



**Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden**

Forschung und Anwendung GmbH

Prof. Oschatz - Prof. Hartmann - Dr. Winiewska - Prof. Werdin

# **Gutachten zur Eignung des AVALON-Systems der Firma Blossom-ic für den adaptiven digitalen hydraulischen Abgleich entsprechend GEG und BEG EM**

Auftraggeber: Blossom-ic intelligent controls AG  
Oberer Buxheimer Weg 60  
87700 Memmingen

Auftragnehmer: ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden  
Forschung und Anwendung GmbH  
Tiergartenstr. 54 in 01219 Dresden  
Dr.-Ing. Bernadetta Winiewska  
Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz

Dresden, 16. Mai 2024

Diese Seite bleibt für den doppelseitigen Druck frei.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Hydraulischer Abgleich</b> .....	<b>3</b>
2.1	Definition .....	3
2.2	Ziele des hydraulischen Abgleichs .....	4
2.3	Gesetzliche Anforderungen, Förderprogramme und technische Regeln .....	5
2.3.1	EnSimiMaV .....	5
2.3.2	Gebäudeenergiegesetz .....	6
2.3.3	VOB C / DIN 18380.....	7
2.3.4	BEG-Förderung.....	7
2.3.5	VdZ Fachregel .....	8
<b>3</b>	<b>AVALON-System</b> .....	<b>12</b>
3.1	Beschreibung des Systems und der Funktionalitäten.....	12
3.2	Auswertung der messtechnischen Untersuchung .....	14
3.2.1	Einführende Bemerkungen .....	14
3.2.2	Beschreibung der messtechnischen Untersuchung .....	14
3.2.3	Ergebnisse der Emulation.....	15
3.2.4	Energetische Bewertung des AVALON-Systems .....	21
<b>4</b>	<b>Eignung des AVALON-Systems für den hydraulischen Abgleich nach Verfahren B</b> .....	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>37</b>

## 1 Einleitung

Aus Sicht der Energieeffizienz und des Komforts liegt ein auslegungsgemäßer Betrieb eines Heizungsnetzes vor, wenn alle angeschlossenen Wärmeübergabesysteme mit den gemäß ihrer Bemessung notwendigen Medienmassenströmen mit der korrekten Medientemperatur durchströmt werden und damit kein Übergabesystem unterversorgt bzw. überversorgt wird. Um diesen Zustand zu erreichen, ist die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs unabdingbar. Dabei fasst der hydraulische Abgleich alle Tätigkeiten zusammen, die zu einem hydraulisch abgeglichenen System bzw. einer balancierten Anlage führen.

Um das Ziel zu erreichen, sind aktuell unterschiedliche Maßnahmen und/oder Verfahren möglich. Der konventionelle hydraulische Abgleich basiert auf einer überschlägigen oder rechnerischen Ermittlung von Auslegungswerten der Heizmedientemperaturen und der zugehörigen Masseströme und dem anschließenden Einstellen von Anlagenkomponenten z. B. durch Verstellung von voreinstellbaren Thermostatventilen, Anpassung von Pumpenparametern usw. Inzwischen sind neuere Ansätze, welche eine vergleichbare Wirkung durch eine i. d. R. computergestützte Auswertung bestimmter Betriebs-/Anlagenparameter und anschließende Veränderung maßgeblicher Anlagenparameter erreichen können, marktverfügbar.

Bei dem von der Firma Blossom-ic angebotenen AVALON-System handelt es sich um elektronische Funk-Heizkörperthermostate, die durch die integrierte Funkfunktionalität (entsprechende Sensorik und Aktorik im Informationsverbund) eine dem konventionellen hydraulischen Abgleich mindestens vergleichbare Wirkung erzielen sollen. Mit dem AVALON-System soll eine praktikable Möglichkeit der Durchführung des hydraulischen Abgleichs insbesondere in Bestandsgebäuden angeboten und damit der Aufwand für die Bereitstellung der notwendigen Informationen, die sonst für ein Bestandsgebäude beim konventionellen hydraulischen Abgleich rechnerisch zu ermitteln sind, reduziert werden. Das ist damit begründet, dass Rohrnetze auch mittels Begehung nicht bzw. sehr aufwändig nachvollziehbar sind, innere Rohrwiderstände bzw. der Zustand der Rohrrinnenflächen nicht ermittelbar sind, Heizkörper z.T. abweichend von Planung eingebaut wurden, Ventilkennlinien teilweise nicht den Herstellerangaben entsprechen, der Zustand der Gebäudehülle (U-Wert) meist nur über Annahmen ermittelt werden kann und der Einfluss nachträglicher Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes nur näherungsweise berechenbar ist.

Das vorliegende Gutachten beurteilt die Eignung des AVALON-Systems zur Erfüllung der Anforderungen der EnSimiMaV, des GEG und der BEG-Förderrichtlinien an die Durchführung des hydraulischen Abgleichs.

## 2 Hydraulischer Abgleich

### 2.1 Definition

Die vom hydraulischen System bereitzustellende Leistung kann mit folgenden Parametern beschrieben werden:

$$\dot{Q} = \dot{m} * c_p * (\vartheta_V - \vartheta_R)$$

$\dot{Q}$	Wärmestrom (Wärmeleistung)
$\dot{m}$	Medienmassenstrom
$c_p$	spezifische Wärmekapazität des Mediums
$\vartheta_V$ und $\vartheta_R$	Vor- und Rücklauftemperatur des Mediums

Der Wärmestrom (die Wärmeleistung) des Übergabesystems wird damit maßgeblich durch den Massenstrom und die Differenz zwischen Vor- und Rücklauftemperatur bestimmt. Bei deutlich vom Sollwert abweichenden Parametern, kann es zu Unter- oder Überversorgung des betroffenen Übergabesystems kommen. In beiden Fällen wirkt sich das negativ auf die Gesamteffizienz der Anlage aus. Insbesondere bei Unterversorgung einzelner Heizkörper werden in der Praxis die Systemtemperaturen und u.U. die Pumpenleistung angehoben, um die thermische Behaglichkeit in Räumen, die hydraulisch benachteiligt sind, sicherzustellen.

Für den aus Sicht der Energieeffizienz und des Komforts optimalen Betrieb eines Heizungsnetzes ist das Durchführen von Maßnahmen zum hydraulischen Abgleich unabdingbar. Dabei wird der hydraulische Abgleich in der Fachliteratur nicht einheitlich definiert:

- Entsprechend der [VdZ-Fachregel] ist der hydraulische Abgleich ein Vorgang, „*die Volumenströme in den einzelnen Teilsystemen auf die in der Planung berechneten Soll-Volumenströme abzustimmen. Er sorgt dafür, dass alle Heizflächen mit den benötigten Volumenströmen des Heizmediums zeitgerecht versorgt werden. Nur mit einem hydraulischen Abgleich ist eine maximale Absenkung der Systemtemperaturen möglich. Durch diese Absenkung können Wärmeerzeuger effizienter und somit sparsamer betrieben werden. In Kombination mit dem hydraulischen Abgleich wird eine Über- bzw. Unterversorgung vermieden. Durch angepasste – d.h. in der Regel reduzierte – Volumenströme und somit niedrigere Druckverluste sinkt die benötigte Pumpenleistung. Auf der Komfortseite verhindert der hydraulische Abgleich Geräuschprobleme an den Ventilen bzw. zu geringe Raumtemperaturen. Ein gleichmäßiges Aufheizen wird ermöglicht*“.
- Nach [ASUE] begrenzt der hydraulische Abgleich „*die Heizwasser-Volumenströme mit dem Ziel, allen Heizkörpern nur die Wärmemenge zuzuführen, die für eine gleichmäßige Beheizung erforderlich ist. Das geschieht auf der Basis einer raumweisen Berechnung der Heizlast und der wärmeerzeugerabhängigen Auslegungsparameter (Vorlauf/Rücklauftemperatur, Differenzdruck am Thermostatventil). Durch einstellbare Heizkörper-Thermostatventile und Strangdifferenzdruckregler in den Strängen einer Heizungsanlage ist das realisierbar*.“

- Entsprechend [dena] sorgt ein hydraulischer Abgleich dafür, „*dass die Heizkörper oder die Heizkreise der Wand- oder Fußbodenheizung bedarfsgerecht versorgt werden. Dafür wird im gesamten System die durchfließende Menge des warmen Wassers individuell für jeden Raum eingestellt.*“

In Abbildung 1 wird der nicht abgeglichene und der abgeglichene Zustand schematisch für ein Heizungsnetz mit Heizkörpern gegenübergestellt.

