



Kurzgutachtung zum Einsatz von Ventilheizkörpern zur Erfüllung der Anforderungen an den hydraulischen Abgleich

Auftraggeber: ARBONIA Division HLK
Herrn Dipl.-Ing. (FH) R. Blab
Pankofen -Bahnhof 1
94447 Plattling

Bearbeiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Joachim Seifert / Dipl.-Ing. L. Schinke
Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz

Dresden, den 17. Februar 2023

Inhalt

1. Einleitung / Hintergründe	3
2. Verordnung / Normen / Regeln	4
2.1. EnSimiMaV	4
2.2. VdZ-Regeln	5
2.1. DIN 94679- Reihe	6
2.1. DIN V 18599-5	7
3. Exkurs: Betrachtungen zum Ventilheizkörper	8
4. Gutachten Prof. Hirschberg	11
5. Fazit	11
6. Literatur	13

1. Einleitung / Hintergründe

Zum ordnungsgemäßen Betrieb von heizungs- und raumluftheizungsanlagen muss bei mehreren Verbrauchern die Verteilsysteme so dimensioniert werden, dass am Verbraucher (Wärmeübergabe im Raum) die rechnerisch bestimmten Leistungen zur Verfügung stehen. Rohr- und Kanalleitungen haben bei den unterschiedlichen Verbrauchern oftmals eine differierende Abmessung sowie eine unterschiedliche Länge. Dies führt zwangsläufig zu unterschiedlichen Druckverlusten in den einzelnen Versorgungskreisläufen. Planungstechnisch muss diesem entgegengewirkt werden und Bauteile integriert werden, die zu einem gleichen Druckverlust der Verbraucherkreise führt, so dass der normgerechte Massestrom zur Verfügung gestellt werden kann. Den Vorgang, um zu einer normgerechten Massestromverteilung zu kommen nennt man „*hydraulischer Abgleich*“.

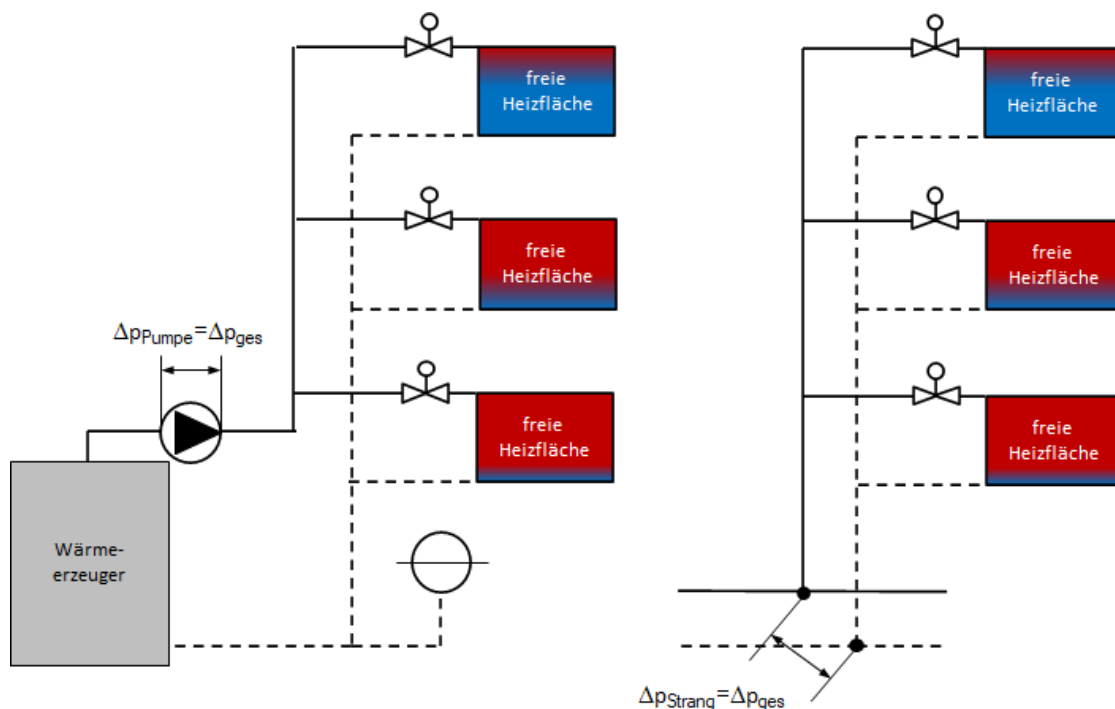


Abb. 1: Bilanzgrenzen für den Hydraulischen Abgleich „Gesamtanlage“ / „Heizungsstrang“

