

DIN 94679-4



ICS 91.140.10; 91.140.30

Einsprüche bis 2023-04-17

Entwurf**Hydraulische Systeme in heiz-, kühl- und raumluftechnischen Anlagen –
Teil 4: Temperaturbasierte Alternativen zum hydraulischen Abgleich**

Hydronic systems in heating, cooling and ventilation installations –
Part 4: Temperature-based alternatives to hydronic balancing

Systèmes hydrauliques dans les installations de chauffage, de refroidissement et de
conditionnement d'air –
Partie 4: Alternatives à l'équilibrage hydraulique basées sur la température

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-02-17 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nhrs@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRs), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 39 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRs)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Hinweis zur Anwendbarkeit des vorliegenden Dokuments auf Kühl- sowie Heiz-Kühl-Hybridanlagen	8
5 Charakterisierung von hydraulischen Optimierungsverfahren nach Anpassungsvermögen an sich ändernde Betriebsbedingungen	9
6 Voraussetzungen für und Anforderungen an temperaturbasierte hydraulische Optimierungsverfahren	10
6.1 Vorbemerkung: Unterscheidung zwischen hydraulischen Abgleichverfahren und gleichzeitigkeitsbasierten Optimierungsverfahren	10
6.2 Verfahren des hydraulischen Abgleichs	10
6.3 Gleichzeitigkeitsbasierte Optimierungsverfahren ohne Einzelabgleich der Übergabeeinrichtungen	12
7 Beispielhafte Auswertungs-/Optimierungsstrategien für temperaturbasierte Ansätze . .	13
7.1 Allgemeines	13
7.2 Angleichung des Zeitverhaltens (Raumtemperatur über der Zeit)	14
7.3 Gewährleistung einer lokalen (Mindest-)Temperaturspreizung	14
7.4 Lokale Rücklauftemperaturbegrenzung	15
8 Möglichkeiten der hydraulischen Einregulierung bzw. gleichzeitigkeitsbasierten Optimierung	16
8.1 Beeinflussung elektrisch/elektronisch angesteuerter Ventilstellantriebe im regulären Betrieb (anlagenintegrierte Optimierung)	16
8.1.1 Allgemeines	16
8.1.2 Einfluss der Betriebsweise des Ventils	17
8.2 Einmalige Einregulierung der Anlage mittels statischer oder dynamischer Abgleicheinrichtungen	21
8.2.1 Einmaliger Abgleich mit temperaturbasiertem Messsystem	21
8.2.2 Einmalige Einstellung von Rücklauftemperaturbegrenzern	21
9 Ablauf der temperaturbasierten Optimierung	21
10 Struktur zur Klassifizierung von Konzepten der hydraulischen Optimierung	24
11 Funktionsnachweis für Systeme der temperaturbasierten hydraulischen Optimierung .	31
Anhang A (informativ) Hinweise für einen messtechnischen Nachweis der temperaturbasierten hydraulischen Optimierung	33
A.1 Allgemeines	33
A.2 Datenvorlage	33
A.3 Messtechnische Untersuchung	34
A.4 Prüfkriterien	38
Literaturhinweise	39

Bilder

Bild 1 — Beispielhafter Vergleich des Volumenstromverlaufs: Bei im Mittel identischer Leistungsanforderung muss im Zweipunkt-Ventilbetrieb (hier beispielhaft PWM) ein größeres Volumen an Heizmedium umgewälzt werden als im stetigem Ventilbetrieb . . .	20
Bild 2 — Anlagendimensionierung und temperaturbasierter hydraulischer Abgleich; vereinfachter Ablaufplan	23

Bild 3 — Mess-/Auswertungsvorgang im Rahmen des temperaturbasierten hydraulischen Abgleichs; vereinfachter Ablaufplan	24
Bild 4 — Vereinfachte Beispieldarstellung Wirkorte: Abgleich der Übergabeeinrichtungen und Verteilnetzabschnitte durch jeweils eigene Abgleicheinrichtungen	29
Bild 5 — Vereinfachte Beispieldarstellung Wirkorte: Abgleich der Übergabeeinrichtungen durch übergabeseitige Abgleicheinrichtungen, Abgleich der Verteilnetzabschnitte entfällt wegen separater Pumpen	29
Bild 6 — Vereinfachte Beispieldarstellung Wirkorte: Abgleich der Übergabeeinrichtungen und Verteilnetzabschnitte durch separate Abgleicheinrichtungen	30
Bild 7 — Vereinfachte Beispieldarstellung Wirkorte: Abgleich der Übergabeeinrichtungen und Verteilnetzabschnitte allein durch übergabeseitige Abgleicheinrichtungen (siehe Tabelle 2, Tabellenfußnote a sowie Hinweise in Abschnitt 11)	31