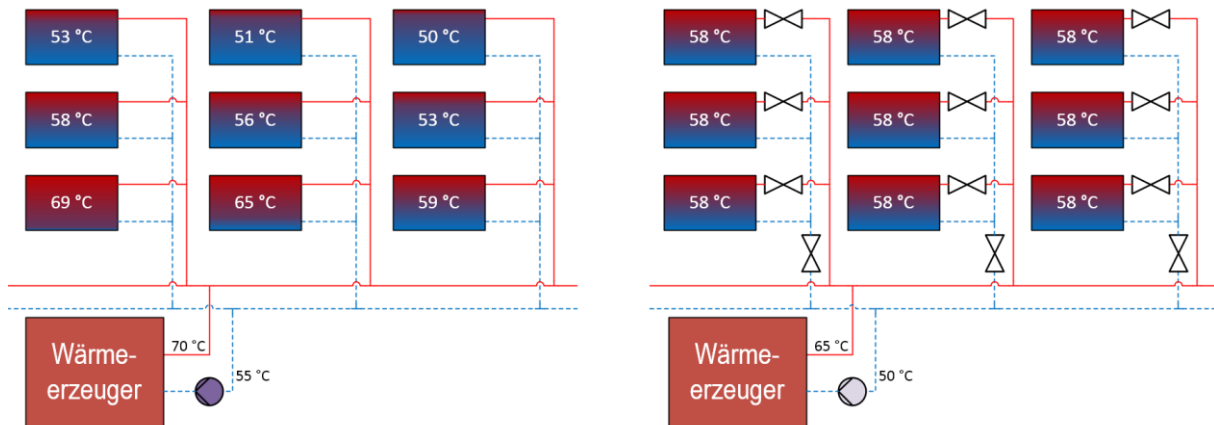


Abbildung 1: Vergleich eines hydraulisch nicht abgeglichene Heizungsnetzes (links) und eines hydraulisch abgeglichene Heizungsnetzes (rechts)

## 2.2 Ziele des hydraulischen Abgleichs

Die positiven Effekte des hydraulischen Abgleichs, die letztendlich als Ziel der Maßnahme zu sehen sind, können entsprechend [SAENA] wie folgt zusammengefasst werden:

- Erhöhung der Energieeffizienz der Anlage durch Verringerung des Heizenergiebedarfs infolge Absenkung der Vorlauftemperatur und eine anlagengerechte Einstellung der Pumpenleistung
- Gleichmäßige Verteilung der Wärme im gesamten Gebäude und Vermeidung einer Über-/Unterversorgung von einzelnen Räumen mit Wärme durch Anpassung des Volumenstroms an die Anforderungen der jeweiligen Heizfläche
- Vermeidung bzw. Begrenzung von Geräuschen in der Heizungsanlage durch Verringerung der Fließgeschwindigkeit des Heizungswassers in der Anlage

Im Sinne des vorliegenden Gutachtens werden als übergeordnete Ziele für den hydraulischen Abgleich angesehen:

1. Einhaltung der Raum-Solltemperaturen während der Nutzungszeit in den zu versorgenden Räumen mit gleichmäßiger Versorgung der Räume mit Wärme (keine Über-/Unterversorgung der einzelnen Räume)
2. Verringerung der für die Wärmeversorgung der Räume notwendigen Energieaufwendungen auf Seiten der Wärme und der Hilfsenergie gegenüber einem hydraulisch nicht abgeglichene System

Die i. d. R. anschließende Optimierung der Betriebsparameter von Wärmeerzeugern sowie Umwälzpumpen wird i. S. d. vorliegenden Gutachtens hingegen nicht zum hydraulischen Abgleich sondern zur Optimierung des Gesamtsystems gezählt.

## 2.3 Gesetzliche Anforderungen, Förderprogramme und technische Regeln

### 2.3.1 EnSimiMaV

Am 1. Oktober 2022 ist die Verordnung zur Sicherung der Energieversorgung über mittelfristig wirksame Maßnahmen (Mittelfristenergieversorgungssicherungsmaßnahmenverordnung - EnSimiMaV) vom 23. September 2022 in Kraft getreten. Die Verordnung regelt technische Energieeinsparmaßnahmen in Gebäuden und verpflichtet Unternehmen dazu, Energiemanagementsysteme umzusetzen.

Die Regelung zum hydraulischen Abgleich enthält § 3 EnSimiMaV.

In § 3 „Hydraulischer Abgleich und weitere Maßnahmen zur Heizungsoptimierung“ heißt es dazu

*(1) Gaszentralheizungssysteme sind hydraulisch abzugleichen:*

1. *bis zum 30. September 2023*
  - a) *in Nichtwohngebäuden im Anwendungsbereich des Gebäudeenergiegesetzes ab 1 000 Quadratmeter beheizter Fläche oder*
  - b) *in Wohngebäuden mit mindestens zehn Wohneinheiten,*
2. *bis zum 15. September 2024 in Wohngebäuden mit mindestens sechs Wohneinheiten.*

*(2) Absatz 1 ist nicht anzuwenden, wenn*

1. *das Heizsystem in der aktuellen Konfiguration bereits hydraulisch abgeglichen wurde,*
2. *innerhalb von sechs Monaten nach dem jeweiligen Stichtag ein Heizungstausch oder eine Wärmedämmung von mindestens 50 Prozent der wärmeübertragenden Umfassungsfläche des Gebäudes bevorsteht oder*
3. *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:*

1. *eine raumweise Heizlastberechnung nach DIN EN 12831:2017-09 in Verbindung mit DIN/TS 12831-1:2020-4,*
2. *eine Prüfung und nötigenfalls eine Optimierung der Heizflächen im Hinblick auf eine möglichst niedrige Vorlauftemperatur,*
3. *die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs unter Berücksichtigung aller wesentlichen Komponenten des Heizungssystems und*
4. *die Anpassung der Vorlauftemperaturregelung.*

*Die Bestätigung des hydraulischen Abgleichs ist einschließlich aller relevanten Einstellungswerte, der Heizlast des Gebäudes, der eingestellten Leistung der Wärmeerzeuger 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.*

Die EnSimiMaV enthält keine explizite Öffnungsklausel für gleichwertige Verfahren zum hydraulischen Abgleich.

Die EnSimiMaV tritt mit Ablauf des 30. September 2024 außer Kraft. Die Regelungen der EnSimiMaV zum hydraulischen Abgleich werden größtenteils in § 60 c GEG überführt.

### **2.3.2 Gebäudeenergiegesetz**

Durch das Gebäudeenergiegesetz [GEG] werden Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden gestellt, welche im zeitlichen und sonstigen Gültigkeitsbereich des GEG errichtet, erweitert oder modernisiert werden.

Die beiden Hauptanforderungen betreffen den Primärenergiebedarf und den baulichen Wärmeschutz. Üblicherweise spricht man jedoch in Bezug auf den Primärenergiebedarf von der Hauptanforderung und in Bezug auf den baulichen Wärmeschutz von der Nebenanforderung. Überdies werden weitere Nebenanforderungen gestellt – diese betreffen beispielsweise Details der technischen Ausführung und den sommerlichen Wärmeschutz. Ebenso werden Anforderungen an den Beleg bzw. Nachweis der energetischen Qualität des Gebäudes gestellt.

