

## Energieeinsparung durch Hydraulik schafft optimale Anlagenverhältnisse

Immer mehr rückt die Bedeutung des hydraulischen Abgleichs in Heizungsanlagen in den Vordergrund. Wurde bis Mitte der 90er Jahre der hydraulische Abgleich weitgehend vernachlässigt, zeigt sich heute nach der Wärmeschutzverordnung von 1995 und der ab 2001 gültigen Energieeinsparverordnung, dass Heizungs- und Kälteanlagen ohne Einregulierung kaum noch zu beherrschen sind.

Diese seit 1. Februar 2002 gültige Energieeinsparverordnung, die EnEV, zeigt auch neue Möglichkeiten auf. Bauliche und anlagentechnische Maßnahmen werden nun gleichrangig behandelt. Letztlich bedeutet dies, dass höhere Qualität auf der anlagentechnischen Seite neue Potentiale und Möglichkeiten auf baulichen Seite für den Architekten schaffen. Der Planer, der diese anlagentechnischen Potentiale anzuzapfen will, muss zukünftig nicht nur den optimalen hydraulischen Abgleich erreichen, sondern sich auch verstärkt mit dem Nachweis beschäftigen.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, hat Gampper Armaturen das Quitus-Sortiment aufgebaut. Die Produkte innerhalb dieses Sortiments ermöglichen den Anwendern sowohl bestehende als auch neue Anlagen so zu planen und auszuführen, dass nicht nur die Funktion dieser Anlagen gewährleistet ist, sondern auch die Hauptforderung der Energieeinsparverordnung erfüllt wird, die Einsparung von Energie.

### Der Zusammenhang zwischen Wassermenge und Raumtemperatur

Um diese Technologie zu verstehen, muss zunächst einmal der Zusammenhang zwischen Wassermenge und Raumtemperatur dargestellt werden. In Abb. 1 ist eine Messreihe in tabellarischer Form dargestellt. Diese Messreihe soll den Zusammenhang zwischen Wassermenge am Heizkörper und sich daraus ergebender Raumtemperatur darstellen.

T <sub>ausßen</sub> in C	T <sub>Wasser</sub> in C	25%	50%	75%	100%	150%	200%	300%
+ 5	60,5	15,7	18,3	19,40	20,0	20,6	21,0	21,30
0	71,0	14,0	17,7	19,2	20,0	20,9	21,4	21,8
- 5	80,5	12,2	16,9	18,9	20,0	21,1	21,7	22,2
- 10	90,0	10,5	16,2	18,7	20,0	21,4	22,1	22,7

Abb. 1

Die hier betrachtete Heizungsanlage ist mit einer witterungsabhängigen Außentemperaturregelung ausgestattet. Es herrschen optimale Bedingungen. Die Messreihen wurden in einem Raum bei unterschiedlichen Außenbedingungen ermittelt, wobei die Wassermengen variiert wurden.

Betrachten wir zunächst die Veränderung der Raumtemperatur bei erhöhtem Durchsatz. In der Tabelle kann nachvollzogen werden, wie die durchschnittliche Raumtemperatur langsam aber stetig in Abhängigkeit zum Volumenstrom zunimmt. Insbesondere in Abhängigkeit von den niedrigen Außentemperaturen steigt die durchschnittliche Raumtemperatur bei dreifachem Volumenstrom um bis zu 3 Kelvin. Woher kommt aber diese zu hohe Raumtemperatur?



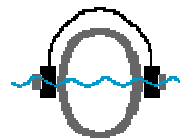
Eine Person, die sich in diesem Raum aufhält, wird feststellen, dass die Raumtemperatur stark schwankt - allerdings um erheblich mehr als 3 Kelvin. Die in dieser Tabelle angegebene Raumtemperatur ist nämlich die durchschnittliche Raumtemperatur. Betrachtet man die Raumtemperatur in kurzen Intervallen, ist eine starke Schwankung erkennbar.

Was sind aber die Gründe für diese Schwankung, was passiert in diesem Raum?