Der klassische hydraulische Abgleich kann wie folgt definiert werden:

„Der hydraulische Abgleich stellt sicher, dass in einem verzweigten hydraulischen System die Normmasseströme an jedem Verbraucher erreicht werden, so dass eine normgerechte Versorgung des Übergabesystems realisiert werden kann.“

Normgerecht bezieht sich in diesem Zusammenhang auf die Heizlast bzw. Kühllastberechnung in einem Raum. Entsprechend Abb. 1 kann der hydraulische Abgleich auf eine Gesamtanlage bzw. bei größeren Systemen auf einen Heizungsstrang erfolgen. Bei Systemen

mit Steigsträngen wird hierbei davon ausgegangen, dass die Stränge untereinander einen Abgleich erfahren¹.

Das vorliegende Kurzgutachten beschäftigt sich mit der Frage, welche Möglichkeiten voreingestellte Ventilheizkörper bei der Erfüllung der aktuellen Anforderungen an den hydraulischen bieten. Es stützt sich dabei auf die bereits vorhandenen Einschätzungen zu voreingestellten Ventilheizkörpern [1] und ordnet diese in den aktuellen Kontext ein.

2. Verordnung / Normen / Regeln

2.1. EnSimiMaV

In der von der Bundesregierung am 01.10.2022 erlassenen Verordnung „*Verordnung zur Sicherung der Energieversorgung über mittelfristig wirksame Maßnahmen*“ (EnSimiMaV) ist zum hydraulischen Abgleich folgende Forderungen geregelt [2]:

1. Gaszentralheizungssysteme **sind** hydraulisch abzugleichen
 - a) bis zum 30. September 2023
 - in Nichtwohngebäuden im Anwendungsbereich des Gebäudeenergiegesetzes ab 1 000 Quadratmeter beheizter Fläche oder
 - in Wohngebäuden mit mindestens zehn Wohneinheiten.
 - b) bis zum 15. September 2024 in Wohngebäuden mit mindestens sechs Wohneinheiten.
2. Gasheizungen **sind nicht** hydraulisch abzugleichen, wenn
 - a) das Heizsystem in der aktuellen Konfiguration bereits hydraulisch abgeglichen wurde,
 - b) innerhalb von sechs Monaten nach dem jeweiligen Stichtag ein Heizungstausch oder eine Wärmedämmung von mindestens 50 Prozent der wärmeübertragenden Umfassungsfläche des Gebäudes bevorsteht oder
 - c) das Gebäude innerhalb von sechs Monaten nach dem jeweiligen Stichtag umgenutzt oder stillgelegt werden soll.
3. Die Durchführung des hydraulischen Abgleichs im Sinne dieser Regelung beinhaltet **mindestens** folgende Planungs- und Umsetzungsleistungen:
 - a) eine raumweise Heizlastberechnung nach DIN EN 12831:2017-09 in Verbindung mit DIN/TS 12831-1: 2020-4,
 - b) eine Prüfung und nötigenfalls eine Optimierung der Heizflächen im Hinblick auf eine möglichst niedrige Vorlauftemperatur,
 - c) die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs unter Berücksichtigung aller wesentlichen Komponenten des Heizungssystems und
 - d) die Anpassung der Vorlauftemperaturregelung.

¹ Abgleich bedeutet in diesem Zusammenhang einen gleichen Druckverlust.

Die Bestätigung des hydraulischen Abgleichs ist einschließlich aller relevanten Einstellungswerte, der Heizlast des Gebäudes, der eingestellten Leistung der Wärmezeuger und der raumweisen Heizlastberechnung, der Auslegungstemperatur, der Einstellung der Regelung und den Drücken im Ausdehnungsgefäß in Textform festzuhalten und dem Gebäudeeigentümer zur Verfügung zu stellen.

4. Der hydraulische Abgleich ist nach Maßgabe des Verfahrens B nach der ZVSHK-Fachregel „Optimierung von Heizungsanlagen im Bestand“, VdZ – Wirtschaftsvereinigung Gebäude und Energie e.V., 1. aktualisierte Neuauflage April 2022, Ziffer 4.2, durchzuführen.

2.2. VdZ-Regeln

Für die Durchführung des hydraulischen Abgleiches sind die Fachregeln des VdZ anzuwenden. Grundsätzlich existieren zwei Verfahren (A/B) [3]. Tab. 1 gibt die Schritte für beide Verfahren an.

