdruck angibt. Wie die blauen Kreise zeigen, gibt es immer überschüssige Differenzdrücke. Daher ist ein gutes Zusammenspiel zwischen Pumpe und dynamischem Heizkörperventil unerlässlich.

Daraus geht hervor, dass die Heizkörper bei herkömmlichen Heizkörperventilen im Teillastbetrieb von 50 % einen Druckanstieg von

$(17,1-7,8) = 9,3$  kPa aufweisen. Was dies für das Risiko einer Überversorgung bedeutet, geht aus der folgenden Abbildung hervor.



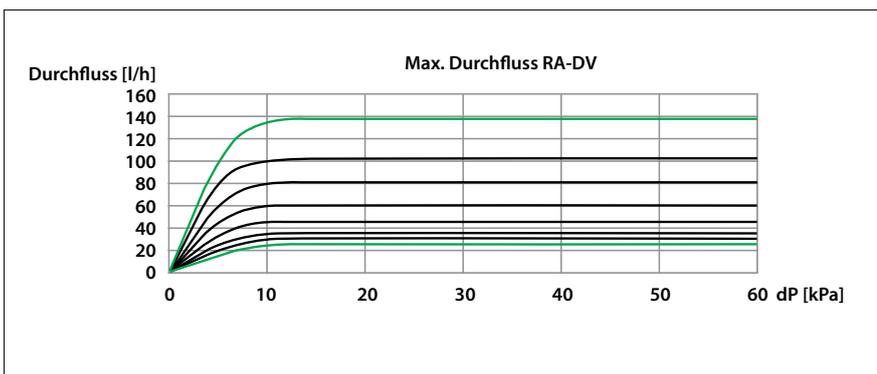
Der Abgleich eines Heizkörpers mit dem Danfoss dP tool™.



Steigt der Differenzdruck von 7,8 kPa auf 17,1 kPa, erhöht sich der Durchfluss von 80 auf 132 l/h, während der Durchfluss im dynamischen Ventil konstant gehalten wird.

Die erhöhte Druckspreizung im Teillastbetrieb würde zu einer Überversorgung und damit erhöhten Heizkosten führen – die Druckspreizung ist dem-

entsprechend fachgerecht zu regeln. Das Danfoss *Dynamic Valve*™ des Typs RA-DV hält den Durchfluss auch bei schwankendem Differenzdruck konstant. Ein Differenzdruckregler im RA-DV-Ventil hält den Druckabfall über dem Regelventil konstant, so dass das RA-DV-Ventil einen konstanten Durchfluss aufrecht erhält. Dies zeigt das folgende Diagramm.



Die Lösung des Problems zusätzlicher Druckspreizungen ist also der Einsatz einer drehzahlgeregelten Pumpe, z. B. Grundfos MAGNA3, und der Einsatz des Danfoss *Dynamic Valve*™ des Typs RA-DV. Die Kombination aus beiden sorgt

für einen problemlosen Betrieb des Heizungssystems, wie das Beispiel aus Fredericia verdeutlicht. Die Installation ist seit einem Jahr im Einsatz, und die Kosten für den Pumpenbetrieb sanken um etwa 57 % bzw. 980 kWh im Jahr.

## Optimierung der Pumpe

Läuft die Pumpe optimal, sorgt dies für den geringstmöglichen Energieverbrauch. Die Pumpenoptimierung zusammen mit der Proportionaldruckregelung ist nur durch den Einsatz automatischer Abgleichventile möglich. Der Einsatz des neuen Danfoss dP tool™ (zur Messung des Differenzdrucks) in Kombination mit Grundfos GO (mobiler Zugang zu Grundfos-Online-Tools) ermöglicht nicht nur eine problemlose Inbetriebnahme, sondern sorgt auch für Pumpenoptimierung und geringstmöglichen Energieverbrauch.

Das Danfoss dP tool™ ist ein äußerst nützliches, einfaches und einzigarti-

ges Inbetriebnahme-Werkzeug zur Messung des vorhandenen Differenzdrucks. Die Montage erfolgt an dem kritischen Ventil, in dem der Differenzdruck am niedrigsten ist. Im Vollastbetrieb muss der Differenzdruck 10 kPa betragen. Ist der Differenzdruck höher oder niedriger, erfolgt eine Einstellung des Sollwertes an der MAGNA3-Pumpe. Der Sollwert steht im Zusammenhang mit dem von der Pumpe ausgeübten Differenzdruck. Dieser Wert liegt stets über dem an dem kritischen Ventil gemessenen Wert, da der Differenzdruck im Verlauf durch das System zurückgeht.