Tabellen

Tabelle 1 — Ventilbetriebsarten im Vergleich	18
Tabelle 2 — Zusammenfassende Klassifizierung der Komponenten der hydraulischen Optimierung	26
Tabelle A.1 — Im messtechnischen Nachweis zu berücksichtigende wesentliche Einflussparameter der temperaturbasierten hydraulischen Optimierung	35
Tabelle A.2 — Betriebszustände für Funktionsnachweis als Kombinationen aus Leistungsanforderung und Vorlauftemperatur	37
Tabelle A.3 — Beispielhafte Auslegungs-Systemtemperaturen und -Raumtemperaturen verschiedener Übergabesysteme	37

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 041-05-01 AA „Auslegung und energetische Bewertung von Heizungsanlagen und wassergeführten Kühlanlagen sowie Anlagen zur Trinkwassererwärmung in Gebäuden (SpA CEN/TC 228, SpA ISO/TC 205)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRS) erarbeitet.

Grundsätzlich wird zwischen den nachstehend genannten Vorgehensweisen unterschieden:

- hydraulischer Abgleich;
- thermischer Abgleich (Temperaturbasierte Verfahren).

Alternativ zu den in Teil 1, Teil 2 und Teil 3 der Normenreihe DIN 94679 beschriebenen Verfahren der Sicherstellung von Wasser- und Wärmeströmen auf der Grundlage einer vorangegangenen Auslegung und Berechnung wird im Rahmen dieses Dokuments der Abgleich bzw. eine hydraulische Optimierung von hydraulischen Systemen in Gebäuden für die Anwendungen Raumlufttechnik und Heizung auf Basis von gemessenen Temperaturen und weiteren Größen bzw. Informationen betrachtet.

Der „thermische Abgleich“ stützt sich auf Messungen von Temperaturen zur Beeinflussung von Wasser- und Wärmeströmen, setzt jedoch ein fachgerecht dimensioniertes und errichtetes Hydrauliksystem von Erzeugung bis Übergabe (einschließlich Rohrleitungen, Wärmeübergabeeinrichtungen, ggf. Speicher, Armaturen, Pumpen, ggf. Wärmeübertrager usw.) voraus.

DIN 94679, *Hydraulische Systeme in heiz-, kühl- und raumlufttechnischen Anlagen*, besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Grundlagen des hydraulischen Abgleichs
- Teil 2: Verfahren für neu zu errichtende Heizungsanlagen in Wohngebäuden
- Teil 3: Verfahren für bestehende Heizungsanlagen in Wohngebäuden
- Teil 4: Temperaturbasierte Alternativen zum hydraulischen Abgleich

Für das Verständnis ist die Kenntnis von Teil 1 empfohlen.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt Vorgehensweise und Verfahren zur Durchführung temperaturbasierter Alternativen zum Hydraulischen Abgleich mit dem Ziel der hydraulischen Optimierung von Heiz-, kühl- und raumlufttechnischen Anlagen. Es werden temperaturbasierte Ansätze beschrieben und hinsichtlich wesentlicher Merkmale klassifiziert.

Die hydraulische Einregulierung – d. h. hydraulische Beeinflussung zur Vermeidung von lokalen Über- und Unterschreitungen geeigneter Soll-Durchflussmengen – erfolgt dabei auf Basis von Temperaturmessungen und weiteren Größen bzw. Informationen

Zusätzlich werden Verfahren behandelt, welche zwar keinen hydraulischen Einzelabgleich der versorgten Übergabeeinrichtungen erlauben, aber eine ersatzweise Optimierung durch Verringerung von Gleichzeitigkeiten unregulierter Strömungsvorgänge anstreben. Zur begrifflichen Abgrenzung wird hierbei nicht von Verfahren des hydraulischen Abgleichs gesprochen, sondern von gleichzeitigkeitsbasierten Optimierungsverfahren ohne Einzelabgleich.

Beide Herangehensweisen werden im Rahmen dieses Dokuments unter dem Oberbegriff der hydraulischen Optimierung zusammengefasst. Darüber hinaus kommt dem sogenannten adaptiven hydraulischen Abgleich (durch sich initial sowie im laufenden Betrieb wiederholt/fortwährend selbsttätig anpassende Abgleichssysteme) besondere Bedeutung im Kontext temperaturbasierter Abgleichverfahren zu, da aktuell marktverfügbare adaptive Abgleichssysteme i. d. R. temperaturbasiert arbeiten.

Voraussetzung für die Anwendung des Dokuments ist ein fachgerecht dimensioniertes und errichtetes Hydrauliksystem von Erzeugung bis Übergabe (einschließlich Rohrleitungen, Wärmeübergabeeinrichtungen, ggf. Speicher, Armaturen, Pumpen, ggf. Wärmeübertrager usw.).