Tab. 1: VdZ-Anforderungen an den hydraulischen Abgleich Verfahren A/B

	Verfahren A	Verfahren B
Beschreibung	Näherungsverfahren zulässig bei beheizten Nutzflächen bis $A=500 \text{ m}^2$ je Heizkreis ausgestattet mit einer Pumpe oder Differenzdruckregler / Durchflussregler, siehe auch Fachregel, Mindestleistung	In der Regel: Softwareberechnung, für alle Anlagengrößen, siehe auch Fachregel, grundsätzlich empfohlen
Nachzuweisende Leistungen	▪ Ermittlung der Heizflächendurchflüsse anhand der abgeschätzten Heizlast (z.B. nach Baualtersklassen (W/m^2) oder installierter Heizflächengröße) ▪ Thermostatventile mit konventioneller Voreinstellung: Ermittlung der Voreinstellung mittels Heizflächendurchfluss und Annahme eines Differenzdruckes ▪ Thermostatventile mit automatischer Durchflussbegrenzung: Voreinstellwert = ermittelter Heizflächendurchfluss ▪ Überschlägige Ermittlung von: ○ Systemtemperatur ○ Pumpenförderhöhe ○ Gesamtdurchfluss ○ Ggf. Einstellwerte von Strangarmaturen und / oder Differenzdruckreglern	▪ Raumweise Heizlastberechnung nach Normenreihe DIN EN /TS 12831 [4]. Vereinfachungen sind möglich (z.B. U-Werte nach Typologie) ▪ Heizflächenauslegung: Berechnung / Optimierung der Heizflächendurchflüsse in Abhängigkeit der geplanten Vor- und Rücklauftemperaturen und der Heizflächengröße in Abhängigkeit von der Wärmezeugung ▪ Ermittlung (in der Regel durch Rohrnetzberechnung) von: ○ Voreinstellung der Thermostatventile ○ Pumpenförderhöhe ○ Gesamtdurchfluss ○ Ggf. Einstellwerte von Strangarmaturen und / oder Differenzdruckreglern ○ Optimierung von Vorlauftemperaturen bei Heizflächen im Bestand ▪ Wenn große Teile der Alt-Installation

		des Rohrnetzes im nicht sichtbaren Bereich liegen, ist eine Ermittlung der Voreinstellwerte durch Annahme von Rohrlängen und Nennweiten möglich
--	--	---

Die EnSimiMa-Verordnung wird erfüllt, wenn das Verfahren B der VdZ-Fachregeln angewendet wird. Das Verfahren A ist nach [2] nicht zulässig.

2.1. DIN 94679- Reihe

In den zurückliegenden Jahren wurde vom DIN eine Normenreihe (DIN 94679 [5]) zum hydraulischen Abgleich erarbeitet, die sich wie folgt aufteilt:

DIN 94679-1:	Hydraulische Systeme in heiz-, kühl- und raumluftechnischen Anlagen - Teil 1: Grundlagen des hydraulischen Abgleiches (Entwurf veröffentlicht)
DIN 94679-2:	Hydraulische Systeme in heiz-, kühl- und raumluftechnischen Anlagen - Teil 2: Verfahren für Neuanlagen (unveröffentlichter Entwurf)
DIN 94679-3:	Hydraulische Systeme in heiz-, kühl- und raumluftechnischen Anlagen - Teil 3: Verfahren für Bestandsanlagen (unveröffentlichter Entwurf)
DIN 94679-4:	Hydraulische Systeme in heiz-, kühl- und raumluftechnischen Anlagen - Teil 4: Temperaturbasierende Verfahren (unveröffentlichter Entwurf)

Diese Normreihe befindet sich zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Kurzgutachtens noch im Entstehungsprozess, ein Entwurf für den Teil 1 wurde als E DIN 94679-1 veröffentlicht. Die Normenreihe soll zukünftig die VdZ-Regeln ersetzen. Daher sind im Teil 1 neben den Grundlagen der physikalischen Zusammenhänge Berechnungsgrundlagen für verschiedene hydraulische Netze, mögliche Komponenten zur Durchführung sowie die Durchführung des hydraulischen Abgleichs umfangreich beschrieben. Detaillierte Verfahrensweisen sind in Teilen 2 und 3 für Neuanlagen und Bestandsanlagen beschrieben. Der vierte Teil beschäftigt sich mit temperaturbasierten Verfahren zum hydraulischen Abgleich.

Für diese Arbeit ist der Teil 1 von Bedeutung, denn dieser beschreibt im Abschnitt 5.1 Komponenten zur Durchführung des hydraulischen Abgleichs – speziell mögliche Armaturen. Diese sind Einrichtungen in Strömungskreisen zum Absperren, Drosseln, Regeln und/oder Messen von Masseströmen. Das Thermostatventil kann zur Durchführung des hydraulischen Abgleichs herangezogen werden. Dabei wird im Wesentlichen in folgende Komponenten unterschieden:

- Thermostatventil mit abgestuften k_{vs} -Werten
- Thermostatventil mit statischer Voreinstellung

- Thermostatventil mit dynamischer Regelung des einstellbaren Durchflusses
- Regelventile an Heizkreisverteilern von Flächenheizungen

Die hier betrachteten Ventilheizkörper bringen bautechnisch eine statische Voreinstellung mit und erfüllen damit die Anforderungen im Kontext der neuen Normreihe zum hydraulischen Abgleich.