Der hydraulische Abgleich war in der bisherigen Energieeinsparverordnung sowie dem bisherigen Gebäudeenergiegesetz nicht explizit als Anforderung ausgewiesen. In dem Gesetz zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes (...) vom 16. Oktober 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 280) wird im Artikel 1 Nummer 22 ein neuer Paragraph (§ 60 c *Hydraulischer Abgleich und weitere Maßnahmen zur Heizungsoptimierung*) aufgenommen, der den hydraulischen Abgleich explizit als Anforderung im GEG ausweist, allerdings tritt diese Änderung erst am 1. Oktober 2024 in Kraft und damit nach dem Außerkrafttreten der EnSimiMaV.

Gemäß dem ab 1. Oktober 2024 geltenden § 60 c GEG muss ein Heizungssystem mit Wasser als Wärmeträger nach dem Einbau oder der Aufstellung einer Heizungsanlage zum Zweck der Inbetriebnahme in Gebäuden mit mindestens sechs Wohnungen oder sonstigen selbständigen Nutzungseinheiten hydraulisch abgeglichen werden (vgl. § 60 c Absatz 1). Gemäß § 60 c Absatz 2 GEG beinhaltet die Durchführung des hydraulischen Abgleichs „unter Berücksichtigung aller wesentlichen Komponenten des Heizungssystems mindestens folgende Planungs- und Umsetzungsleistungen:

- 1. eine raumweise Heizlastberechnung,*
- 2. eine Prüfung und nötigenfalls eine Optimierung der Heizflächen im Hinblick auf eine möglichst niedrige Vorlauftemperatur und*



### 3. die Anpassung der Vorlauftemperaturregelung.

*Für die raumweise Heizlastberechnung ist das in der DIN EN 12831, Teil 1, Ausgabe September 2017, in Verbindung mit DIN/TS 12831, Teil 1, Ausgabe April 2020,3 vorgesehene Verfahren anzuwenden.“*

Gemäß § 60 c Absatz 2 GEG ist der hydraulische Abgleich „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, Nummer 4.2. oder nach einem gleichwertigen Verfahren durchzuführen.

Die ab dem 1. Oktober 2024 geltende Regelung im § 60 c GEG enthält eine Öffnungsklausel für gleichwertige Verfahren zum hydraulischen Abgleich (anders als die EnSimiMaV).

#### **2.3.3 VOB C / DIN 18380**

Entsprechend den in [DIN 18380] definierten *Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV)* wird im Kapitel 3.5 *Einstellen der Anlage* hinsichtlich des hydraulischen Abgleichs Folgendes angegeben:

*„Der hydraulische Abgleich ist mit den rechnerisch ermittelten Einstellwerten so vorzunehmen, dass bei bestimmungsgemäßem Betrieb, also z. B. auch nach Raumtemperaturabsenkung oder Betriebspausen der Heizanlage, alle Wärmeverbraucher entsprechend ihrer Heizlast mit Heizwasser versorgt werden.“*

Damit wird sowohl die Ermittlung der maßgeblichen Einstellwerte als auch deren praktische Umsetzung (Einstellung) gefordert.

#### **2.3.4 BEG-Förderung**

Entsprechend Nummer 16.05 der [Technischen FAQ], die für die Teilprogramme BEG Wohngebäude, BEG Nichtwohngebäude sowie Klimaneutrale Gebäude relevant ist, heißt es dazu:

*„Für Effizienzhäuser mit hydraulisch betriebener wassergeführter Heizungsanlage und für Effizienzgebäude mit hydraulisch betriebenen Wärme- und Kälteversorgungsanlagen ist die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs stets erforderlich. (...) Für ein Effizienzhaus/-gebäude ist der hydraulische Abgleich nach Verfahren B durchzuführen. Das Verfahren muss der Leistungsbeschreibung des jeweiligen VdZ-Formulars entsprechen.“*

Im Weiteren wird darauf hingewiesen, dass der Einbau von Systemen auf Basis temperaturbasierter Verfahren des hydraulischen Abgleichs grundsätzlich förderfähig ist, jedoch nicht die Einhaltung der sonstigen Anforderungen an den hydraulischen Abgleich (z. B. die Optimierung der Heizflächen, Pumpentausch) ersetzt:

*„Der Einbau von Systemen auf Basis temperaturbasierter Verfahren des hydraulischen Abgleichs ist grundsätzlich förderfähig. Systeme zum temperaturbasierten hydraulischen Abgleich zielen oft auf einen ausschließlichen Abgleich der Übergabeeinrichtung ab. Der Einsatz von Systemen zum temperaturbasierten Abgleich ersetzt demnach nicht die Einhaltung der Anforderungen an den hydraulischen Abgleich.“*

Bei Durchführung von anlagenseitigen förderfähigen Einzelmaßnahmen im Bestand nach [BEG EM] ist die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs nach Verfahren B gemäß Bestätigungsformular des hydraulischen Abgleichs der „VdZ – Wirtschaftsvereinigung Gebäude und Energie e. V.“ Fördervoraussetzung.

Die Durchführung des hydraulischen Abgleichs ist im Kontext von BEG-Förderungen anhand des jeweiligen VdZ-Formblattes nachzuweisen. Von den beiden durch die [VdZ-Fachregel] zum hydraulischen Abgleich beschriebenen Verfahren ist aktuell nur das Verfahren B (Premiumleistung) zulässig. Das Verfahren A, das im Sinne der VOB/C als „werkvertraglich geschuldete Regelleistung“ bezeichnet wird, ist nach dem aktuellen Stand im Rahmen der BEG-Förderungen nicht mehr zulässig.

### 2.3.5 VdZ Fachregel

Die [VdZ-Fachregel] beschreibt Maßnahmen zur Optimierung von Heizungsanlagen, welche über einen (reinen) hydraulischen Abgleich hinausgehen. Dabei zielt sie in erster Linie auf Arbeiten an Bestandsanlagen ab, wird aber über weite Teile auch im Neubaubereich als technische Regel für einen Nachweis des hydraulischen Abgleichs in Bezug genommen, z. B. bei der Errichtung von Effizienzhäusern. Der Unterschied zur Sanierung im Altbestand liegt darin, dass im Neubau alle erforderlichen Daten der Gebäudehülle vorliegen und kein Abschätzen der Altinstallation erforderlich ist. Damit finden die Vereinfachungen, die in der Fachregel für den Altbau getroffen werden, im Neubau keine Anwendung.

Zur Optimierung von Heizungsanlagen beschreibt die Fachregel zwei alternative Verfahren:

- Verfahren A, das im Sinne der VOB/C als werkvertraglich geschuldete Regelleistung definiert wird,
- Verfahren B, das gegenüber Verfahren A etwas ausführlicher ist und als Premiumleistung separat zu beauftragen ist.

Die beiden in der Fachregel beschriebenen Verfahren unterscheiden sich wesentlich in Aufwand und erzielbarer Genauigkeit bei der Ermittlung/Abschätzung der Heizlast und hierauf aufbauender Betrachtungen.

Die wesentlichen Inhalte der [VdZ-Fachregel] können für Heizungsanlagen mit Heizkörpern entsprechend den Gliederungspunkten wie folgt zusammengefasst werden<sup>1</sup>:

1. Grundsätzliches zur Nutzung der Fachregel
  - Hintergrund und Allgemeines zur Fachregel
  - Hinweise zur Anwendbarkeit von Verfahren A und B
2. Heizlast und Leistung des Wärmeerzeugers
  - Ermittlung der Heizlast des Gebäudes und der notwendigen Leistung des Wärmeerzeugers; z. T. Basis weiterer Arbeiten sowie des eigentlichen hydraulischen Abgleichs
  - Zwei alternative Verfahren  
Verfahren A:

---

<sup>1</sup> Die Fachregel beschreibt auch Vorgehensweise zum hydraulischen Abgleich bei Fußbodenheizung. Wegen der fehlenden Relevanz für das bewertete AVALON-System wird dies im vorliegenden Gutachten nicht näher betrachtet.