1. Erhält der Heizkörper mehr Wassermenge als er benötigt, um die Wärmeverluste des Raumes auszugleichen, steigt die Raumtemperatur.
2. Das Thermostatventil misst den Temperaturunterschied von der Ist-Temperatur zur Soll-Temperatur und beginnt zu schließen.
3. Da das Thermostatventil träge ist (der Schließvorgang von ganz geöffnet zu ganz geschlossen dauert ca. 20 Minuten) wird bis zum Verriegeln des Heizkörpers immer noch Wärme zugeführt und die Raumtemperatur steigt weiter an.
4. Insbesondere Heizkörper mit großen Wasserinhalten sind sehr träge in Ihrem Reaktionsverhalten. Das bedeutet, dass der Heizkörper trotz des geschlossenen Thermostatventils weiterhin Wärme an den Raum abgibt. Das bedeutet, der Raum erhält zusätzlich Wärme.
5. Ab einem bestimmten Punkt kühlt der Raum aber wieder aus, weil der Heizkörper auskühlt.
6. Das Thermostatventil beginnt dann wieder zu öffnen, wenn die Raumtemperatur unterschritten wird.
7. Da i. d. R. jedoch der Raum schneller auskühlt als das Ventil Wärme zuführen kann, fällt die Raumtemperatur unter die Solltemperatur von 20 °C.
8. Das Thermostatventil öffnet immer weiter auf maximalen Durchfluss.
9. Damit sind wir wieder bei Punkt 1. angelangt und das ganze beginnt von vorne.

Das in den Punkten 1. - 9. beschriebene Verhalten ist auch unter dem Begriff 2-Punktverhalten bekannt. Dieses Auf - Zu Verhalten des Thermostatventils wirkt sich auch auf den Energieverbrauch einer Heizungsanlage aus.

Unter Verwendung der Faustformel, die besagt, dass 1 Kelvin erhöhte Raumtemperatur 5 - 8 Prozent mehr Energie kostet, bedeutet dies im günstigsten Fall 15 Prozent, im ungünstigsten Fall 24 Prozent Mehrkosten an Energie.



## Geräuschprobleme

Darüber hinaus kann durch den hohen Durchsatz am Ventil ein Geräuschproblem auftreten. Dabei sind die vier bekanntesten Erscheinungen:

1. Knacken
2. Klopfen
3. Rauschen
4. Pfeifen

Zu 1. Die erste Erscheinung hat nichts mit der Hydraulik im engeren Sinne zu tun. Knackgeräusche sind auf Ausdehnungen der Rohrleitungen zurückzuführen. Hauptsächlich ältere Gebäude mit groß dimensionierten Rohrleitungen, die gleitend gefahren werden, sind hiervon betroffen.

2. Klopfgeräusche, die entstehen, wenn Thermostatventile von der falschen Richtung her angeströmt werden, sind eigentlich auch kein Hydraulikproblem. Diese Erscheinung tritt in älteren Anlagen auf, die von Handreguliertventilen auf Thermostatventile umgerüstet wurden. Da bei Handreguliertventilen die Anströmrichtung keine Rolle spielt, wurde hier häufig Vor- und Rücklauf am Heizkörper vertauscht. Abhilfe kann hier geschaffen werden, indem spezielle Ventile mit umgekehrter Anströmrichtung eingebaut werden.
3. Hört man „Rauschen“, haben wir ein klassisches Hydraulikproblem. Die Ursache ist, dass die Wassermenge, die durch das Rohr fließt, zu groß ist (vgl. 300 % Wassermenge in Tabelle). Damit wird die Geschwindigkeit des Heizmediums im Rohr so hoch, dass Fließgeräusche auftreten. Hier ist der Einsatz des VarioQ Thermostatventils ausgesprochen effektiv. Wird der Heizkörper nun auf die richtige Menge eingestellt, ist in der Regel Ruhe, da nun erheblich weniger Wasser durch die Rohrleitung fließt.
4. Das pfeifende Ventil ist ebenfalls ein klassisches hydraulisches Problem. Es tritt ebenfalls auf, wenn zu große Mengen Heizmedium durch das Ventil fließen. Versucht nun das Ventil beim Überschwingen der Raumtemperatur zu schließen, wird nun der Ventilquerschnitt nochmals verringert. So wie vorher beschrieben, in der Rohrleitung Fließgeräusche entstehen, erzeugen die jetzt noch höheren Fließgeschwindigkeiten im Ventil Sitz einen hochfrequenten Pfeifton. Als Lösung gilt auch hier, in der Regel behebt das Einstellen der richtigen Wassermenge das Problem.

