



# Auslegung von Thermostatventilen

## Konzeptionen im Rahmen der EnEV

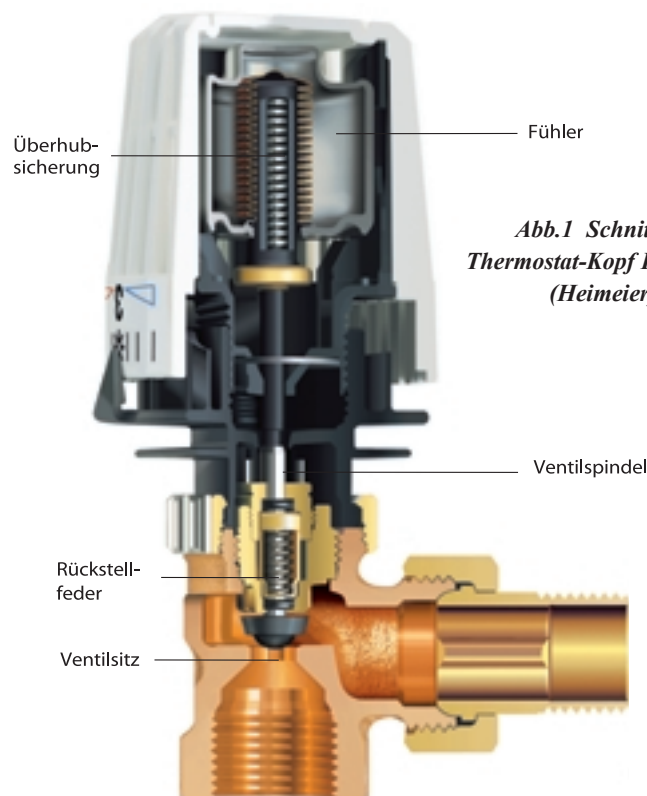
Heinz Eckard Beele

**Die EnEV führt Heizungsanlagenverordnung und Wärmeschutzverordnung zusammen. Dabei geht es allerdings um weit mehr als die bloße Vereinigung bisheriger Verordnungen. Die EnEV fordert erstmals einen rechnerischen Nachweis über den Energiebedarf, lässt Höchstwerte für den Jahres-Primärenergiebedarf zu und legt hierfür das Berechnungsverfahren fest. Für die Umsetzung der geforderten Energieeffizienz ist lt. EnEV der Weg zum Ziel frei wählbar – d. h. bauliche und anlagentechnische Maßnahmen werden gleichrangig in der EnEV behandelt. Durch diese Veränderung ergibt sich auch eine neue Situation für Fachplaner, Architekten, Bauträger und Heizungsbauer die nun Bauvorhaben noch individueller hinsichtlich der energetischen Bedingungen konzipieren können – solange die Rechnung zur Energieeffizienz stimmt.**

Die neue Situation erfordert eine gezielte Auswahl geeigneter Qualitätsprodukte. Drei unterschiedliche Verfahren (Tabellen-, detailliertes-, Diagrammverfahren) stehen für die Ermittlung der sogenannten Anlagenaufwandszahl nach **DIN V 4701-10** zur Verfügung. Das Diagrammverfahren ermöglicht eine sehr schnelle Bestimmung der Anlagenaufwandszahl ohne Berechnung. Aufwandszahldiagramme sind für einige typische Anlagen im Anhang C bzw. im Beiblatt zu DIN V 4701-10 enthalten.

### Regeldifferenz

Die Aufwandszahl-Diagramme berücksichtigen Thermostatventile mit einer Regeldifferenz von 2 K. Es besteht jedoch die Möglichkeit, Thermostatventile innerhalb des rechnerischen Verfahrens auch mit einer Regeldifferenz von 1 K zu berücksichtigen. Was versteht man unter Regeldifferenz – oder besser – Auslegungs-Regeldifferenz, da es sich nicht um eine Produkteigenschaft, sondern um eine rechnerische Größe handelt?