Eine quantitative Beurteilung der Wirksamkeit – z. B. Bewertung des Energieeinsparpotenzials gegenüber dem hydraulisch unregulierten Zustand – sowie eine Einordnung der Wirksamkeit im Kontext des konventionellen hydraulischen Abgleichs auf Basis von Berechnungswerten sind nicht Bestandteil dieses Dokuments.

Zur begrifflichen Abgrenzung von den auf der Ermittlung von Soll-Durchflussmengen beruhenden Ansätzen des konventionellen hydraulischen Abgleichs wird mit Bezug auf die hier näher betrachteten temperaturbasierten Ansätze von temperaturbasierten Verfahren/Systemen des hydraulischen Abgleichs bzw. vom temperaturbasierten hydraulischen Abgleich gesprochen.

ANMERKUNG Die Betrachtungen in diesem Dokument beziehen sich auf wasserführende Heizsysteme einschließlich der Heizungswasserseite von Luftheizungen/RLT-Anlagen. Sie basieren auf der Verwendung von Wasser ohne Beimischungen als Wärmeträgermedium. Bei Anlagen mit Frostschutzmittelbeimischungen sind in allen Anlagenbereichen und allen Anlagenteilen die sich ändernden Stoffwerte (z. B. spezifische Wärmekapazität, Viskosität) zu beachten. Die vorliegenden Betrachtungen sind in Teilen sinngemäß auch auf entsprechende Kühltssysteme übertragbar; jedoch liegen der Kühlfall und dessen besondere Anforderungen nicht im Fokus des vorliegenden Dokuments.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN 1264-1:2021-08, *Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühltssysteme mit Wasserdurchströmung — Teil 1: Definitionen und Symbole; Deutsche Fassung EN 1264-1:2021*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>

— DKE-IEV: verfügbar unter <https://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1

statischer Abgleich

Einstellen einer Abgleicheinrichtung, die im späteren Betrieb unverändert bleibt, mit dem Ziel der Vermeidung der Überschreitung des eingestellten Sollwasserstromes ausschließlich im Auslegungsfall; es erfolgt keine Reaktion auf sich ändernde Betriebsbedingungen im hydraulischen System

Anmerkung 1 zum Begriff: Sinngemäß auf gleichzeitigkeitsbasierte Optimierung ohne Einzelabgleich übertragbar.

3.2

dynamischer Abgleich

Einstellen einer stetig wirkenden Regeleinrichtung, die im späteren Betrieb auf sich ändernde Betriebsbedingungen im hydraulischen System (z. B. Differenzdruck, Temperatur) reagiert, mit dem Ziel, eine Überschreitung des einmalig eingestellten Sollwasserstromes im Auslegungs- und Teillastfall zu vermeiden

Anmerkung 1 zum Begriff: Sinngemäß auf gleichzeitigkeitsbasierte Optimierung ohne Einzelabgleich übertragbar.

3.3

adaptiver Abgleich selbstlernender Abgleich

selbsttätiges Ermitteln und fortwährendes bzw. wiederholtes Anpassen eines Sollwertes (z. B. Sollwasserstrom) einer stetig wirkenden Regeleinrichtung durch einen Algorithmus auf Basis von Messgrößen (z. B. Differenzdruck, Durchfluss, Temperatur), wobei im Betrieb auf sich ändernde Betriebsbedingungen im hydraulischen System (z. B. Differenzdruck, Temperatur) reagiert wird, mit dem Ziel, eine Überschreitung des vom Algorithmus vorgegebenen Sollwertes im Auslegungs- und Teillastfall zu vermeiden

Anmerkung 1 zum Begriff: Sinngemäß auf gleichzeitigkeitsbasierte Optimierung ohne Einzelabgleich übertragbar.

3.4

hydraulische Einregulierung

gezielte Beeinflussung der von einer Pumpe angetriebenen Durchflussmengen und -verteilungen in Hydrauliksystemen zur Vermeidung von Über-/Unterversorgungen der Übergabeeinrichtungen des Systems mittels manueller oder automatischer Einstellung hydraulischer Stellorgane

3.5

hydraulische Optimierung

Verfahren, welches durch Einflussnahme auf ein hydraulisches Netz mindestens eine leistungsmäßig hinreichende Versorgung aller angeschlossenen Übergabeeinrichtungen anstreben

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Rahmen des vorliegenden Dokuments umfasst die hydraulische Optimierung die folgenden beiden Ansätze:

— hydraulischer Abgleich auf Basis der Anpassung von Durchfluss-Momentanwerten;

— gleichzeitigkeitsbasierte Optimierung (ohne Einzelabgleich/Beschränkung von Durchfluss-Momentanwerten) auf Basis der Minimierung gleichzeitiger Leistungsanforderungen.