### **Mehrverbrauch erzeugt Unterversorgung**

Verbraucht man in einer Heizungsanlage an mehreren Verbrauchern zuviel Wassermenge, dann fehlt diese an anderer Stelle.



Betrachtet man die Raumtemperatur bei reduziertem Durchsatz, erkennt man leicht, wie die Raumtemperatur fällt. Auch hier werden Nutzer sich schnell beschweren, denn es ist einfach zu kalt. Problematisch ist allerdings, dass bei weiterer Verschlechterung der Situation der Frostschutz verloren geht.

### **Das Ziel des hydraulischen Abgleichs**

Ziel muss es also sein, den Volumenstrom auf die für die Verbraucher notwendige Wassermenge zu begrenzen und ein Regelverhalten zu erzeugen, dass nur so viel Wassermenge dem Verbraucher zuführt, dass die Raumtemperatur stabil gehalten werden kann. Das bedeutet: größt mögliche Wirkungsgradänderung bei kleinst nötiger Leistungsabforderung.

Gleichzeitig soll die Ventilautorität in einer Heizungsanlage so hoch sein, dass der Störeinfluss von Durchflussänderungen in der Anlage so gering wie möglich ist. Wir sprechen hier auch von einer hohen Verbraucherautorität (Vgl. VOB/C3.1.1.). Sie gewährleistet, dass die Verteilung der Wassermengen in ein Heizungsanlage stabil bleibt, auch bei unterschiedlichen Lastbedingungen.

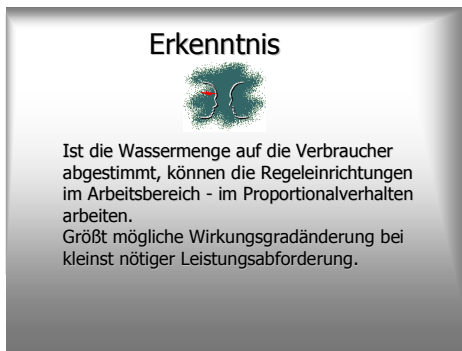


Abb. 2

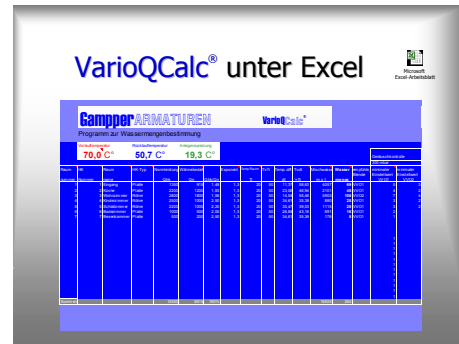


Abb.3

## Abstimmung der Wassermenge auf die Verbraucher

Um die Wassermenge am Thermostatventil auf den Heizkörper abzustimmen, muss man also folgende Fragen beantworten:

1. Welche Wassermenge muss an dem Heizkörper (Verbraucher) anstehen?
2. Steht diese Wassermenge tatsächlich an?

An diesem Punkt muss unterschieden werden zwischen neu zu erstellenden Heizungsanlagen und bestehenden Altanlagen.

### Frage 1: Welche Wassermengen müssen anstehen?

#### Neuanlagen

Bei Neuanlagen kann der Planer in den Heizungsanlagen die Komponenten so auswählen und dimensionieren, dass eine Berechnung der Wassermengen durch moderne Rohrnetz – berechnungsprogramme vorgenommen werden kann.