Das Thermostatventil ist konstruktiv betrachtet ein Proportionalregler ohne Hilfsenergie. Die Änderung der Raumlufttemperatur ist proportional zur Änderung des Ventilhubes. Der Fühler vergleicht die gemessene Raumlufttemperatur mit dem Sollwert und stellt über die Ventilspindel den Ventilhub und

damit den Massenstrom zum Heizkörper entsprechend ein. Beim Auftreten von Fremdwärme wird die Wärmezufuhr zum Heizkörper gedrosselt. Fällt die Raumlufttemperatur, öffnet das Ventil. Folglich wird die Raumlufttemperatur innerhalb eines regeltechnisch erforderlichen Proportionalbandes konstant gehalten.

Ist beispielsweise eine Temperatur von ca. 20 °C gewünscht, wird der Thermostat-Kopf so eingestellt, dass die richtige Wassermenge zur Aufrechterhaltung der Raumlufttemperatur fließt (bei geplanter Vorlauftemperatur). Treten nun Störungen der Raumlufttemperatur, sei es durch Sonneneinstrahlung, Personen, Beleuchtung etc. auf, so steigt diese.

Dabei wird der Massenstrom soweit reduziert, dass die Wärmeabgabe des Heizkörpers im Gleichgewicht mit den Wärmeverlusten des Raumes steht. Öffnet ein Thermostatventil, nachdem es durch weiteren Temperaturanstieg vollständig geschlossen wurde, dann stellt sich nach Fortfall der Fremdwärmestörung wieder der Nennmassenstrom ein. Die Differenz zwischen der Fühler-temperatur beim Nenn-durchfluss und der Fühler-temperatur beim Öffnungspunkt des Ventils wird als Auslegungs-Regeldifferenz bezeichnet. Bezogen auf dieses Beispiel liegt der Öffnungspunkt bei einer Regeldifferenz von 1 K bei 21 °C

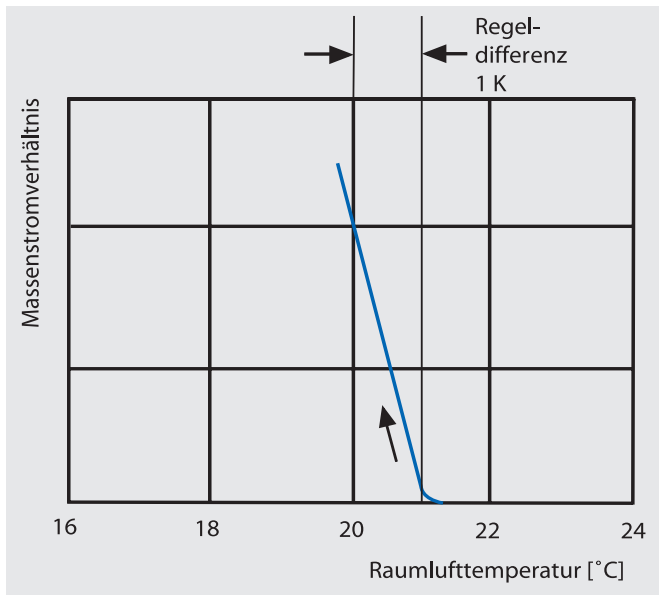


Abb.2a Öffnungskennlinie bei 1 K Regeldifferenz,  $\Delta p = \text{const.}$

bzw. bei 22 °C für den Fall, dass die Regeldifferenz 2 K beträgt. Im Rahmen der Auslegung ist die Regeldifferenz eine theoretische Größe und wird beeinflusst vom Massenstrom, Druckverlust, Voreinstellung (Thermostatventil oder Rücklaufverschraubung) und vom Ventil-Typ. (Abb.2a +b) Die in der Praxis anzutreffenden tatsächlichen Regeldifferenzen liegen häufig unter 1 K, typischerweise um ca. 0,5 K. Verantwortlich hierfür sind Leistungsüberdimensionierungen (Pumpe, Rohrnetz, Heizkörper) und eine von der Planung abweichende Betriebsweise (Gleichzeitigkeit, Vorlauftemperatur ...). Um optimale Regelbedingungen für Thermostatventile zu schaffen, sollten sie richtig ausgewählt bzw. auf die hydraulischen Gegebenheiten abgestimmt sein und zum

Anlagentyp bzw. zur Anlagengröße passen.