2.1. DIN V 18599-5

In der DIN V 18599-5 sind Angaben zur Wirkung verschiedener Maßnahmen zum hydraulischen Abgleich auf die Wärmeübergabe im Raum dokumentiert.

Tab. 2: DIN V 18599-5 Maßnahmen zum hydraulischen Abgleich

Einflussgrößen				
Durchgeführter hydraulischer Abgleich mit Herstellererklärung über den Abgleich und in Abstimmung mit DIN EN 14336				
Ein-Rohr-System	$\Delta\vartheta_{\text{hydr}}$	Zwei-Rohr-System	*n≤10 $\Delta\vartheta_{\text{hydr}}$	*n>10 $\Delta\vartheta_{\text{hydr}}$
kein hydraulischer Abgleich	0,7	kein hydraulischer Abgleich	0,6	
je Kreis statisch abgeglichen	0,4	Abgleich statisch je Heizkörper/Heizfläche ohne Gruppenabgleich	0,3	0,4
je Kreis dynamisch abgeglichen (z.B. mit automatische Durchflussbegrenzern)	0,3	Abgleich statisch je Heizkörper/Heizfläche und Gruppenabgleich statisch (z.B. mit Strangreguliertventil)	0,2	0,3
je Kreis dynamisch abgeglichen (z.B. mit automatischen Durchflussbegrenzern) und in Abhängigkeit von seiner Belastung dynamisch geregelt (z.B. Rücklauf-temperaturbegrenzung)	0,2	Abgleich statisch je Heizkörper/Heizfläche und Gruppenabgleich dynamisch (z.B. mit Differenzdruckregler)	0,1	0,2
je Kreis dynamisch abgeglichen (z.B. mit automatischen Durchflussbegrenzern) und in Abhängigkeit von seiner Belastung dynamisch geregelt (Spreizung)	0,1	Abgleich dynamisch je Heizkörper/Heizfläche (z.B. mit automatischen Durchflussbegrenzern/ Differenzdruckreglern)	0,0	

Die in Tab. 2 aufgeführten Technologien zeigen, dass es qualitativ sehr unterschiedliche Maßnahmen zum hydraulischen Abgleich gibt. In der EnSimiMa-Verordnung bzw. in der Veröffentlichung zu den VdZ-Fachregeln sind die einzelnen Technologien nicht benannt. So erfolgt z.B. keine Unterscheidung zwischen statischen und dynamischen hydraulischen Abgleich. Als Planer bzw. installierendes Unternehmen gibt es daher einen gewissen Spielraum bei der Umsetzung der Maßnahme „hydraulischer Abgleich“, solange die in Abschnitt 2 genannten Anforderungen eingehalten werden.

3. Exkurs: Betrachtungen zum Ventilheizkörper

Ventilheizkörper stellen eine Kombination aus Wärmeübertrager und Ventilunterteil dar. Die installierten Ventile können hierbei vom Hersteller auf die Leistungskenngrößen der Heizkörper abgestimmt und in Stufen direkt im Heizkörper installiert werden.

Ausgangspunkt der theoretischen Beschreibung stellt das in [6] sowie [7] dokumentiert Modell zwischen Regler / Ventil sowie Regelstrecke (freie Heizfläche / Raum) dar. Basierend auf den Ausführungen in [7] kann für das Ventil folgender mathematische Zusammenhang formuliert werden (Gl. 1):

$$\bar{m} = \frac{\dot{m}}{\dot{m}_N} = \frac{1}{\sqrt{1 + \psi_{V,N} \cdot \left[\left(\frac{k_{V,N}}{k_V} \right)^2 - 1 \right]}} \quad (1)$$

Das Übertragungsverhalten der freien Heizfläche ist ebenfalls in [7] beschrieben und kann wie folgt ausgedrückt werden (Gl. 2):

$$\phi = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_N} = \bar{m} \cdot \frac{(\vartheta_V - \vartheta_i)}{(\vartheta_V - \vartheta_i)_N} \cdot \frac{1 - e^{-\bar{m} \cdot \frac{\phi^{1+m} \cdot \Delta \vartheta_N}{1 + \psi_{V,N} \cdot \left[\left(\frac{k_{V,N}}{k_V} \right)^2 - 1 \right]}}}{1 - e^{-\frac{\Delta \vartheta_N}{\Delta \vartheta_{m,N}}}} \quad (2)$$