- Vereinfachte Abschätzung der Heizlast in Abhängigkeit von der beheizten Nutzfläche und dem Baujahr in Anlehnung an DIN EN 15378 oder
- Abschätzung der Kesselleistung auf Basis der Verbrauchswerte gemäß Normenreihe DIN EN 12831/DIN TS 12831

Verfahren B:

- Berechnung der Gebäudeheizlast auf Basis einer raumweisen Heizlastberechnung nach der Normenreihe DIN EN 12831/DIN TS 12831

### 3. Heizflächenoptimierung

- Überprüfung der Heizkörper, ggf. Austausch bei Über- oder Unterdimensionierung bzw. wenn die bestimmungsgemäße Funktion der Heizkörper nicht gegeben ist, ggf. Optimierung Einbausituation
- Erster Arbeitsschritt für beide Verfahren: Raumbegehung und Prüfung/Feststellung der Funktionsfähigkeit, besonders auch leistungsmindernde Einflüsse durch Einbausituation oder mehrfache Anstriche
- Anschließende Tätigkeiten:

Verfahren A:

- Tausch der defekten Heizkörper gegen Heizkörper entsprechender Nennwärmeleistung

Verfahren B:

- rechnerische Überprüfung der Auslegung der vorhandenen Heizflächen für jeden Raum im Gebäude anhand raumweiser Heizlastberechnung nach DIN EN 12831/DIN TS 12831 und anschließender Austausch bei merklicher Über- oder Unterdimensionierung bzw. wenn die bestimmungsgemäße Funktion der jeweiligen Heizkörper nicht gegeben ist
- Ermittlung der Auslegungsvorlauftemperatur der Gesamtheizungsanlage (als höchste ermittelte Vorlauftemperatur aller Heizflächen)

### 4. Hydraulischer Abgleich

- Anpassung der tatsächlichen Volumenströme in den einzelnen Teilsystemen auf die berechneten Soll-Volumenströme
- Ggf. Vorarbeiten erforderlich
  - Austausch von Ventilen, zu denen keine Unterlagen (Kennlinien/Diagramme o. ä.) verfügbar sind
  - Visuelle Überprüfung der vorhandenen Rohrleitungen, ggf. weitere Maßnahmen, z. B. Spülung, Austausch überdimensionierter Rohrabschnitte
- eigentlicher Abgleich durch Einstellung von ggf. voreinstellbaren Thermostatventilen (alternativ einstellbare Rücklaufverschraubungen) und strangweisen Differenzdruckreglern, Regulierventilen oder Volumenstromreglern auf Basis folgender alternativer Verfahren

Verfahren A:

- vereinfachte/pauschalisierte Ermittlung relevanter Kennwerte:
  - Temperaturspreizung anhand Richtwerte in Fachregel
  - Schätzung der Heizkörperleistung nach DIN EN 15378 oder anhand installierter Heizflächengröße
  - Ggf. Differenzdruck über Ventil als Pauschalwert nach Fachregel oder Herstellerkennwert
- vereinfachte Ermittlung des Heizkörper-Volumenstroms und ggf. des Voreinstellwerts aus geschätzter Spreizung und Leistung mit Datenschiebern, Diagrammen, Tabellen, Auslegungsprogrammen
- ggf. Messverfahren bei Ein-/Zweifamilienhäusern sowie Etagenheizungen möglich, jedoch nicht durch Fachregel spezifiziert

Verfahren B:

- Rohrnetzauslegung auf Basis der raumweisen Heizlastberechnung
- ggf. Vereinfachungen möglich bis hin zum Verzicht auf eine Druckverlustberechnung bei Verwendung von Thermostatventilen mit automatischer Durchflussbegrenzung
- eine messtechnische Ermittlung der Pumpen- oder Ventileinstellungen ebenso möglich

#### 5. Anpassung einer außentemperaturgeführten Vorlauftemperaturregelung

- Einstellung einer nutzungs- und gebäudeabhängigen Nachtabsenkung
- Einstellung der Heizkurve
  - Verfahren A: anhand der Richtwerte in der Fachregel, ohne Berechnung der vorhandenen Heizflächen, jedoch mit anschließender Anpassung im laufenden Betrieb (nach Bedarf)
  - Verfahren B: Einstellen der unter Arbeitsschritt 3 ermittelten Auslegungsvorlauftemperatur, Eingabe der Steilheit und Parallelverschiebung in Abhängigkeit von der Art der Heizflächen

#### 6. Verteilung und Druckhaltung

- Auswahl/Einstellen der Heizkreispumpe

Verfahren A:

- Übernahme Volumenstrom aus dem Arbeitsschritt 4
- Schätzung der Förderhöhe anhand der einfachen Rohrlänge und aller Komponenten (z. B. mit einem Datenschieber)
- Pumpenauswahl/-einstellung nach Herstellerdaten (Pumpenkennlinien/-diagramme) oder automatische Adaption

Verfahren B:

- Verwendung der Werte aus Rohrnetzberechnung, sofern vereinbart, sonst wie Verfahren A

- Druckhaltung

- Überprüfen der Einbausituation, der Druckwerte und der Dimensionierung

#### 7. Dämmung von Rohrleitungen

- Verfahren A: Hinweisen auf Anforderungen des GEG zur Dämmung von Rohrleitungen, Armaturen oder Rohrhalterungen beim Vorhandensein von völlig oder teilweise nicht gedämmten frei zugänglichen Rohrleitungen
- Verfahren B: mindestens wie Verfahren A, darüberhinausgehende Beratung zu höheren Dämmstärken insbesondere zur Erreichung anspruchsvoller BEG-Effizienzhausstandards

#### 8. Dokumentation

### 3 AVALON-System

#### 3.1 Beschreibung des Systems und der Funktionalitäten

Das AVALON-System besteht aus Funk-Heizkörperthermostaten (s. Abbildung 2) bzw. Funk-Raumthermostaten mit Heizkörperstellantrieben mit Fernfühlern (vgl. Abbildung 3), die über Gateway-Einheiten (s. Abbildung 4) miteinander korrespondieren. Einem Gateway sind bis zu 30 Thermostate bzw. einem Master-Gateway bis zu 60 Thermostate zugeordnet. Je nach Komplexität des Heizungssystems bzw. Anzahl der Heizkörper-/Raumthermostate werden die Gateways hierarchisch so miteinander gekoppelt, dass eine zentrale Steuereinheit für die jeweilige Heizungsanlage generiert wird.



Abbildung 2: Heizkörper-Thermostat AVALON (links) und AVALON+ (rechts)

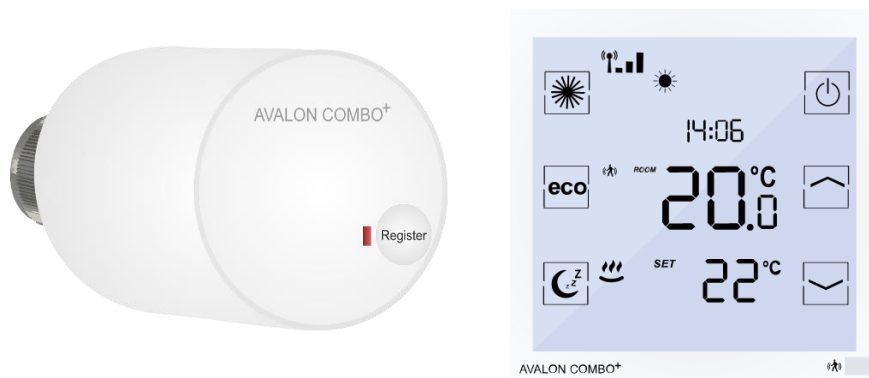


Abbildung 3: Heizkörperstellantrieb AVALON COMBO+ (links) und Raumthermostat AVALON COMBO+ (rechts)



Abbildung 4: Gateway-Einheit – zentrale Steuereinheit für das AVALON-System

Im Unterschied zum konventionellen hydraulischen Abgleich, bei dem das Voreinstellen der Ventile mit den für den Vollastfall berechneten/abgeschätzten Einstellwerten erfolgt, berücksichtigt das betrachtete AVALON-System das reale Betriebsverhalten und den realen Zustand des hydraulischen Systems und kann dynamisch auf Veränderungen reagieren.