### Ventilauswahl

Bei der Auswahl von Thermostatventilen spielt auch der hydraulische Abgleich der Heizkörper untereinander eine wichtige Rolle. Um den Abgleich realisieren zu können, sind verschiedene Möglichkeiten denkbar: Dazu zählen beispielsweise die entsprechende Dimensionierung des Rohrnetzes, die Auswahl geeigneter thermostatischer Heizkörper-Regulierventile, einstellbare Rücklaufverschraubungen, Strangregulierventile etc. (Abb.3).

Thermostatventile sorgen quasi automatisch für den korrekten hydraulischen Abgleich, indem sie auf steigende bzw. fallende Raumtemperaturen durch Reduzierung bzw. Erhöhung des Heizwas-

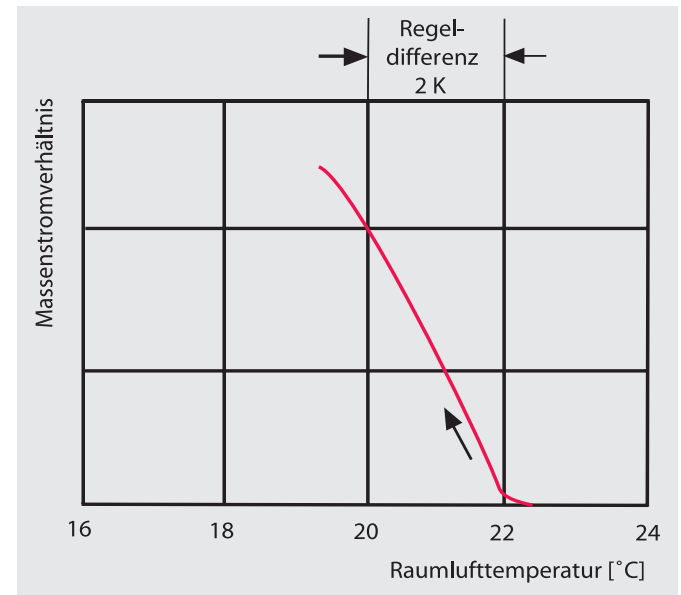


Abb.2b Öffnungskennlinie bei 2 K Regeldifferenz,  $\Delta p = \text{const.}$

sermassenstromes reagieren. Doch nicht nur bei bestimmungsgemäßem Betrieb, sondern auch nach Raumtemperaturabsenkung oder Betriebspausen sollte eine gleichmäßige Wasserverteilung erzielt werden. Ist dies nicht der Fall, so wird dies besonders in Großanlagen, z. B. während der Aufheizphase deutlich.

Häufig wird versucht, das Problem z. B. durch Anhebung der Heizkurve, zeitliche Vorverlegung des Heizbeginns oder durch Einbau von größeren Umwälzpumpen zu beheben. Diese Maßnahmen können jedoch zur Geräuschbildung, weiterer Begünstigung der überversorgten Anlagenteile und zu größerem Energieverbrauch führen. Sinnvoll ist eher die Einregulierung durch Voreinstellung, z. B. mit einstellbaren Rück-

laufverschraubungen in Kombination mit Standard-Thermostatventilen oder mit voreinstellbaren Thermostatventilen. (Abb.4)

### Thermostatventil-Auslegung

Werden Thermostatventile im Rahmen einer Rohrnetzberechnung berücksichtigt, so hat dies auf Grundlage der für Thermostatventile gewählten Aufwandszahl bzw. der zugehörigen Regeldifferenz (1 K oder 2 K) zu erfolgen.