Der Belastungsgrad der Heizfläche muss im stationären Fall identisch mit dem Belastungsgrad des Raumes sein, für den geschrieben werden kann:

$$\phi = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_N} = \frac{k_R \cdot A_R \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) + \dot{m}_V \cdot c_{p,L} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) - \dot{Q}_i}{k_R \cdot A_R \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a)_N + \dot{m}_{V,N} \cdot c_{p,L} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a)_N} \quad (3)$$

Führt man nun Gl. 2 und Gl. 3 zusammen, so ergibt sich die Beziehung nach Gl. 4, wobei der Zusammenhang nach Gl. 5 zu berücksichtigen ist.

$$\vartheta_i = \vartheta_a + \frac{(k_R \cdot A_R + \dot{m}_{V,N} \cdot c_{p,L}) \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a)_N \cdot Z + \dot{Q}_i}{k_R \cdot A_R + \dot{m}_{V,N} \cdot c_{p,L}} \quad (4)$$

$$Z = \bar{m} \cdot \frac{(\vartheta_V - \vartheta_i)}{(\vartheta_V - \vartheta_i)_N} \cdot \frac{1 - e^{-\bar{m} \cdot \frac{\phi^{1+m} \cdot \Delta \vartheta_N}{1 + \psi_{V,N} \cdot \left[\left(\frac{k_{V,N}}{k_V} \right)^2 - 1 \right]}}}{1 - e^{-\frac{\Delta \vartheta_N}{\Delta \vartheta_{m,N}}}} \quad (5)$$

Gl. 4/5 in Kombination mit dem Zusammenhang nach Gl. 1 stellen ein Gleichungssystem dar, mit welchen das stationäre System Regler – Ventil - Heizkörper - Raum beschrieben werden kann.

Auf Basis der beschriebenen Grundgleichungen soll weiterführend eine Methodik beschrieben werden, welche eine Berücksichtigung des Differenzdruckes von TRV-Systemen ermöglicht. Ziel der Betrachtungen ist eine Modifikation von Gl. 1, die das Übertragungsverhalten der freien Heizfläche in Kombination mit dem Ventil darstellt. Bezugnehmend auf die Ausführungen in [8] wird von Herstellern thermostatischer Regelventile eine Schließkurve bei einem Differenzdruck von $\Delta p = 10 \text{ kPa}$ angegeben. Generell kann geschrieben werden:

$$\frac{H}{H_{100}} = \frac{\mathcal{G}_{schl} + \Delta \mathcal{G}_{\Delta p} - \mathcal{G}_{TRV}}{\Delta \mathcal{G}_p} \quad (6)$$

Die Temperaturdifferenz, welche durch den Differenzdruck hervorgerufen wird, kann nach Gl. 7 berechnet werden, wobei hier die Grenzen der in [8] angegebenen Differenzdruckabhängigkeit von $\Delta p = 10 \text{ kPa} \dots \Delta p = 60 \text{ kPa}$ verwendet werden.

$$\Delta \mathcal{G}_{\Delta p} = \frac{\Delta \mathcal{G}_D}{50 \text{ kPa}} \cdot \Delta p - 0,2 \cdot \Delta \mathcal{G}_D \quad (7)$$

Betrachtet man nun zusätzlich das Verhalten des Thermostatkopfes, so ergibt sich unter Berücksichtigung von Gl.8 der Zusammenhang nach Gl. 9².

$$\mathcal{G}_i = \mathcal{G}_{TRV} + \frac{R_i}{R_w} \cdot (\mathcal{G}_{TRV} - \mathcal{G}_V) \quad (8)$$

$$\mathcal{G}_i = \left[\mathcal{G}_{R,N} + \Delta \mathcal{G}_{P,N} + \Delta \mathcal{G}_{\Delta p} - \frac{H}{H_{100}} \cdot \Delta \mathcal{G}_p \right] \cdot \left[\frac{R_w + R_i}{R_w} \right] - \frac{R_i}{R_w} \cdot \mathcal{G}_V \quad (9)$$

Gl. 9 beschreibt die sich einstellende Raumtemperatur unter Berücksichtigung des Differenzdruckeinflusses am Ventil. Zu beachten ist der Differenzdruckeinfluss jedoch auch bei der Bestimmung des Massestroms nach Gl. 1. Grundsätzlich kann der Druckverlust unter Auslegungsbedingungen in einen Anteil für das Ventil sowie einen Anteil für Rohre und andere hydraulische Bauteile unterteilt werden. Gl. 10 liefert den entsprechenden Zusammenhang.

$$\Delta p = \Delta p_{V,N} + \Delta p_{L,N} \quad (10)$$

Für das Ventil kann ein relativer Zusammenhang berücksichtigt werden, der den aktuellen Differenzdruck in Bezug zum Differenzdruck nach Auslegung berücksichtigt (GL.11).