Es muss aber berücksichtigt werden, dass bei der Ausführung der Heizungsanlage zum Teil erhebliche Änderungen vorgenommen werden, die dazu führen können, dass die Wassermengen an den Verbrauchern nicht mehr mit den geplanten Mengen übereinstimmen.

Andererseits vereinfachen viele Rohrnetzberechnungsprogramme die Berechnungen, um lange Rechenzeit zu vermeiden. Auch dies führt zu Abweichungen gegenüber den tatsächlichen Bedingungen und macht nachträgliche Korrekturen notwendig. Je kleiner die einzustellenden Wassermengen sind, um so größer sind die Abweichungen. Die dreihundert Prozent Abweichung in der Tabelle auf Seite 1 sind häufiger anzutreffen als der Planung und der Ausführung lieb ist.

Wie kann man aber diese Abweichungen ermitteln und korrigieren?

#### Bestehende Anlagen

In bestehenden Anlagen ist es schwierig die Wassermengen zu ermitteln, da wir die Einzelwiderstände der Anlagenkomponenten nicht nachvollziehen können. Rohrleitungen sind unter Putz verlegt, so dass man die Dimension nicht kennt. Eine Berechnung der Einzelwiderstände, Voraussetzung zur Rohrnetzberechnung, ist also nicht möglich.

Wir sind allerdings in der Lage, die Wassermengen zu berechnen, die von den einzelnen Verbrauchern (Heizkörpern) benötigt werden, um den Wärmebedarf des jeweiligen Raumes zu decken. Dies ist mit den meisten computergestützten Auslegungsprogrammen möglich. Eine einfache aber um so wirkungsvollere Methode ist der Einsatz des Berechnungsprogrammes VarioQCalc von Gampper Armaturen. Hiermit kann man auf Basis eines gewöhnlichen Excel Programms übersichtlich die notwendige Wassermenge für jeden einzelnen Heizkörper, korrigiert um die jeweilige Überdimensionierung, berechnen. Zusätzlich erhält man die Spreizung für jeden einzelnen Heizkörper sowie die Gesamtspreizung und Gesamtfördermenge der Anlage. Genauere Informationen zu dem Programm erhalten Sie auf Anfrage bei Gampper Armaturen.

### **Antwort auf Frage 1.**

Es ist also unproblematisch, die notwendigen Wassermengen zu ermitteln. Somit können wir uns der zweiten Frage zuwenden.

### **Frage 2: Steht diese Wassermenge tatsächlich an?**

#### **Ermittlung der Wassermenge durch Messung**

Um diese Wassermenge zu gewährleisten, gibt es eine sehr einfache aber unglaublich effektive Methode, nämlich das Messen der Wassermenge.

Um die Wassermenge an jedem einzelnen Heizkörper messen zu können, benötigt man allerdings ein Ventil, das zwei Funktionen erfüllen kann:

1. Das Ventil muss messbar sein.
2. Das Ventil muss einstellbar sein

### **Antwort auf Frage 2.**



Abb. 4

Um diese Anforderungen zu erfüllen, hat Gampper sein voreinstellbares Ventil der Baureihe Vario mit der überraschend einfachen, aber um so genaueren Quitus-Messtechnik versehen. Diese Quitus-Messtechnik ermöglicht mit Hilfe eines elektronischen Messgerätes den Massenstrom direkt im Ventil schnell und einfach zu messen. Diese Ventilbaureihe nennt sich VarioQ (Q = Quitus). (Abb. 4)