Die **DIN EN 215-1** fordert von den Herstellern die dazu nötigen Angaben (Abb.5). Dies sind z. B. Diagramme, die den Differenzdruck in Abhängigkeit vom Durchfluss angeben. Mindestens drei Kennlinien sind vorgeschrieben und zwar bei einer Auslegungsregeldifferenz von 1 K, von 2 K und bei voll geöffnetem Ventil. Es bleibt dem Hersteller freigestellt, weitere Kurven bei anderen Regeldifferenzen anzugeben. Bei der Auslegung von thermostatischen Heizkörperventilen sind mehrere Punkte zu berücksichtigen,



Abb.3 „Regulux“-Rücklaufverschraubungen für den hydraulischen Abgleich durch gesicherte Voreinstellung (Heimeier)





Abb.4 Thermostatventil-Unterteile für unterschiedliche Anlagenkonfigurationen. Schwarz = Standard, weiß = Voreinstellung, rot = FeinEinstellung, blau = mit besonders geringem Widerstand (Werkbild Heimeier)

- z. B.:
- ▶ Ventilautorität
  - ▶ Regeldifferenz (Aufwandszahl)
  - ▶ Schallemission ( $\Delta p$  5-10 kPa, max. 20 kPa)
  - ▶ Schließdruck
  - ▶ Konzept des hydraulischen Abgleichs

des Druckverlustes über dem Regelquerschnitt des Thermostatventils beim Auslegungsdurchfluss ( $\Delta p - \Delta p_2$ ) zum maximal möglichen Differenzdruck über dem geschlossenen Ventil ( $\Delta p_{ges}$ ). Bei der Planung muss darauf geachtet werden, dass die Ventilau-

Andererseits darf die Ventilautorität auch nicht zu klein werden, damit die Regelqualität noch ausreichend bleibt. Ein richtiger hydraulischer Abgleich ist nur dann gegeben, wenn der richtige Heizwassermassenstrom bei der richtigen Regeldifferenz und bei einer ausreichenden und möglichst gleichbleibenden Ventilautorität vorhanden ist.

Bei Thermostatventilen mit Voreinstellungsmöglichkeit ist die Autorität des Regelquerschnitts durch zusätzliche Widerstände beeinflusst. Mit den in der DIN EN 215 geforderten Diagrammen bzw. zugehörigen Tabellenwerten besteht die Möglichkeit, die Minderung der Autorität im Ventil selbst zu berücksichtigen.

Die Autorität des Regelquerschnittes im Netz ( $a_v$ ) wird folgendermaßen berechnet:

$$a_v = \frac{\Delta p_1 - \Delta p_2}{\Delta p_1 + \Delta p_{var}}$$

Wenn die Autorität des Regelquerschnittes im Ventil ( $a$ ) vom Hersteller angegeben ist (bei voreinstellbaren Ventilen für jede definierte Vorein-

stellung), dann kann sie direkt in die Berechnung einfließen.

$a_v$  ist dann:

$$a_v = a \cdot \frac{\Delta p_1}{\Delta p_1 + \Delta p_{var}}$$

Bei Thermostatventilen **ohne** Voreinstellung kommt es zu keiner nennenswerten Minderung der Autorität des Regelquerschnittes im Ventil. Daher ist der Wert  $\Delta p_2$  vernachlässigbar (gegen Null) bzw. es kann auf die Berücksichtigung der Autorität des Regelquerschnittes im Ventil ( $a$ ) verzichtet werden (gegen eins). Es gilt dann:

$$a_v = \frac{\Delta p_1}{\Delta p_1 + \Delta p_{var}}$$

Die durchflussvariable Strecke mit dem Druckverlust  $\Delta p_{var}$  beginnt und endet an den Stellen annähernd konstanter Druckdifferenz. Zusammen mit dem Druckverlust des Ventils beim Auslegungsdurchfluss ( $\Delta p_1$ ) erhält man den Gesamtdruckverlust ( $\Delta p_{ges}$ ). Bei großen Anlagen verlagert sich der Punkt des annähernd konstanten Gesamtdruckverlustes von der Umwälzpumpe in die Anlage (Verteilleitung) hinein.