3.6

Offenposition

bei *zyklischer Ventilbetriebsweise* (z. B. durch *Zweipunktregelung* oder *PWM-Ansteuerung*) innerhalb der *Offenzeit* realisiertes Maß der Ventilöffnung (z. B. ein bestimmter Hub bei Hubventilen bzw. Winkel/Verdrehung bei Drehstellorganen)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Offenposition eines Ventils kann je nach Charakteristik und Ansteuerung des zugehörigen Stellantriebs auf den Zustand „100 %“ bzw. „vollständig geöffnet“ beschränkt oder variabel sein.

3.7

Offenzeit

bei *zyklischer Ventilbetriebsweise* (z. B. durch *Zweipunktregelung* oder *PWM-Ansteuerung*) diejenige Zeitspanne, in der das Ventil mit dem Sollwert des Öffnungsgrades bzw. der *Offenposition* geöffnet ist

3.8

Pulsweitenmodulation

PWM

Modulation eines wertbinären Trägersignals (Rechtecksignal) konstanter Frequenz durch Variation der Zeitanteile einer Periode, welche den beiden möglichen Signalpegeln zugeordnet sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Momentanzustand des zu übertragenden Nutzsignals wird üblicherweise anhand der Dauer beschrieben, die dem oberen Pegel zugeordnet ist – entweder als absolute Zeitspanne (*Anzeit*, *Pulsweite/-dauer*) oder als dimensionslose/Prozentangabe bezogen auf die gesamte Periodendauer (*Tastverhältnis*, *Tastgrad*, *Duty Cycle*).

3.9

Rücklauftemperaturbegrenzung

Rücklauftemperaturbegrenzer

RTB

RTL

als separates Bauteil bzw. separate Baugruppe ausgeführte Komponente aus Ventil und hilfsenergieLOSEM thermostatischem Stellantrieb zur Begrenzung der Rücklauftemperatur auf einen eingestellten Sollwert mittels Durchflussbegrenzung/-sperrung

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Rahmen des vorliegenden Dokuments beschränkt sich der Begriff auf eine Rücklauftemperaturbegrenzung mit einmalig einzustellendem Sollwert. Systeme, welche den Sollwert der Rücklauftemperatur im Betrieb selbsttätig ändern (z. B. in Abhängigkeit von der Vorlauftemperatur), werden separat behandelt (siehe 7.1.).

3.10

Totzeit

Zeitspanne zwischen einer äußerlich angeregten Zustandsänderung eines Systems (eingangsseitige Signaländerung) und der äußerlich feststell-/messbaren Reaktion des Systems (ausgangsseitige Signaländerung, Signalantwort)

3.11

Ventil

hydraulisches Stellorgan – z. B. des Raumtemperaturregelkreises und/oder Abgleichsystems – zur Beeinflussung des Mediendurchflusses (sperren, durchlassen, regulieren)

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Rahmen des vorliegenden Dokuments werden Stellorgane entsprechender Funktionalität unabhängig von deren technischem Aufbau *Ventil* genannt (siehe auch Beispiele).

BEISPIEL 1 Konventionelle (Hub-)Ventile mit parallel zur Strömungsrichtung gegenüber einer kreisring-/kegelringförmigen Dichtfläche verschiebbaren Dichtkörpern (z. B. Teller, Kegel, Kugelkalotte).

BEISPIEL 2 Drehstellorgane mit relativ zueinander verdrehbaren scheiben-/ringförmigen Blenden.

3.12

wertstetiger Ventilbetrieb **stufenloser Ventilbetrieb**

Betriebsweise eines Ventils durch einen Stellantrieb einschließlich seiner Ansteuerung, bei welcher zur Stellung des Mediendurchfluss-Momentanwertes jede Position des Ventilstellweges nutzbar ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Übliche elektrisch betriebene Stellantriebe können – durch die Charakteristik des Antriebs bzw. dessen digitale Ansteuerung – nur eine endliche Anzahl von Ventilpositionen realisieren. Eine solche quasistufenlose Betriebsweise mit einer endlichen, aber hohen Anzahl an Ventilpositionen über den gesamten Stellweg wird im Rahmen des vorliegenden Dokuments ebenfalls als *stufenloser Ventilbetrieb* verstanden.

3.13

zeitstetiger Ventilbetrieb **kontinuierlicher Ventilbetrieb**

Betriebsweise eines Ventils durch einen Stellantrieb einschließlich seiner Ansteuerung, bei welcher zur Stellung eines Mediendurchfluss-Momentanwertes die Ventilposition auf einem bestimmten Niveau gehalten oder kontinuierlich verändert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der kontinuierliche Ventilbetrieb im Sinne der vorliegenden Definition schließt den *wertstetigen/stufenlosen Ventilbetrieb* ein.