² $\mathcal{G}_{cl} = \mathcal{G}_{R,N} + \Delta \mathcal{G}_{P,N}$

$$a_{\Delta p} = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_{V,N}} \quad (11)$$

Einsetzen von Gl. 11 in den Zusammenhang 10 liefert:

$$\Delta p = \frac{\Delta p_V}{a_{\Delta p}} + \Delta p_{L,N} \quad (12)$$

Berücksichtigt man weiterhin die Netzkennlinie mit $\Delta p = b \cdot \dot{m}^2$ sowie $b_{L,N} = b_L$ so kann geschrieben werden:

$$\Delta p = \left(\frac{b_V}{a_{\Delta p}} + b_L \right) \cdot \dot{m}^2 \quad (13)$$

sowie unter Auslegungsbedingungen:

$$\Delta p = (b_{V,S} + b_L) \cdot \dot{m}_N^2 \quad (14)$$

Berücksichtigt man Gl. 13 und 14 zusammen so ergibt sich:

$$\frac{\dot{m}}{\dot{m}_N} = \frac{\dot{m}}{\dot{m}_N} = \sqrt{\frac{b_{V,S} + b_L}{\frac{b_V}{a_{\Delta p}} + b_L}} = \sqrt{\frac{1 + \frac{b_L}{b_{V,S}}}{\frac{b_V}{a_{\Delta p} \cdot b_{V,S}} + \frac{b_L}{b_{V,S}}}} \quad (15)$$

Berücksichtigt man nun noch die Ventilautorität (Gl.16), so lässt sich das relative Massestromverhältnis gemäß der Gl. 17 darstellen.

$$\frac{b_L}{b_{V,S}} = \frac{b_L \cdot \dot{m}_N \cdot \Delta p}{b_{V,S} \cdot \dot{m}_N \cdot \Delta p} = \frac{\Delta p_{L,N}}{\Delta p} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta p_{V,N}} = \frac{1 - \Psi_V}{\Psi_V} \quad \text{mit} \quad \frac{\Delta p_{L,N}}{\Delta p} = 1 - \Psi_V = \Psi_L \quad (16)$$

$$\frac{\dot{m}}{\dot{m}_N} = \frac{\dot{m}}{\dot{m}_N} = \frac{1}{\sqrt{1 + \Psi_{V,N} \cdot \left[\left(\frac{k_{V,N}}{k_V} \right)^2 \cdot \frac{1}{a_{\Delta p}} - 1 \right]}} \quad (17)$$

Das relative Massestromverhältnis nach Gl. 17 zeigt, dass die Ventilautorität und der gewählte Kv-Wert wesentliche Kenngrößen für die Beschreibung des Übertragungsverhaltens sind. In Kombination mit Gl. 5 ergibt sich die resultierende Raumtemperatur. Durch die geeignete Abstimmung von Heizkörpergröße (Heizlastberechnung), Kv-Wert und Ventilautorität wird der hydraulische Abgleich schon während der Auslegung unterstützt.

Die Auswahl des Kv-Wertes kann durch die Planung exakt bzw. sehr feinstufig erfolgen oder

in größeren Abstufungen durch die Auswahl der Kombination aus Heizkörper und werkseitig voreingestelltem Ventil (werkseitig k_v -voreingestellte Ventilheizkörper, wie in diesem Kurzgutachten betrachtet).

4. Gutachten Prof. Hirschberg

In [1] wurde der Einfluss von voreingestellten Ventilheizkörpern ausführlich analysiert. Gegenstand der Analysen waren der hydraulische Abgleich und energetische Fragestellungen. Im Ergebnis stellt das Gutachten fest, dass Ventilheizkörper mit Voreinstellungen dem klassischen, rechnerischen hydraulischen Abgleich innerhalb definierter Grenzen „gleichzusetzen“ sind und die sich aus der Abstufung der Ventile im Heizkörper ergebenden Unsicherheiten in der Praxis vernachlässigbar sind (Gültigkeitsgrenze $A \leq 1000 \text{ m}^2$).

Für die praktische Anwendung innerhalb der VdZ-Regeln zum hydraulischen Abgleich wurde eine Begrenzung der Anwendbarkeit auf Gebäude bzw. versorgte Bereiche eines Heizungsstrangs mit einer Fläche von maximal 500 m^2 vorgenommen.