Als Gesamtdruckverlust wird dann der Druckverlust eines Anlagenabschnitts (z.B. Strang) bzw. der Differenzdruck an einer dem Anlagenabschnitt vorgeschalteten Differenzdruck-Begrenzungsein-

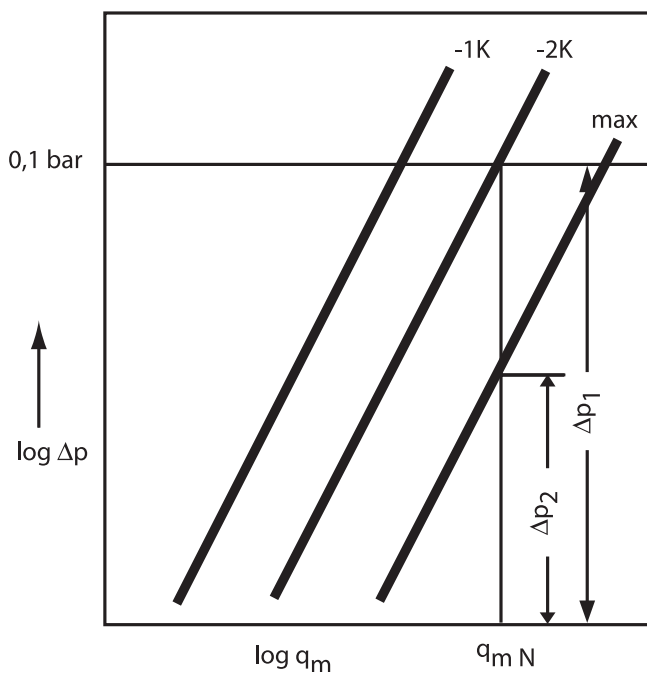


Abb.5 Diagramm nach DIN EN 215-1

Von besonderer Bedeutung ist die Ventilautorität, denn sie beeinflusst die Qualität der Regelung. Die Ventilautorität ist definiert als Verhältnis

torität nicht zu groß wird, da dies beim Öffnen des Thermostatventiles zu einem Ungleichgewicht der Wasserverteilung führen würde.

$\Delta p_1$	Druckverlust des Ventils beim Auslegungsdurchfluss und der gewählten Regeldifferenz
$\Delta p_2$	Druckverlust des Ventils beim Auslegungsdurchfluss und der maximalen Regeldifferenz
$\Delta p_1 - \Delta p_2$	Druckverlust im Regelquerschnitt beim Auslegungsdurchfluss und der gewählten Regeldifferenz
$\Delta p_{var}$	Druckverlust der durchflussvariablen Strecke bei Nenndurchfluss
$\Delta p_{ges}$	$\Delta p_1 + \Delta p_{var}$ = maximal möglicher Differenzdruck über dem geschlossenen Ventil
$a$	Autorität des Regelquerschnittes im Ventil
$a_v$	Autorität des Regelquerschnittes im Netz

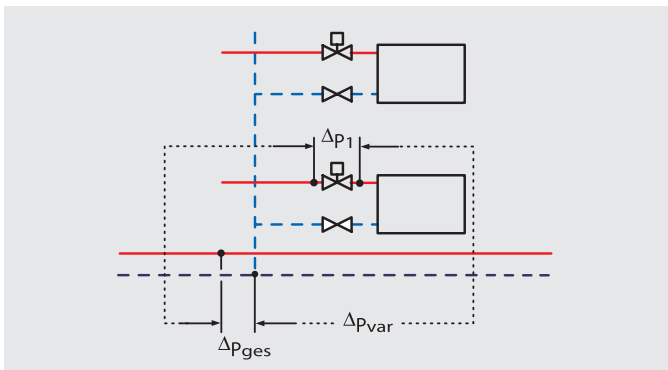


Abb.6 Bezugsdifferenzdruck Anlagenabschnitt  $\Delta p_{ges}$ , bei großen Anlagen

richtung (Differenzdruckregler) herangezogen (Abb. 6).