Der Regelalgorithmus basiert dabei auf der Auswertung der Temperaturverläufe (insbesondere während der Aufheizphasen) in den mit den AVALON-Thermostaten ausgestatteten Räumen. Alle 5 bzw. 10 Minuten werden die Gradienten der Raumtemperaturveränderungen verglichen und danach die Ventilposition entsprechend angepasst. Auf der Basis dieses Algorithmus erfolgt dann die dynamische Anpassung der hydraulischen Widerstände an veränderte Wärmeeinträge oder -lasten bzw. Nutzereingriffe. Die Ventile (herstellerunabhängig) werden in bis zu 1.000 Teilschritten verstellt.

Dabei prüft der Algorithmus die aus den nicht hydraulisch abgeglichenen Systemen bekannten Zusammenhänge:

- Zu Beginn der Aufheizphase öffnen alle Thermostatventile, dabei werden die Heizkörper, die sich näher an der zentralen Heizungspumpe befinden, zuerst versorgt und z.T. überversorgt. Die Räume, die hydraulisch ungünstig gelegen sind, werden zunächst unterversorgt.
- Erst, wenn die anfangs überversorgten Räume sich ihren Soll-Raumtemperaturen nähern, drosseln die Ventile und die bisher unterversorgten Räume werden nach und nach mit dem ausreichenden Massestrom versorgt.

Somit sind die gemessenen Temperaturverläufe der einzelnen Räume während der Aufheizphase ein sehr guter Indikator zur Feststellung der Unter-/Überversorgung der betroffenen Heizflächen<sup>2</sup>. Diesen Indikator nutzt der Regelalgorithmus des AVALON-Systems und vergleicht die zeitlichen Temperaturverläufe während der Aufheizphase. Ist der Temperaturanstieg in einem bzw. mehreren Räumen schneller als in den anderen Räumen, werden die Heizkörper in den Räumen mit schnellerem Temperaturanstieg in der Aufheizphase eingedrosselt, bis ein gleichmäßiger Anstieg der gemessenen Raumtemperatur in allen Räumen vorliegt.

Dabei handelt es sich um einen selbstlernenden, dynamischen Prozess, bei dem z. B. die nutzerbedingten Veränderungen im laufenden Betrieb insbesondere bei Veränderung der Raum-Solltemperatur in ausgewählten Räumen ausgeglichen werden können. In einem hydraulischen System, bei dem ein statischer hydraulischer Abgleich durchgeführt wird, ist eine dynamische Korrektur der Voreinstellung nicht möglich. Werden für einzelne Räume (z. B. Gästezimmer, Hobbyraum) niedrigere Raum-Solltemperaturen definiert, als bei der Vorberechnung nach [VdZ-Fachregel] zur Bestimmung der Voreinstellung für einen statischen hydraulischen Abgleich angenommen, hat das einen wesentlichen Einfluss auf den Zustand des hydraulischen Netzes. Mit dem dynamischen hydraulischen Abgleich können solche Zustandsveränderungen im hydraulischen Netz zeitverzögert ausbalanciert werden, was für das AVALON-System einen Vorteil gegenüber konventionellem hydraulischem Abgleich darstellt. Darüber hinaus können durch die Auswertung des mittleren Gradienten des Temperaturanstiegs über alle Räume und die Bestimmung der Abweichung zu den Sollwerten Empfehlungen bzw. Korrekturwerte für die Anpassung der Heizkurve durch das AVALON-

<sup>2</sup> Voraussetzung für ein dauerhaft bestimmungsgemäßes Regelverhalten sind hydraulische Netze mit nicht merklich unterdimensionierten Heizflächen.

System automatisch generiert werden, was bei konventionellen Systemen noch nicht möglich ist.

Das Erfassen der Raumtemperaturen im zeitlichen Verlauf und Abgleich mit den Sollwerten bietet außerdem die permanente Möglichkeit, Heizkörper zu detektieren, deren Leistung der Raumheizlast nicht entspricht. Wird in einem Raum die Solltemperatur während der Nutzungszeit über definierten Zeitraum (im Algorithmus definierte Anzahl von Stunden) oder der mittlere Gradient in der Aufheizphase nicht erreicht, wird der Benutzer (bzw. der zuständige SHK-Betrieb) über die entsprechende Applikation darauf hingewiesen, dass die Heizkörperleistung möglicherweise zu niedrig ist (der Heizkörper zu klein dimensioniert ist) oder das Ventil defekt und eine rechnerische Überprüfung bis hin zum anschließenden Austausch des Heizkörpers erforderlich wäre.

## **3.2 Auswertung der messtechnischen Untersuchung**

### **3.2.1 Einführende Bemerkungen**

Eine messtechnische Untersuchung des AVALON-Systems wurde von der HLK Stuttgart GmbH durchgeführt. Die angewandte Untersuchungsmethode sowie die Ergebnisse der Untersuchung werden in Berichten Nr. H.1810.S.453.BIC und Nr.H.1901.S.470.BIC (folglich [HLK-Bericht\_1] und [HLK-Bericht\_2] genannt) vom 06. November 2018 und vom 31. Januar 2019 dokumentiert.

Die in Abschnitten 3.2.2 bis 3.2.4 folgenden Ausführungen beziehen sich auf den Inhalt der o.g. HLK-Berichte.

### **3.2.2 Beschreibung der messtechnischen Untersuchung**

Bei der von HLK Stuttgart GmbH durchgeführten Untersuchung handelt es sich um eine Emulation, bei der eine Simulation mit einem realen hydraulischen System (Hardware) gekoppelt wird. Die Heizkörperventile bilden dabei die Schnittstelle zwischen Hardware und Simulation. Die Raum-Temperaturen werden aus der Simulation via Gateway in Zeitschritten von jeweils einer Minute auf die Heizkörperthermostate übertragen. Die von den Heizkörperthermostaten zur Einhaltung der Soll-Raumtemperatur erforderlichen Ventilpositionen werden wiederum an die Simulation via Gateway übertragen und bei der Berechnung entsprechend berücksichtigt.

Bei dem der Emulation zugrunde gelegten Gebäudemodell handelt es sich um ein Gebäude bestehend aus vier Räumen mit unterschiedlichen Aufheizlasten (2 Süd- und 2 Nordräume) und unterschiedlicher Entfernung von der zentralen Heizungspumpe. Dabei werden zwei Räume mit der gleichen Aufheizlast jeweils am kurzen und am langen Strang angeordnet. Diese Randbedingungen stellen eine besondere Herausforderung für den hydraulischen Abgleich dar, sind jedoch in der Praxis durchaus üblich.