3.14

zyklischer Ventilbetrieb **zyklischer Ventilbetrieb („Auf-Zu“)**

Betriebsweise eines Ventils durch einen Stellantrieb einschließlich seiner Ansteuerung, bei welcher der Mediendurchfluss-Momentanwert durch abwechselndes Öffnen auf einen bestimmten Öffnungsgrad (siehe auch *Offenposition*) und vollständiges Schließen abwechselnd zu einem bestimmten Maß freigegeben und unterbrochen wird

3.15

Zweipunkt-Ventilbetrieb

Sonderform des *zyklischen Ventilbetriebs*, bei welcher nur der vollständig geöffnete und der vollständig geschlossene Zustand genutzt werden und der Momentanwert des relativen Mediendurchfluss daher zwischen 0 % und 100 % wechselt

4 Hinweis zur Anwendbarkeit des vorliegenden Dokuments auf Kühl- sowie Heiz-Kühl-Hybridanlagen

Das vorliegende Dokument bezieht sich vordergründig auf Heizungsanlagen. Die darin enthaltenen Ausführungen – insbesondere temperaturbasierte Optimierungsstrategien – können in Teilen sinngemäß auf Kühl- sowie Heiz-Kühl-Hybridanlagen übertragen werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich bei Kühlbetrieb höhere oder andere Anforderungen an die Komponenten des technischen Systems sowie an dessen Regelungstechnik ergeben können, welche im Rahmen dieses Dokuments nicht tiefergehend behandelt werden; folgende Schwerpunkte seien beispielhaft genannt:

- Kälteübergabeeinrichtungen – insbesondere Flächenkühlsysteme – erfordern i. d. R. kleinere Temperaturspreizungen als entsprechende Heizsysteme. Für den temperaturbasierten hydraulischen Abgleich von Kühlsystemen sind daher geringere Toleranzen für Temperatur- bzw. Differenztemperaturmessungen einzuhalten als beim Abgleich von Heizsystemen.
- Bei Hybridanlagen, welche dasselbe Hydrauliksystem zum Heizen und Kühlen nutzen, müssen
 - die unterschiedlichen hydraulischen Anforderungen beider Betriebsfälle (z. B. abweichende Durchflussmengen) in der Anlagendimensionierung und -ausführung berücksichtigt sein und
 - beide Betriebsfälle (Heizen/Kühlen) im Anlagenbetrieb sicher erkannt werden.

- Im Kühlfall sind andere bauphysikalische Auswirkungen (z. B. Kondensation) zu berücksichtigen als im Heizfall.

5 Charakterisierung von hydraulischen Optimierungsverfahren nach Anpassungsvermögen an sich ändernde Betriebsbedingungen

Systeme bzw. Ansätze der hydraulischen Optimierung unterscheiden sich hinsichtlich ihres Anpassungsvermögens an sich ändernde hydraulische und thermische Lasten. Sie können, wie nachfolgend stichpunktartig aufgezählt, kategorisiert werden. Diese Kategorisierung bezieht sich vordergründig auf den Abgleich von Übergabeeinrichtungen, kann jedoch sinngemäß auch auf andere abgleichrelevante Punkte bzw. Abschnitte des Hydrauliknetzes übertragen werden – eine umfassende Systematisierung ist Abschnitt 10 zu entnehmen.

Der im Rahmen eines hydraulischen Abgleichs zu regulierende Mediendurchfluss kann direkt gemessen oder anhand geeigneter Ersatzgrößen (z. B. Raum- oder/und Medientemperaturen, gegebenenfalls im zeitlichen Verlauf, gegebenenfalls in Kombination mit weiteren Informationen) beurteilt und beeinflusst werden; unabhängig davon wird nachfolgend von Soll- und Istwerten des Mediendurchflusses gesprochen, da dessen Regulierung auch dann im Vordergrund steht, wenn mit Ersatzgrößen gearbeitet wird.

- **Adaptiv** abgleichende Systeme passen die Begrenzung von Durchflussmengen dem momentanen Bedarf an. Charakterisierend sind
 - die selbsttätige und fortwährende bzw. wiederholte Ermittlung des jeweils einzuhaltenden Durchflussesollwerts in Abhängigkeit vom momentanen Betriebszustand und Bedarf aller Abgleicheinrichtungen¹ und
 - die druckunabhängige² Regelung des Durchfluss-Istwertes zur Nichtüberschreitung des Sollwertes.

Das komplette Abgleichssystem einschließlich Mess- und Auswertungseinrichtungen muss dauerhaft in der hydraulischen Anlage integriert bzw. mit ihr verbunden sein.