Für das vorliegende ITG-Kurgutachten wird davon ausgegangen, dass die fachlichen Ausführungen aus [1] dem Grundsatz nach weiterhin gelten.

5. Fazit

Aus den Analysen der vorangegangenen Abschnitte geht hervor, dass werkseitig k_v -voreingestellte Ventileinsätze von Heizkörpern einen Teil der im konventionellen hydraulischen Abgleich erforderlichen Tätigkeiten abdecken können – namentlich die Ermittlung der Ventil-Voreinstellwerte der Heizkörper und die Vornahme dieser Einstellungen. Die Qualität des zu erreichenden hydraulischen Abgleiches hängt jedoch stark von der Größe des Heizungsnetzes und der vorhandenen Rohrleitungsführung ab. Mit Bezug auf die Maßnahmen des maßgebenden Verfahrens B nach VdZ-Fachregeln, die nach der EnSimiMa-Verordnung zwingend anzuwenden sind, werden mit werkseitig k_v -voreingestellten Ventileinsätzen im Heizkörper die in Tab. 3 benannten Punkte erfüllt.

Tab. 3: Erfüllungsgrad der Maßnahmen nach VdZ-Fachregeln – Verfahren B

Forderung nach Verfahren B – VdZ-Fachregel [3]		Erfüllung beim Einbau von Heizkörpern mit werkseitig k_v -voreingestellten Ventileinsätzen
Raumweise Heizlastberechnung nach Normenreihe DIN EN/TS 12831. Vereinfachungen sind möglich (z.B. U-Werte nach Typologie)		Notwendig - Hydraulischer Abgleich mittels k_v-voreingestellter Ventilheizkörper setzt Vorliegen einer raumweisen Heizlastermittlung und Heizflächenauslegung voraus - Auslegungen aus Bestandsunterlagen dürfen herangezogen werden – ggf. nach damals geltenden raumweisen Berechnungsverfahren (Bestandsanlagen vor Gültigkeit DIN EN/TS 12831(-1))
Heizflächenauslegung: Berechnung/Optimierung der Heizflächendurchflüsse in Abhängigkeit der geplanten Vor- und Rücklauftemperaturen und der Heizflächengröße in Abhängigkeit von der Wärmeerzeugung		
Ermittlung von Einstellwerten (i. d. R. durch Rohrnetzberechnung) und Vornahme der Einstellungen ^a	○ Voreinstellung der Thermostatventile	Durch werkseitige Voreinstellung erfüllt Anwendungsbereich: Nutzfläche ≤ 500 m ²
	○ Pumpenförderhöhe	
	○ Gesamtdurchfluss	
	○ ggf. Einstellwerte von Strangarmaturen und/oder Differenzdruckreglern	
	○ Optimierung von Vorlauftemperaturen bei Heizflächen im Bestand	
		Notwendig Leistungen sind trotz Einbaus k_v -voreingestellter Ventilheizkörper zwingend notwendig
a Wenn große Teile einer Alt-Installation des Rohrnetzes im nicht sichtbaren Bereich liegen, ist eine Ermittlung der Voreinstellwerte durch Annahme von Rohrlängen und Nennweiten möglich (Vereinfachung der Rohrnetzberechnung gemäß 4.2 VdZ-Fachregel [3]).		

Mit Bezug auf Tab. 3 werden **Teile** der Forderungen nach VdZ-Fachregeln durch den Einsatz k_v -voreingestellter Ventilheizkörper realisiert. Folgende Leistungen werden durch ihren Einsatz nicht ersetzt und sind weiterhin zwingend durchzuführen bzw. nachzuweisen (ggf. auch durch vorliegende (Bestands-)Unterlagen):

- Raumweise Heizlastberechnung und Heizflächenauslegung (zwingende Voraussetzung für Heizflächenabgleich durch werkseitig montierte k_v -voreingestellte Ventileinsätze)
- Rechnerische Erfassung des Rohrnetzes und Umsetzung der resultierenden Einstellwerte an Pumpe(n), Strangarmaturen/Differenzdruckreglern

Bei Ventilheizkörpern mit werkseitig k_v -voreingestellten Ventileinsätzen ist nach deren Einbau kein unmittelbarer Raumzugang mehr für die restlichen Abgleicharbeiten notwendig – dies kann besonders im Geschosswohnungsbau von Vorteil sein.

Der Anwendungsbereich k_v -voreingestellter Ventilheizkörper, wie hier betrachtet, ist auf eine versorgte Nutzfläche $\leq 500 \text{ m}^2$ beschränkt.