Die der Untersuchung zugrunde gelegten Wetterdaten beziehen sich auf die Klimadaten des TRY 12. Die Emulation wird für drei repräsentative Tage einer Heizperiode durchgeführt:

- Kalter Heiztag (31.01)
- Mittlerer Heiztag (24.11)
- Milder Heiztag - nahe an der Heizgrenze (23.04)



Für jeden Heiztag werden vier Varianten betrachtet:

- Referenzvariante als „ideale Heizung“ bezeichnet, mit einem entsprechend den HLK-Berichten „rein konvektiven trägheitslosen und ideal geregelten Heizer, dessen Leistung im Bedarfsfall nicht begrenzt ist“
- System ohne hydraulischen Abgleich
- System mit konventionellem hydraulischem Abgleich mit Voreinstellung der Thermostatventile
- AVALON-System (entweder mit Funkt-Heizkörperthermostaten (vgl. [HLK-Bericht\_1]) oder mit Raumthermostaten und Stellantrieben mit Fernfühlern (vgl. [HLK-Bericht\_2])) mit dynamischer Anpassung des Ventilhubes an das reale Betriebsverhalten

### **3.2.3 Ergebnisse der Emulation**

Die Ergebnisse der Emulation bezüglich der Temperaturverläufe in den betrachteten Räumen in Abhängigkeit von der Art des hydraulischen Abgleichs können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Erwartungsgemäß können Nachteile der hydraulisch ungünstigen Anordnung im System durch den konventionellen hydraulischen Abgleich an einem kalten Wintertag ausgeglichen werden. Die Temperaturverläufe der Räume mit gleicher Aufheizlast jedoch unterschiedlicher Entfernung zur zentralen Heizungspumpe sind nahezu gleich. Die Differenz in der Aufheizlast, die durch die Höhe der inneren Wärmegewinne in den einzelnen Räumen bedingt ist, kann der konventionelle hydraulische Abgleich nicht ausgleichen. Die Variante wird durch einen stetigen Temperaturverlauf charakterisiert (vgl. Abbildung 5, Teilbild 1).
2. Für den gleichen Wintertag zeigt sich bei dem AVALON-System eine vergleichbare Übereinstimmung der Temperaturverläufe in den einzelnen Räumen untereinander wie bei dem konventionellen hydraulischen Abgleich. Im Gegensatz zur Variante mit konventionellem hydraulischem Abgleich schwingen die Temperaturverläufe bei dem AVALON-System mit kleiner Hysterese um die Raum-Solltemperatur, was aber typisch für elektronische Heizkörperthermostate ist (vgl. Abbildung 5 und Abbildung 6, Teilbild 2).

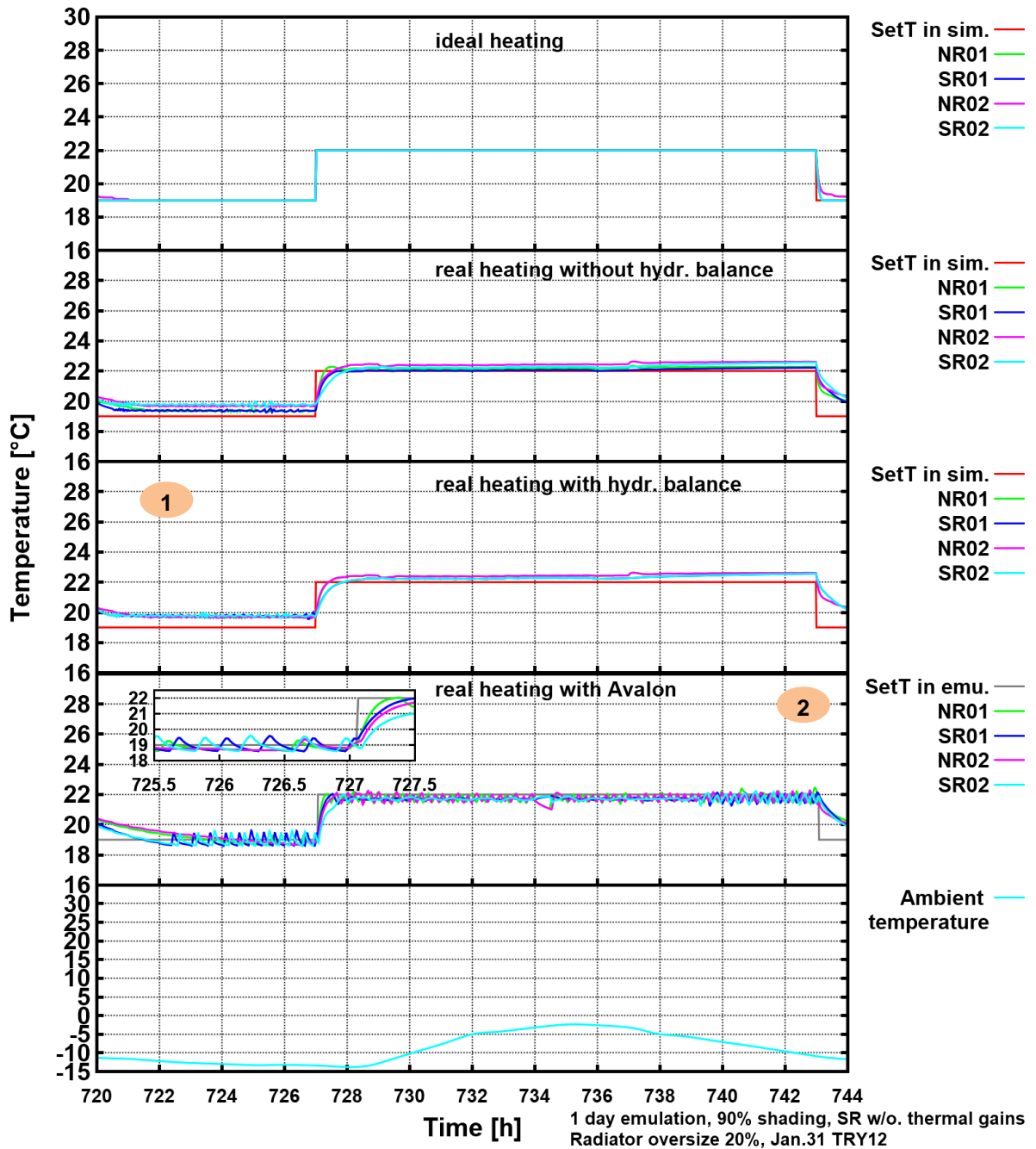


Abbildung 5: Raumtemperaturverläufe an einem kalten Wintertag (Bildquelle: [HLK-Bericht\_1], S. 14)