- **Dynamisch** abgleichende Systeme begrenzen Durchflüsse druckunabhängig² auf einmalig eingestellte Sollwerte. Charakterisierend sind
 - die einmalige Ermittlung des Durchflussesollwerts für einen bestimmten Betriebszustand der Anlage (z. B. Heizlast-Auslegungsfall) durch Berechnung oder Messung,
 - die einmalige, manuelle oder gegebenenfalls durch ein Mess-/Einstellsystem automatisch vorgenommene Einstellung der durchflussbegrenzenden Regeleinrichtung und
 - die druckunabhängige² Regelung des Durchfluss-Istwertes zur Nichtüberschreitung des Sollwertes.

Die regelnden Begrenzungseinrichtungen müssen dauerhaft in der hydraulischen Anlage verbleiben – gegebenenfalls zu deren Sollwerteinstellung verwendete Messsysteme können nach erfolgter Messung/Auswertung/Einstellung entfernt werden.

-
- 1 Die Berücksichtigung des Betriebszustands/Bedarfs aller Übergabeeinrichtungen kann durch einen unmittelbaren Informationsverbund zwischen den zugehörigen Abgleicheinrichtungen oder ohne direkten Informationsverbund anhand anderer geeigneter Indikatoren (z. B. Außen-/Vorlauftemperaturführung, Auswertung von Raumtemperaturen und/oder Anforderungssignalen der Raumtemperaturregelung usw.) erfolgen. Adaptive Abgleichsysteme können hinsichtlich des Vorliegens oder Nichtvorliegens eines unmittelbaren Informationsverbunds unterschieden werden (siehe Abschnitt 10).
 - 2 Im Falle des adaptiven oder dynamischen Abgleichs an anderen abgleichrelevanten Punkten des Hydrauliknetzes können auch druckregelnde Abgleicheinrichtungen oder funktionale Kombinationen mit durchfluss- und druckregelnden Anteilen zum Einsatz kommen.

- **Statisch** abgleichende Systeme begrenzen Durchflüsse anhand konstanter hydraulischer Widerstände oder konstanter Stellbereichseinschränkungen von Ventilen. Charakterisierend sind
 - die einmalige Ermittlung des Durchfluss-Sollwerts für einen bestimmten Betriebszustand der Anlage (z. B. Heizlast-Auslegungsfall) durch Berechnung oder Messung,
 - die einmalige, manuelle oder durch ein Mess-/Einstellsystem gegebenenfalls automatisch vorgenommene Einstellung des Drosselements und
 - die druckabhängige Begrenzung des Durchfluss-Istwertes zur Nichtüberschreitung des Sollwertes allein im zur Bemessung herangezogenen Betriebszustand der Anlage (z. B. Heizlast-Auslegungsfall) – in hiervon abweichenden Betriebszuständen kann es in Abhängigkeit von der Charakteristik des Drosselements und den differenzdruckerzeugenden/-haltenden Einrichtungen (z. B. Pumpe) der Anlage zu Überschreitungen des Durchfluss-Sollwertes kommen.

Die statisch wirkenden Drosselemente müssen dauerhaft in der hydraulischen Anlage verbleiben – gegebenenfalls zu deren Sollwerteinstellung verwendete Messsysteme können nach erfolgter Messung/Auswertung/Einstellung entfernt werden.

Die Einteilung in adaptiv, dynamisch und statisch abgleichende Systeme zielt vordergründig auf deren Wirkungsweise/Reaktionsvermögen im regulären Anlagenbetrieb ab. So kann beispielsweise mit einem Messsystem für den einmaligen Abgleich kein adaptiver Abgleich erreicht werden, sondern in Abhängigkeit von den verwendeten Abgleicheinrichtungen nur ein statischer oder ein dynamischer – unabhängig davon, ob das Messsystem während der Messung/Auswertung und gegebenenfalls Einstellung „adaptiv“ arbeitet.

Die oben beschriebene Einteilung ist grundsätzlich nicht auf temperaturbasierte Abgleichverfahren/-ansätze beschränkt, sondern auf alle Formen des hydraulischen Abgleichs anwendbar. Sie ist im Kontext des temperaturbasierten hydraulischen Abgleichs jedoch von besonderer Bedeutung, da aktuell marktverfügbare adaptive Systeme i. d. R. temperaturbasiert arbeiten.

Die oben beschriebene Einteilung ist sinngemäß auf gleichzeitigkeitsbasierte Optimierungen ohne Einzelabgleich übertragbar.

6 Voraussetzungen für und Anforderungen an temperaturbasierte hydraulische Optimierungsverfahren

6.1 Vorbemerkung: Unterscheidung zwischen hydraulischen Abgleichverfahren und gleichzeitigkeitsbasierten Optimierungsverfahren

Das vorliegende Dokument unterscheidet zwischen Verfahren des hydraulischen Abgleichs und alternativen gleichzeitigkeitsbasierten Optimierungsverfahren ohne Einzelabgleich von Übergabesystemen. Beide Ansätze dienen der Sicherstellung einer bedarfsgerechten Versorgung aller angeschlossenen Übergabesysteme.