### Produktqualität

Im Bereich der Einzelraumtemperaturregelung mit Thermostatventilen hängt die Energieeffizienz nicht allein von der Auslegungs-Regeldifferenz ab, sondern in erheblichem Maße auch von der technischen Leistung des Thermostat-Kopfes und dem Zusammenspiel zwischen Thermostat-Kopf und Ventilunterteil. Die Regelgüte ist abhängig von der Hysterese,

von der Schließzeit bzw. Stabilität, vom Einfluss der Wassertemperatur, dem statischen Druck und dem Differenzdruck. In diesem Zusammenhang spielt die Art der Fühlerfüllung eine entscheidende Rolle. Denn Fühler mit inkompressibler Füllung, z. B. flüssigkeitsgefüllte Fühler, verfügen über eine hohe Stellkraft, woraus z. B. eine sehr geringe Hysterese resultiert. Das Thermostatventil regelt folglich exakter als Thermostat-Köpfe mit kompressibler Fühlerfüllung,

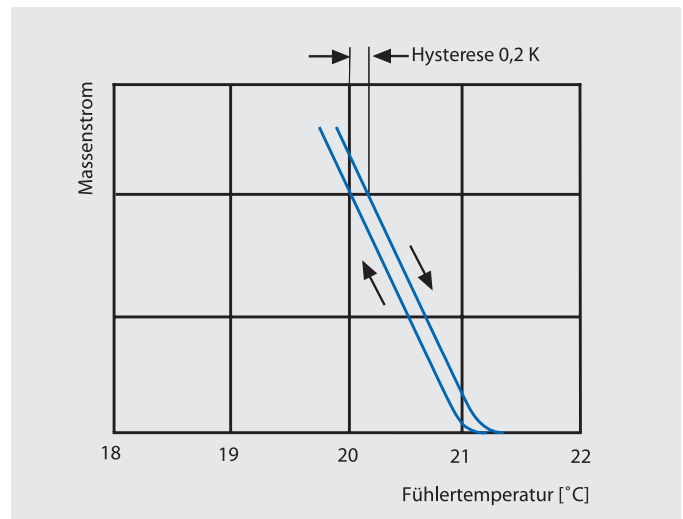


Abb.7 Hysterese eines Thermostatventils mit Thermostat-Kopf K, dargestellt als Temperaturdifferenz zwischen Öffnungs- und Schließkennlinie bei 1 K Auslegungsregeldifferenz und  $\Delta p = 0,1$  bar, Labormessung (Heimeier)

z. B. mit Gas/Dampf-Element (Abb. 7 und 8).

Gerade im Rahmen der EnEV spielt die Hysterese eine entscheidende Rolle. Denn sie vergrößert quasi die gewählte Auslegungsregeldifferenz und somit auch den erforderlichen Raumlufttemperaturanstieg, der benötigt wird um das Ventil zu schließen. Bei Produkten, die gerade einmal die Normanforderung an die Hysterese von max. 1 K erfüllen, würde dies mit einer Verdoppelung der Auslegungsregeldifferenz von beispielsweise 1 K auf 2 K gleichzusetzen sein. Dieses ist nicht unbedingt im Sinne der EnEV, denn bekanntlich lassen sich durch die Reduzierung der Raumtemperatur um 1 K ca. 5 – 6 % Energie einsparen. Der Einbau möglichst exakt regelnder Thermostatventile erfüllt nicht nur die Auflagen der EnEV, sondern entspricht natürlich auch den Forderungen von Anlagenbetreibern und Nutzern. In diesem Zusammenhang spielt auch der **Einfluss des Differenzdrucks** eine wichtige Rolle. Denn der Schließvorgang eines Thermostatventils ist

immer mit einem Anstieg des Differenzdrucks verbunden, der über den angeströmten Ventilteller der Schließbewegung entgegenwirkt.

Dieser Einfluss macht sich besonders bei Thermostat-Köpfen mit kompressibler Fühlerfüllung (z. B. Gas/Dampf) bemerkbar, da sie der aus dem mehr oder weniger starken Differenzdruckanstieg resultierenden Kraft entsprechend nachgeben und erst verspätet, d. h. bei höheren Temperaturen schließen. Sehr ungünstig wird das Bild bei Produkten, die eine große Hysterese und einen hohen Differenzdruckeinfluss aufweisen, denn beide Werte addieren sich immer in Richtung nachteiliger höherer Schließtemperatur. (Abb.9)

Im Gegensatz dazu verfügen Fühler mit inkompressibler Füllung über eine hohe Stellkraft und somit über einen extrem niedrigen Differenzdruckeinfluss und folglich auch in dieser Disziplin über eine hervorragende Sollwert-treue.