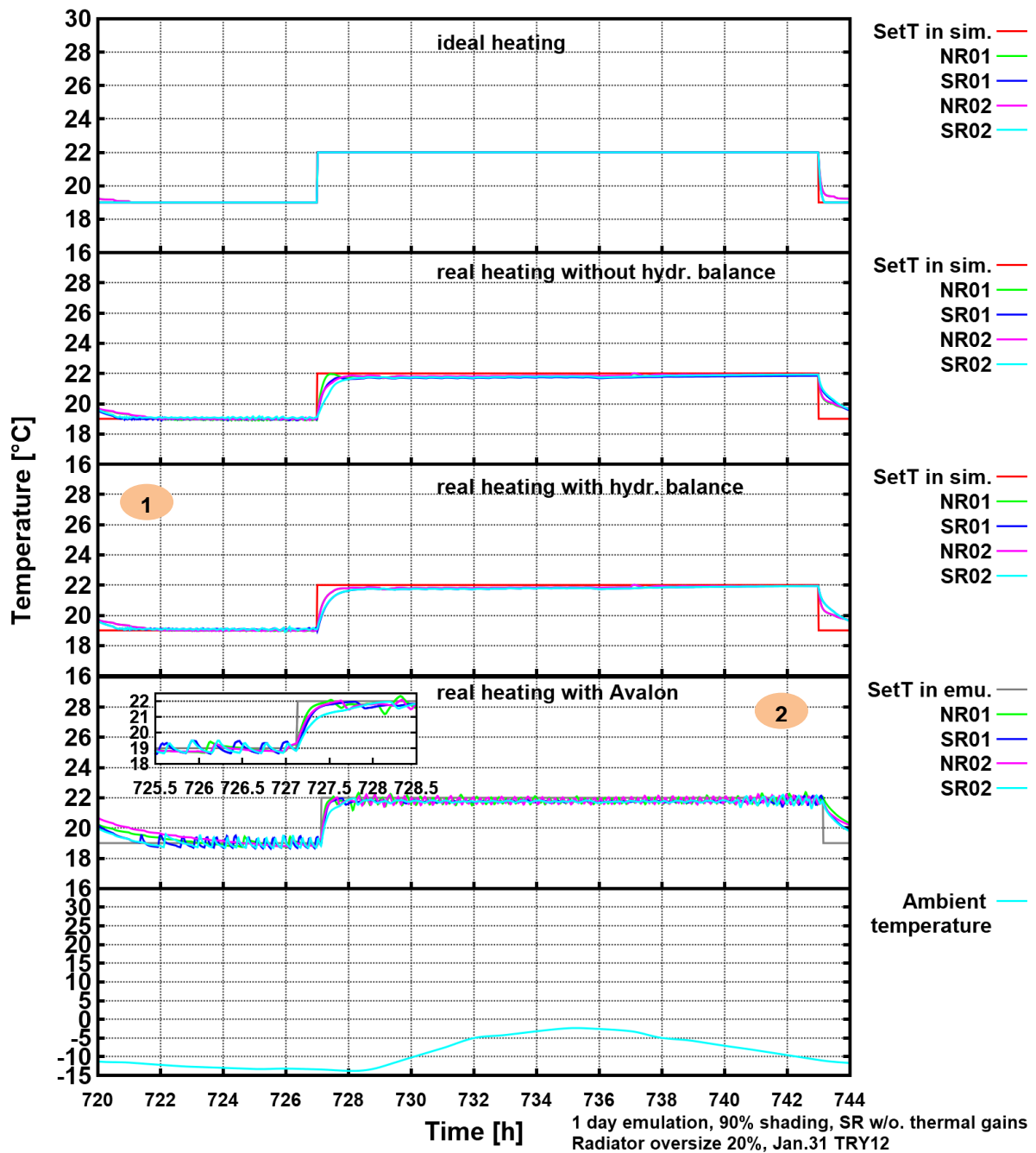


Abbildung 6: Raumtemperaturverläufe an einem kalten Wintertag (Bildquelle: [HLK-Bericht\_2], S. 15)

- An einem in HLK-Berichten als „mittlerer Wintertag“ bezeichneten Heiztag sind die Temperaturverläufe in allen vier Räumen bei der Variante mit dem AVALON-System während der definierten Nutzungszeit untereinander und mit der Raum-Solltemperatur deckungsgleich (vgl. Abbildung 7 und Abbildung 8, Teilbild 2). Im Gegensatz zum konventionellen hydraulischen Abgleich (vgl. Abbildung 7 und Abbildung 8, Teilbild 1) werden die modellierten Unterschiede in der Höhe der inneren Wärmegewinne in den einzelnen Räumen durch das AVALON-System ausgeglichen.

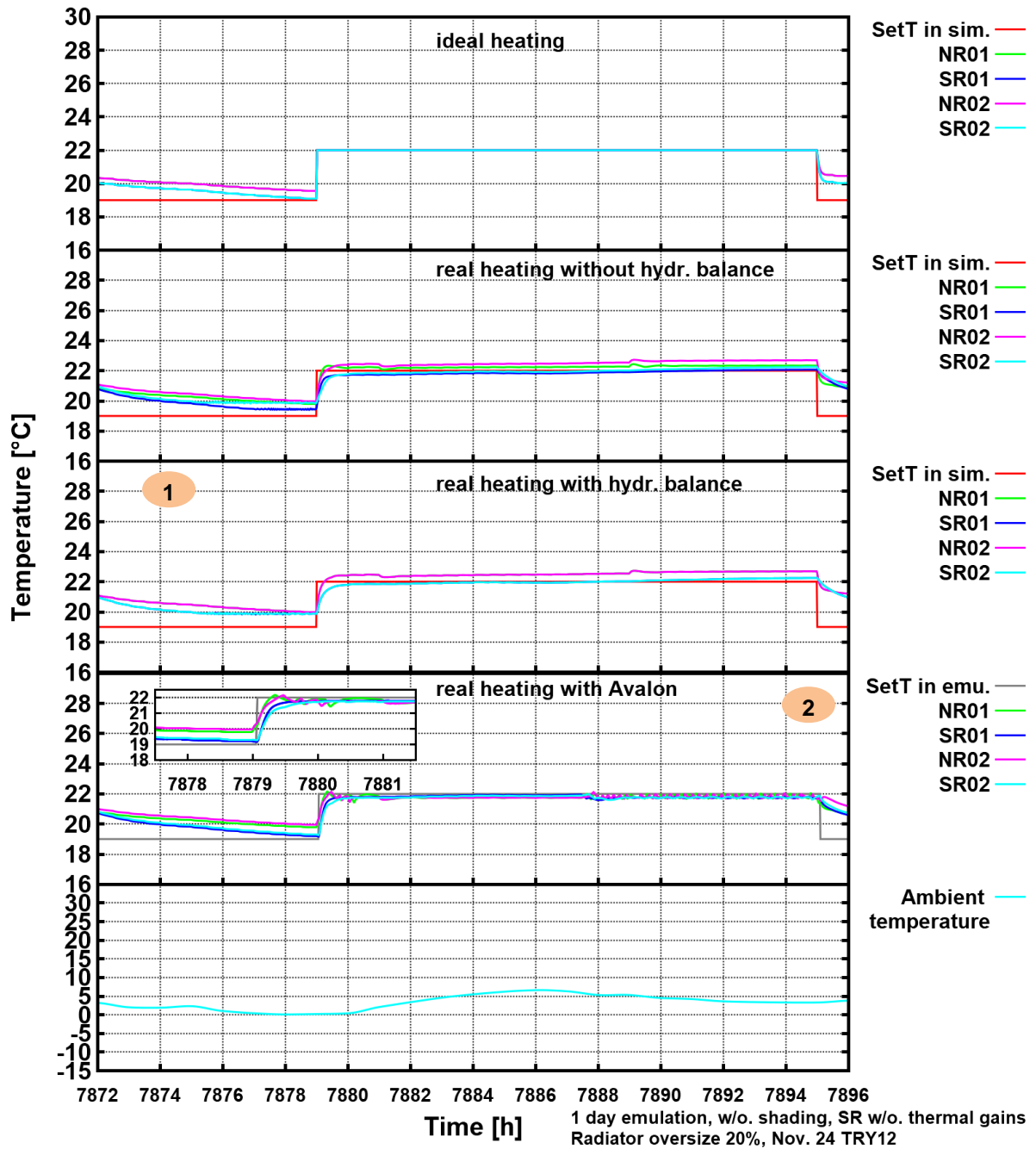


Abbildung 7: Raumtemperaturverläufe an einem mittleren Heiztag (Bildquelle: [HLK-Bericht\_1], S. 16)