6. Literatur

- [1] R. Hirschberg, „Ventilvoreinstellung - Einstellbereiche, Hydraulischer Abgleich, Energetische Bewertung,“ Wiesbaden , 2007.
- [2] Bundesregierung, „Verordnung zur Sicherung der Energieversorgung über mittelfristig wirksame Maßnahmen,“ Berlin, 2022.
- [3] VDZ, „Optimierung von Heizungsanlagen im Bestand,“ Berlin, 04/2022.
- [4] DIN, „DIN/TS 12831-1: Verfahren zur Berechnung der Raumheizlast - Teil 1,“ DIN, Berlin, 2020.
- [5] DIN, „DIN 94679 - Hydraulische Systeme in heiz-, kühl- und raumluftechnischen Anlagen (Teil 1-4),“ Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- [6] G. Knabe, „Gebäudeautomation,“ Verlag für Bauwesen Berlin - München, 1992.
- [7] J. Seifert, „Ein Beitrag zur Einschätzung der energetischen und exergetischen Einsparpotentiale von regelverfahren in der Heizungstechnik,“ TUDpress, 2009.
- [8] J. Seifert, M. Knorr und L. Schinke, „Bewertung thermostatischer Regelventile im Rahmen der europäischen Systemnormung,“ MGT - Modernen Gebäudetechnik, 2015.

Symbolverzeichnis

$a_{\Delta p}$	Faktor	-
$b_{L,N}$	Widerstandsbeiwert Rohrleitungen und Einzeldruckverluste	Pa/(kg s) ²
$b_{V,S}$	Widerstandsbeiwert Ventile	Pa/(kg s) ²
A_R	Fläche Raum (Außenbauteile)	m ²
A_{HK}	Fläche des Heizkörpers	m ²
$A_{HK,N}$	Fläche des Heizkörpers (Auslegungsbedingungen)	m ²
$c_{p,L}$	spezifische Wärmekapazität der Luft	kJ/(kg K)
H	Hub	mm
H_{100}	maximaler Hub	mm
k_R	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m ² K)
$k_{V,N}$	Durchflussskennwert (Normwert)	m ³ /h
k_V	Durchflussskennwert	m ³ /h
$\dot{m}$	Massestrom	kg/s
$\dot{m}_{V,N}$	Lüftungsmassestrom (Normbedingungen)	kg/s
$\dot{m}_V$	Lüftungsmassestrom	kg/s
$\dot{m}_N$	Massestrom unter Auslegungsbedingungen	kg/s
$\bar{m}$	Massestromverhältnis	
m	Heizkörperexponent (Temperaturabhängigkeit)	-
n	Heizkörperexponent (Massestromabhängigkeit)	-
$\dot{Q}$	Wärmestrom	W
$\dot{Q}_i$	Innere Wärmegewinne	W
$\dot{Q}_N$	Wärmestrom unter Auslegungsbedingungen	W
R_i	luftseitiger Widerstand	K/W
R_W	wasserseitiger Widerstand	K/W
Z	Berechnungsvariable	
φ	Belastungsgrad	-
ϑ_a	Außentemperatur	°C
ϑ_{schl}	Schließtemperatur	°C
ϑ_i	Innenraumtemperatur	°C
$\Delta \vartheta_{i,max}$	maximale Temperaturdifferenz	K
$\vartheta_{i,soll}$	Soll-Innenraumtemperatur	°C
$\vartheta_{R,N}$	Sollwert Regler, Rücklauftemperatur (Auslegungsbedingungen)	°C
ϑ_{TRV}	Temperatur des Reglers	°C

ϑ_V	Vorlauftemperatur	°C
Δp	Differenzdruck	Pa
$\Delta p_{V,N}$	Druckdifferenz Ventil (Normbedingungen)	Pa
$\Delta p_{L,N}$	Druckverlust Rohrleitungen und Einzeldruckverluste	Pa
$\Delta \vartheta_{\Delta p}$	Temperaturdifferenz - Differenzdruck	K
$\Delta \vartheta_D$	Temperaturdifferenz zwischen $\Delta p = 10 \dots 60 \text{ kPa}$	K
$\Delta \vartheta_{p,N}$	Auslegungsproportionalbereich	K
$\Delta \vartheta_p$	Proportionalbereich	K
$\Delta \vartheta_N$	Spreizung (Auslegungsbedingungen)	K
$\Delta \vartheta_{m,N}$	Übertemperatur der Heizfläche (logarithmisch, Auslegung)	K
Ψ_L	Autorität Rohrleitungs- und Einzeldruckverlust	-
Ψ_V	Ventilautorität	-
$\Psi_{V,N}$	Ventilautorität (Normbedingungen)	-