Ein weiteres Kriterium ist die Stabilität der Regelung, wobei die in der Norm defi-

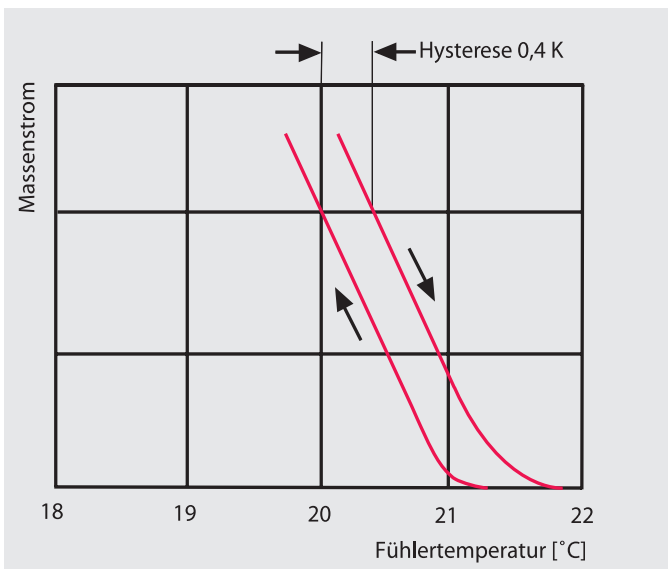
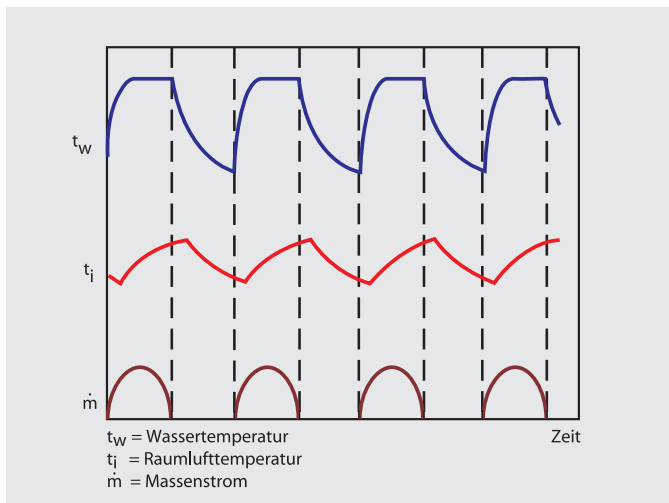


Abb.8 Hysterese eines Thermostatventiles mit Thermostat-Kopf mit kompressibler Füllung, dargestellt als Temperaturdifferenz zwischen Öffnungs- und Schließkennlinie bei 1 K Auslegungsregeldifferenz und  $\Delta p = 0,1$  bar, Labormessung eines Vergleichsprodukts. Deutlich wird die um 100% vergrößerte Abweichung gegenüber einem exakt regelnden Thermostatventil mit einer auf ein Minimum reduzierten Hysterese von 0,2 K (Heimeier)



**Abb.10** Bei einem Thermostat-Kopf mit zu schneller Reaktionsgeschwindigkeit kann die Regelung instabil werden. Dieses Verhalten wird verstärkt oder entsteht auch, wenn der Einfluss der Wassertemperatur auf den Fühler im Thermostat-Kopf konstruktionsbedingt zu hoch ist. Denn bei geschlossenem Ventil sinkt die Wassertemperatur, wodurch auch der Einfluss auf den Fühler entfällt. Dadurch öffnet das Ventil wieder. Dieses Zweipunktverhalten kann besonders bei hoher Vorlauftemperatur zu einer periodisch schwankenden Raumlufttemperatur führen (Heimeier)