Grundfos GO ist die mobile Toolbox für mobile professionelle Anwender. Grundfos GO ist die umfassendste Plattform für mobile Pumpenregelung und -auswahl, einschließlich Dimensionierung, Ersatz und Dokumentation, und lässt sich auf jedes mobile Gerät mit iOS- oder Android-Betriebssystem herunterladen.

Nach Ausführung dieser Schritte haben Sie die ordnungsgemäße Inbetriebnahme des Heizungssystems sichergestellt, nicht nur zu planmäßigen Durchflussbedingungen, sondern vor allem auch im Teillastbetrieb. Das Ergebnis ist ein geringstmöglicher Energieverbrauch für das gesamte Heizungssystem.

## Fazit

Optimal arbeitende Heizungssysteme bedürfen einer sorgfältigen Inbetriebnahme, um den Energieverbrauch auf ein Minimum zu senken. Mit dem neuen und innovativen Danfoss *Dynamic Valve*™ des Typs RA-DV in Kombination mit der neuen drehzahlregulierten Grundfos-Pumpe MAGNA3 ist dies nun problemlos möglich. In dem konkreten Beispiel aus Fredericia (Dänemark) betrug die erzielte Ersparnis nicht weniger als 12 % der Heizkosten. Dieses Ergebnis konnte durch die Kombination aus den neuen Dynamic Valve von Danfoss und der neuen Grundfos-MAGNA3-Pumpe erzielt werden.

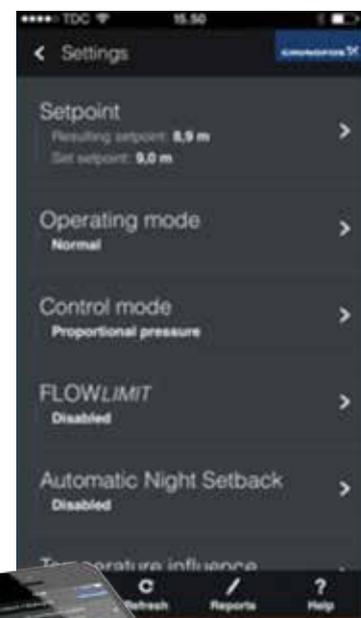
Für optimalen Komfort und möglichst niedrige Betriebskosten ist eine fachgerechte Inbetriebnahme der Heizungssysteme unerlässlich. In der Vergangenheit war die Inbetriebnahme ein komplizierter Vorgang, der den Einsatz verschiedener Ventile und Messinstrumente erforderte.

Heute lassen sich der vorgesehene Durchfluss und Pumpensollwert mit dem neuen Danfoss dP tool™ und Grundfos GO mühelos an jedem Heizkörper einstellen. Dies sorgt nicht nur für einen optimalen Betrieb, sondern ermöglicht auch eine erhebliche Zeiterparnis bei der Inbetriebnahme.

Dies sind triftige Gründe, das Energieeinsparpotential im Bestandsanlagen zu überprüfen und die passenden Maßnahmen zu ergreifen.

*Rene Hansen, Danfoss*     *Anders Nielsen, Grundfos*

*Juni 2015*



Grundfos GO, für Android und iOS.



**Danfoss GmbH** · Carl-Legien-Straße 8 · D-63073 Offenbach/Main  
Telefon: (069) 8902-0 · Telefax: (069) 8902-106 · [www.danfoss-sc.de](http://www.danfoss-sc.de)

Die in Katalogen, Prospekten und anderen schriftlichen Unterlagen, wie z.B. Zeichnungen und Vorschlägen enthaltenen Angaben und technischen Daten sind vom Käufer vor Übernahme und Anwendung zu prüfen. Der Käufer kann aus diesen Unterlagen und zusätzlichen Diensten keinerlei Ansprüche gegenüber Danfoss oder Danfoss Mitarbeitern ableiten, es sei denn, dass diese vorsätzlich oder grob fahrlässig gehandelt haben. Danfoss behält sich das Recht vor, ohne vorherige Bekanntmachung im Rahmen des Angemessenen und Zumutbaren Änderungen an ihren Produkten – auch an bereits in Auftrag genommenen – vorzunehmen. Alle in dieser Publikation enthaltenen Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Firmen. Danfoss und das Danfoss Logo sind Warenzeichen der Danfoss A/S. Alle Rechte vorbehalten.