#### **Die Quitus Messtechnik**

Der Grund für diese einfache Durchführung der Messung liegt vor allem in der Technik selbst, denn bei der Quitus-Messtechnik erfolgt die Messung über eine feste kalibrierte Messblende. Das hat den Vorteil, dass die Messung im Vergleich zu herkömmlichen Messmethoden, wie sie beispielsweise von Strangreguliertventilen her bekannt ist, erheblich

schneller und genauer ist. Während bei den herkömmlichen Methoden der Differenzdruckmessung das gesamte Ventil als Messstrecke verwendet wird und eine Änderung der Voreinstellung immer wieder eine Umrechnung des Messergebnisses notwendig macht, nutzt das Quitus-Verfahren nur eine kleine Teilstrecke, versehen mit einer festen kalibrierten Messblende im Ventil. Eine Änderung der Voreinstellung wirkt sich dann nicht auf die Messung aus. (Abb. 5)

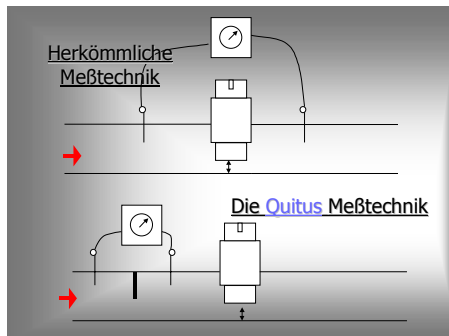


Abb. 5

Aufwendiges Umrechnen entfällt, man spart Zeit und vermeidet Fehler. In den meisten Fällen reicht ein einziger Messvorgang, um die Anlage einzuregulieren.

### Messung der Wassermenge im Ventil die Lösung ?

Das bedeutet, nun sind wir in der Lage, unsere Wassermengen an dem Heizkörper zu prüfen und zu korrigieren. Somit haben wir beide Fragestellungen beantwortet.

Aber ganz so einfach ist es nun doch nicht. Zu der Messung und Einstellung gehört auch noch die Fähigkeit des Ventils, die Wassermengen im Betrieb zu regeln. Um diese Fähigkeit zu verstehen, muss man das Regelverhalten eines Ventilunterteils genauer beleuchten.

### Das Regelverhalten

Betrachtet man eine typische Ventilkennlinie, fällt auf, dass ein Thermostatventil zwar einen Gesamthub von ca. 2 mm hat, aber nur in einem kleinen Hubbereich regelt. Der Grund hierfür ist, dass das Fühlerelement im Thermostatregelkopf bei einer Raumtemperaturänderung von 1 Grad einen spezifischen Hub von 0,22 mm macht. Da wir mit einem Thermostatventil die Raumtemperatur konstant halten wollen und der menschliche Körper Raumtemperaturschwankungen in einem Bereich von ca. 3 Grad gerade noch als konstant empfindet, will man innerhalb dieser 3 Grad die Wassermenge regeln. Damit ergibt sich die typische Ventilkennlinie in Abb. 7.

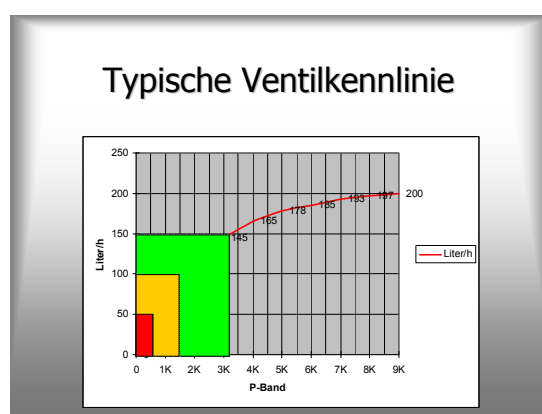
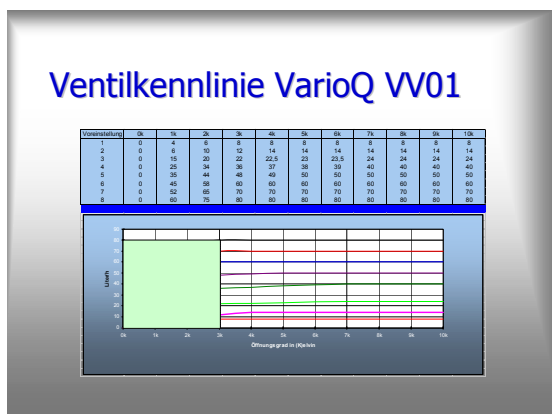