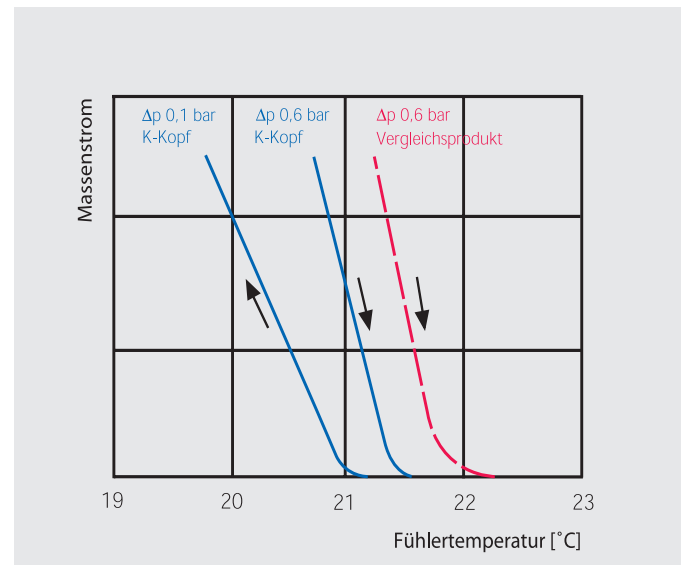
nierte **Schließzeit**, also die Reaktionsgeschwindigkeit des Thermostatventils auf Temperaturänderungen eine Rolle spielt.

Zu langsame Reaktionen erzeugen sehr stabile, aber ungenaue Regelergebnisse. Schnelle Reaktionen können zur Instabilität und somit zum gefürchteten Zweipunktverhalten (Abb.10) führen. Dieses Verhalten wird dann noch zusätzlich verstärkt, wenn die Vorlauftemperatur zu hoch gefahren wird, Heizkörper überdimensioniert sind, hydraulische Reserven ihren Einfluss ausüben und ein Thermostat-Kopf mit zusätz-

lich schlechtem Wassertemperatureinfluss gewählt wird.

### Zusammenfassung:

Für die energetische Bewertung von Anlagen im Rahmen der EnEV gilt DIN V 4701-10. Für Thermostatventile enthält diese Norm Aufwandszahlen für eine Regeldifferenz von 2 K und von 1 K. Die Regeldifferenz ist keine Produkteigenschaft, sondern eine sich einstellende Größe, die u. a. durch Berechnung beeinflusst werden kann. Die in der Praxis anzutreffenden Regeldifferenzen liegen auf Grund von Leistungsüberkapazitäten und von der Planung



**Abb.9** Darstellung des Differenzdruckeinflusses auf die Schließtemperatur bei  $\Delta p = 0,6$  bar entsprechend EN 215. Ein derart hoher Anstieg des Differenzdruckes beim Schließvorgang ist in der Praxis normalerweise nicht zu erwarten. Deutlich wird jedoch die Überlegenheit des K-Kopfes gegenüber Thermostat-Köpfen mit kompressibler Fühlerfüllung. Denn ein rechtzeitiges deutliches Schließen bringt zusätzliche Energieeinsparung

abweichenden Betriebsweisen häufig unter 1 K, typischerweise um 0,5 K, auch wenn keine genaue Anlagenplanung erfolgte. Dennoch sollten Thermostatventile im Rahmen der Rohrnetzberechnung richtig ausgelegt sein. Die Wahl der Abgleichstrategie (einstellbare Rücklaufverschraubungen oder einstellbare Thermostatventile) ist dabei frei wählbar und primär vom Anlagentyp (z. B. Fernheizung) abhängig. Wichtig ist in jedem Fall die erzielbare Energieeinsparung bzw. die Regelgüte. Diese ist abhängig von Produkteigenschaften wie Hysterese,

Schließzeit bzw. Stabilität, vom Einfluss der Wassertemperatur und des statischen bzw. des Differenzdruckes. Zur bestmöglichen Erfüllung dieser Kriterien sind Thermostatventile mit hoher Stellkraft bzw. Thermostat-Köpfe mit inkompressibler Fühlerfüllung (z. B. Flüssigkeit) zu bevorzugen. Im Rahmen der EnEV ist dies eine konsequente Forderung, was auch von Anlagenbetreibern bzw. -nutzern so gesehen wird.

Heinz Eckard Beele,  
Leiter Marketing, Theodor Heimeier  
Metallwerk  
Grafiken u. Fotos Heimeier