Verfahren des hydraulischen Abgleichs basieren auf der Anpassung/Drosselung von Mediendurchfluss-Momentanwerten in allen regulären Betriebszuständen.

Gleichzeitigkeitsbasierte Optimierungsverfahren ohne Einzelabgleich basieren hingegen auf der Minimierung der gleichzeitig auftretenden Leistungsanforderungen aller Übergabesysteme, ohne hierbei jedoch Durchfluss-Momentanwerte an den gerade versorgten Übergabeeinrichtungen zu begrenzen und ohne die Durchflussverteilung an den jeweils gleichzeitig versorgten Übergabeeinrichtungen zu beeinflussen.

6.2 Verfahren des hydraulischen Abgleichs

Für die Durchführung eines temperaturbasierten hydraulischen Abgleichs, sowohl bei dauerhafter Integration des Abgleichsystems in das Hydrauliksystem als auch bei einmaliger Anwendung eines temperaturbasierten Messsystems, müssen folgende Voraussetzungen gegeben sein:

- Die Übergabeeinrichtungen müssen ihrem Leistungsbedarf im Auslegungsfall entsprechend dimensioniert und korrekt angeschlossen sein. Besonders bei Bestandsanlagen ist dies nach den Vorgaben dieser Normenreihe³ zu kontrollieren. Systeme für einen temperaturbasierten hydraulischen Abgleich können Funktionen beinhalten, um auf wahrscheinliche Unterversorgungen/Fehldimensionierungen und Anschlussfehler hinzuweisen. Jedoch kann eine fehlerhafte Dimensionierung und/oder Ausführung, insbesondere unterdimensionierte Übergabeeinrichtungen, nicht durch einen hydraulischen Abgleich kompensiert werden – weder nach einem temperaturbasierten noch nach einem konventionellen Ansatz.
- Das gesamte Hydrauliksystem einschließlich Rohrleitungen, Armaturen, Pumpen usw. muss fachgerecht nach den auslegungsgemäß zu transportierenden Medienmassenströmen dimensioniert und fehlerfrei ausgeführt sein.
- Das Hydrauliksystem muss über Möglichkeiten zur hydraulischen Einregulierung/Durchflussbegrenzung mindestens für jede Übergabeeinrichtung verfügen; übergabeseitige Ventile (siehe auch Abschnitt 8) können in Verbindung mit einem dauerhaft anlagenintegrierten Abgleichsystem hierfür genutzt werden, sofern dies innerhalb ihres vorgesehenen Arbeitsbereichs möglich ist.
- Systeme zum temperaturbasierten hydraulischen Abgleich zielen oft auf einen ausschließlichen Abgleich der Übergabeeinrichtungen ab. Für einen hydraulischen Abgleich des gesamten Hydrauliksystems können insbesondere bei ausgedehnten Hydrauliksystemen (z. B. hohe Anzahl von Heizkreisen/Steigsträngen, lange Leitungswege zwischen Abzweigen usw.) weitere Abgleicheinrichtungen notwendig sein (z. B. Strangdifferenzdruckregler).

Systeme des temperaturbasierten hydraulischen Abgleichs ersetzen keine fachgerechte Anlagenplanung und -dimensionierung.

Um eine dem konventionellen hydraulischen Abgleich auf Basis berechneter Durchflussmengen, hinsichtlich Komfort und Energieeffizienz vergleichbare Wirkung erzielen zu können, müssen Systeme des temperaturbasierten hydraulischen Abgleichs eine Begrenzung der Mediendurchfluss-Momentanwerte – gegenüber dem unbegrenzten/unregulierten Zustand – an den abzugleichenden Übergabeeinrichtungen und über alle regulären Betriebszustände realisieren können. Insbesondere ist das gleichzeitige unregulierte Öffnen mehrerer/vieler paralleler Strömungspfade zu vermeiden, sofern es sich nachteilig auf Komfort und Energieeffizienz auswirkt; dies ist besonders bei zyklischem Ventilbetrieb (z. B. durch Zweipunkt-Temperaturregelung oder PWM-Ansteuerung) zu beachten. In nicht regulären Betriebszuständen – d. h. insbesondere in selten zu erwartenden Betriebszuständen von energetisch und komfortmäßig untergeordneter Bedeutung – kann vorübergehend hiervon abgewichen werden; hierunter fallen beispielsweise

- die erstmalige Inbetriebnahme und gegebenenfalls Konfiguration,
- einmalige oder nur selten wiederholte Kalibriervorgänge zur Ermittlung von Ventilstellbereichen und
- sonstige einmalige oder nur in Ausnahmefällen wiederholte Initialisierungs- bzw. Lernvorgänge der Regelalgorithmen.