Abb.6

Abb.7

Da wir bereits festgestellt haben, dass wir Thermostatventil und Heizkörper aufeinander abstimmen müssen, würde das jedoch bedeuten, dass man für jede Heizkörpergröße ein speziell abgestimmtes Ventil bräuchte. Das ist natürlich nicht möglich. Deswegen wurden Ventile entwickelt, mit denen man verschiedene Wassermengen einstellen kann, sogenannte voreinstellbare Thermostatventilunterteile. Bei diesen Ventilen wird je nach Hersteller mit unterschiedlichen Verfahren die Wassermenge begrenzt.

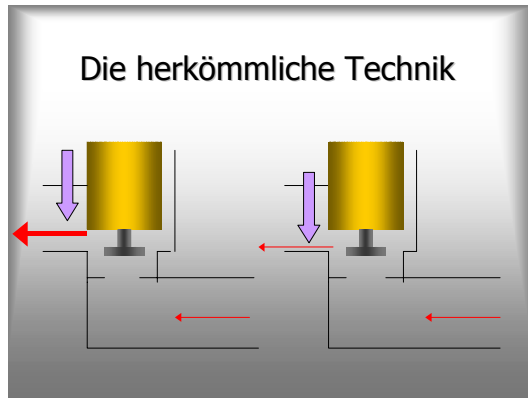


Abb. 8

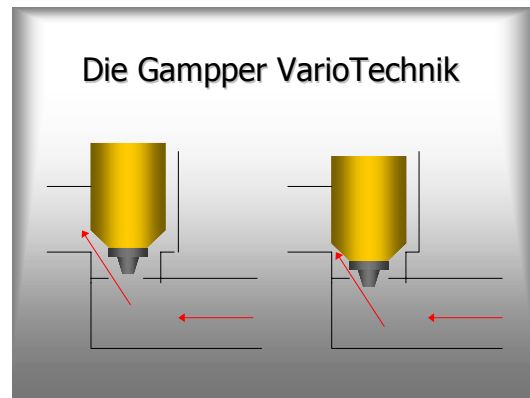


Abb.9

Der Nachteil dieser Einstellmöglichkeit ist jedoch, dass diese Wassermengenbegrenzung die Qualität der Regelung zum Teil erheblich beeinträchtigt. Da diese Verfahren fast immer nur die maximale Wassermenge begrenzen, verbleibt bei kleiner werdenden Einstellungen dem Ventil ein immer kleiner werdender Temperaturbereich zum Ausregeln der Raumtemperatur. Haben wir im Diagramm in Abb. 7 noch ca. 5 - 6 Kelvin (Grad ) zur Verfügung, so bricht dieses sog. P-Band zusammen, wenn wir bei diesem Ventil den Volumenstrom auf z. B. 80 Liter reduzieren. Damit arbeitet das Thermostatventilunterteil im bereits vorher beschriebenen 2-Punktverhalten.

Hydraulisch gesehen wird das Ventil jetzt selbst zum Störfaktor im Netz. Da es ständig zwischen voll geöffnet und voll geschlossen schwingt, fordert es einmal sehr viel – dann wieder kein Heizwasser aus dem Netz ab.

Die Pumpe in diesem System muss einerseits einen großen Druckverlust überwinden (Ventile geschlossen), andererseits zusätzliche Menge zur Verfügung stellen, weil die Heizkörper überdurchschnittlich viel Heizwasser dem Rohrnetz abverlangen (Ventile geöffnet).

In beiden Fällen erhöht sich die Pumpenleistung und das bedeutet zusätzlichen eigentlich unnötigen Energiebedarf und meist Geräusche in den Rohrleitungen und Ventilen.