Ein immerwährendes Selbstlernverhalten, wie es zum Teil bei adaptiven Abgleichsystemen zu finden ist, und hierdurch gegebenenfalls wiederholt ausgelöste Prozesse stellen keine nicht-regulären Betriebszustände dar. Mit Systemen, welche den Momentanwert des Mediendurchflusses nicht über alle regulären Betriebszustände begrenzen können (siehe auch Begriff *Zweipunkt-Ventilbetrieb* sowie 8.1.2.3.1 und 8.1.2.3.3), ist ein temperaturbasierter hydraulischer Abgleich im Sinne des vorliegenden Dokuments nicht möglich.

3 Im Rahmen der übergeordneten Dokumentenreihe zum hydraulischen Abgleich ist die Veröffentlichung eines Normteils geplant, welcher sich explizit mit Bestandsanlagen befasst. Weiterführende Hinweise und/oder Anforderungen zur Ermittlung potenzieller hydraulischer Über-/Unterversorgungen, ggf. notwendiger Arbeitsschritte zur Nachdimensionierung und Problembehebung können diesem Normteil entnommen werden – bis zu dessen Erscheinen kann sich diesbezüglich an den Vorgaben der VdZ-Fachregel zur *Optimierung von Heizungsanlagen im Bestand* [1] orientiert werden.

Der temperaturbasierte hydraulische Abgleich stützt sich im Wesentlichen auf die Messung und Auswertung von Medien- und/oder Raumtemperaturen. Eventuelle Störeinflüsse auf diese Temperaturmessungen sind so weit wie möglich konstruktiv zu vermeiden und sonst anderweitig zu kompensieren, u. a. durch

- Vermeidung unmittelbarer Fremd-/Eigenerwärmung durch elektrische/elektronische Komponenten und/oder andere punktuelle bzw. lokale Störeinflüsse,
- Berücksichtigung von aus der Einbausituation resultierenden Störeinflüssen auf Temperaturmessungen (z. B. Umgebungstemperatur in Verteilerschränken, Heizkörpernischen usw.),
- Platzierung von Raumtemperatursensoren an repräsentativen Stellen,
- hinreichende thermische Ankopplung von Anlegetemperaturfühlern.

Für Systeme des temperaturbasierten hydraulischen Abgleichs sind Einsatzbereich und -grenzen zu nennen; insbesondere sind, sofern zutreffend, folgende Angaben zu machen:

- Beschreibung des Einsatzgebiets:
 - Konditionierung (Heizen, Kühlen);
 - Bauart der Übergabesysteme (flächenintegrierte Systeme, Radiatoren/Konvektoren usw.);
- Art des Systems und Systemumfang/-grenze (z. B. autarker Stellantrieb, Raumtemperaturregelung mit Aktorik oder komplette Heizungsregelung);
- Benennung/Beschreibung der Einsatzgrenzen des Abgleichs:
 - Betriebsparameter innerhalb derer das System ordnungsgemäß arbeiten und einen temperaturbasierten hydraulischen Abgleich realisieren kann (z. B. Temperaturen, Drücke, Charakteristik der Druckhaltung bzw. Pumpenregelung usw.);
 - Umfang des Abgleichs in Bezug auf das gesamte Hydrauliksystem und gegebenenfalls Notwendigkeit weiterer Abgleichmaßnahmen;
 - Kompatibilität (z. B. mechanische und elektrische bzw. Datenanschlüsse, Anforderungen hinsichtlich Ventilcharakteristik usw.);
 - zulässige Anzahl abgleichbarer Instanzen;
 - gegebenenfalls Anforderungen k_V -/ k_{VS} -Werte abgleichbarer Instanzen;
 - gegebenenfalls maximal zulässiges Verhältnis zwischen größtem und kleinstem Durchfluss-Nennwert der abgleichbaren Instanzen.

6.3 Gleichzeitigkeitsbasierte Optimierungsverfahren ohne Einzelabgleich der Übergabeeinrichtungen

Leistungsmäßige bzw. energetische Unterversorgungen von Übergabeeinrichtungen können in gewissen Grenzen auch ohne eine Begrenzung der Durchfluss-Momentanwerte vermieden werden, indem die Gleichzeitigkeit von Leistungsanforderungen gezielt verringert wird. Mit entsprechenden Systemen können hydraulische Unterversorgungen von hydraulisch begünstigten Übergabesystemen prinzipbedingt nicht ausgeschlossen werden. Stattdessen zielen sie darauf ab, Unterversorgungen zu vermeiden, indem Öffnungsvorgänge und/oder Öffnungszeiten von Ventilen zeitlich zueinander so angeordnet werden, dass Unterversorgungen einzelner Übergabesysteme nicht zu Unterversorgungen anderer Übergabesysteme führen.