### Das VarioQ spart Energie und vermeidet Geräusche

Das Vario Ventilunterteil wurde so konzipiert, dass es eigentlich mehrere Ventile in einem einzigen Ventil ist. Jede Veränderung der Voreinstellung im Ventil erzeugt eine eigene neue Ventil -Regelkennlinie, die dem Ventil immer den notwendigen Regelbereich garantiert, selbst bei kleinsten Heizwassermengen, z. B. Voreinstellung 1 ( vgl. Abb. 6).

Damit kann das Ventil immer in seinem optimalen Regelbereich arbeiten. Das bedeutet gegenüber einem gewöhnlichen voreinstellbaren Ventilunterteil, das hier im 2-Punktverhalten regelt, eine Hubersparnis von fast 75 %. Damit gelangt immer nur so viel Heizwasser in den Heizkörper, wie er tatsächlich benötigt.

Auf diese Weise ist einerseits die Regelung der Raumtemperatur gewährleistet (vgl. Abb.1), sowie auch eine der wichtigsten Voraussetzungen zur Erreichung einer hohen Ventil- bzw. Verbraucherautorität erfüllt.

Die Wassermengen an den Verbrauchern im Griff zu haben, hat weitere Vorteile. Es sind keine statischen Strangreguliertventile mehr notwendig, noch dynamische Mengenregler. Das bedeutet keine zusätzlichen Widerstände im Rohrnetz, die einerseits bei unterschiedlichen Lastzuständen in der Anlage mehr beherrschbar sind, andererseits zusätzliche Pumpenleistung benötigen. Inwiefern man Differenzdruckregler benötigt, muss anlagenbezogen entschieden werden. Doch auch hier gilt, nur dort einsetzen, wo diese zusätzlichen Regeleinrichtungen tatsächlich notwendig sind.

Beim Einregulieren der Anlagen werden Sie schnell feststellen, welche Potentiale in unseren Rohrnetzen schlummern. Die Praxis zeigt, dass gängig dimensionierte Rohrnetze bis zu 1000 Heizkörpern, mit dem VarioQ Ventilunterteil ohne zusätzliche Regeleinrichtungen hydraulisch abgeglichen werden können, bei gleichzeitiger erheblicher Einsparung von Förderleistung der Pumpe.

### **Die hydraulische Kausalkette**

Damit lässt sich eine Ablaufkette bilden, die wir bei Gampper Armaturen die hydraulische Kausalkette nennen. Wir haben Sie bereits am Anfang angedeutet.

Die genaue Abstimmung der Regeleinrichtung auf den Verbraucher gewährleistet, dass das Ventilunterteil im Regelbereich arbeiten kann und nur die Menge aus dem Netz abfordert, die es tatsächlich benötigt.

Damit muss die Pumpe nur die Menge in das Netz hinein fördern, die benötigt wird. Durch die geringere Menge reduziert sich der Einfluss der Rohrleitungswiderstände und die Verbraucherautorität wird erhöht.

Die Erhöhung der Verbraucherautorität wiederum verbessert die Regelfähigkeiten der Regeleinrichtungen, die jetzt mit nur geringsten Regelabweichungen die Raumtemperaturen regeln (Forderung der EnEV!). Damit wird die Wassermengenverschiebung im Rohrnetz weiter reduziert, was letztendlich wiederum eine Reduzierung der Fördermenge bedeutet.

Wie sich die Reduzierung der Fördermengen energietechnisch auswirkt, zeigt die folgende Relation:

$$\frac{1}{2} \text{ Wassermenge} = \frac{1}{4} \text{ Pumpenleistung} = \frac{1}{8} \text{ Stromverbrauch}$$

Die Vorteile liegen also klar auf der Hand.

1. Die hohe Verbraucherautorität macht zusätzliche Regeleinrichtungen weitgehend überflüssig und spart damit Ausrüstungskosten.
2. Das Regeln im optimalen Arbeitsbereich des Thermostatventilunterteils bedeutet stabile regelbare Raumtemperaturen und damit hohen Wohn- und Arbeitskomfort.
3. Das niedrige Versorgungsniveau der Pumpe bedeutet deutliche Energieeinsparung.