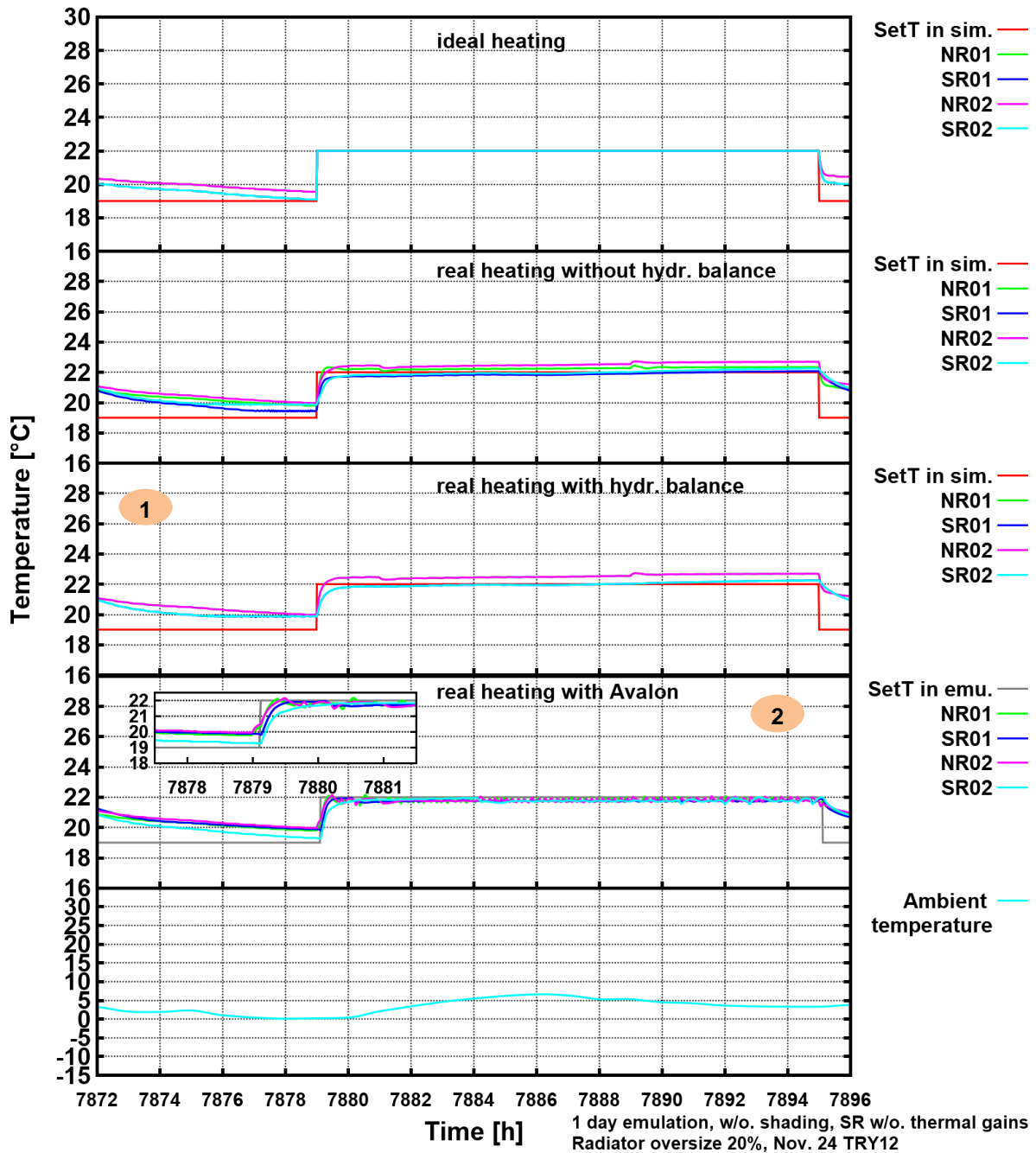


Abbildung 8: Raumtemperaturverläufe an einem mittleren Heiztag (Bildquelle: [HLK-Bericht\_2], S. 17)

- Bei dem betrachteten milden Heiztag sind die Temperaturverläufe in den simulierten Räumen während der Nutzungszeit beim Einsatz des AVALON-Systems identisch und entsprechen der vorgegebenen Raum-Solltemperatur (vgl. Abbildung 9 und Abbildung 10, Teilbild 2). Bei der Variante mit konventionellem hydraulischem Abgleich (vgl. Abbildung 9 und Abbildung 10, Teilbild 1) werden bedingt durch die bleibende Regelabweichung des eingesetzten P-Reglers höhere Temperaturen als die Raum-Solltemperatur erreicht, damit werden die Räume überwärmt. Dies äußert sich wiederum in höherem Energieverbrauch als bei dem AVALON-System.

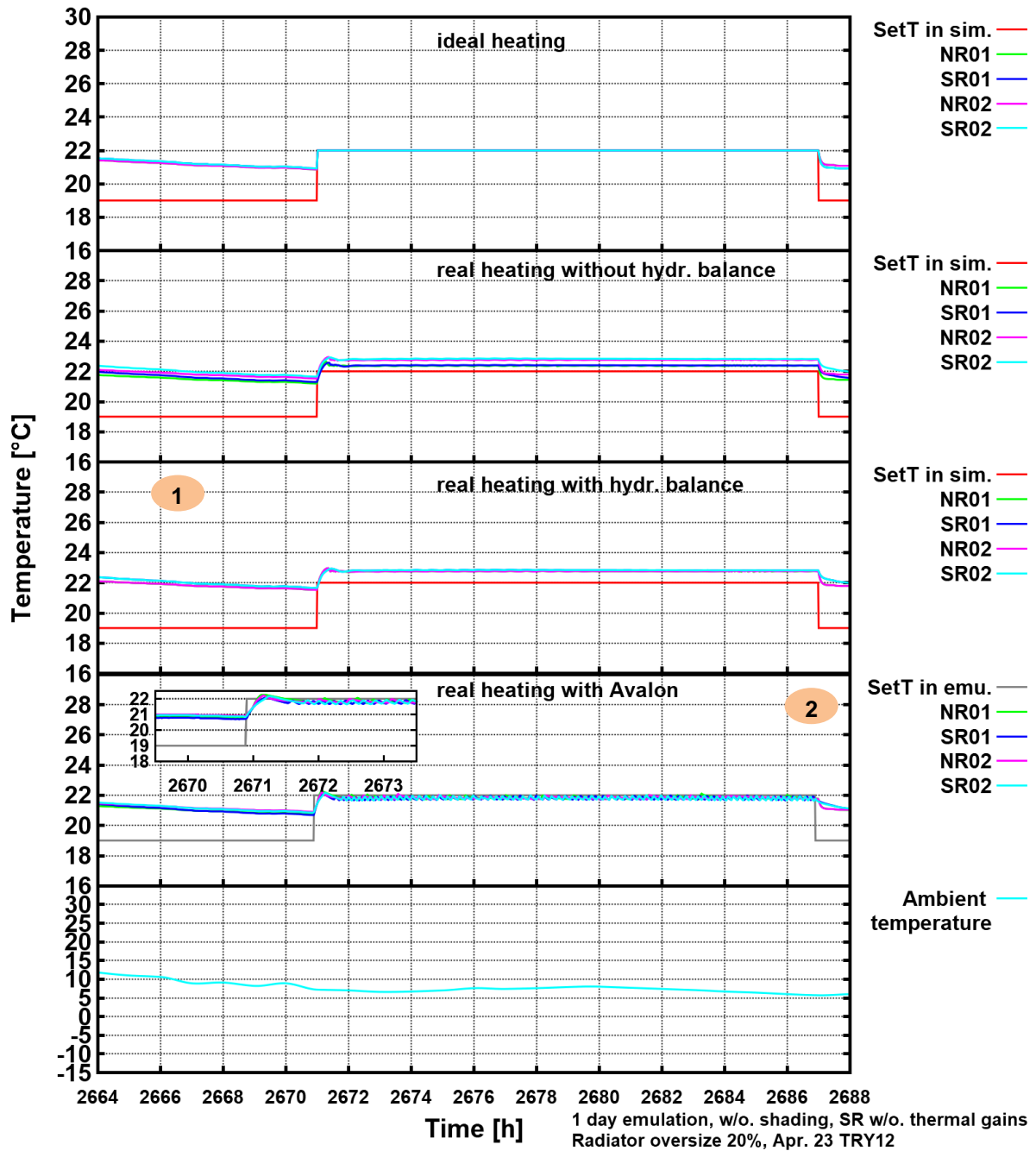


Abbildung 9: Raumtemperaturverläufe an einem milden Heiztag (Bildquelle: [HLK-Bericht\_1], S. 18)

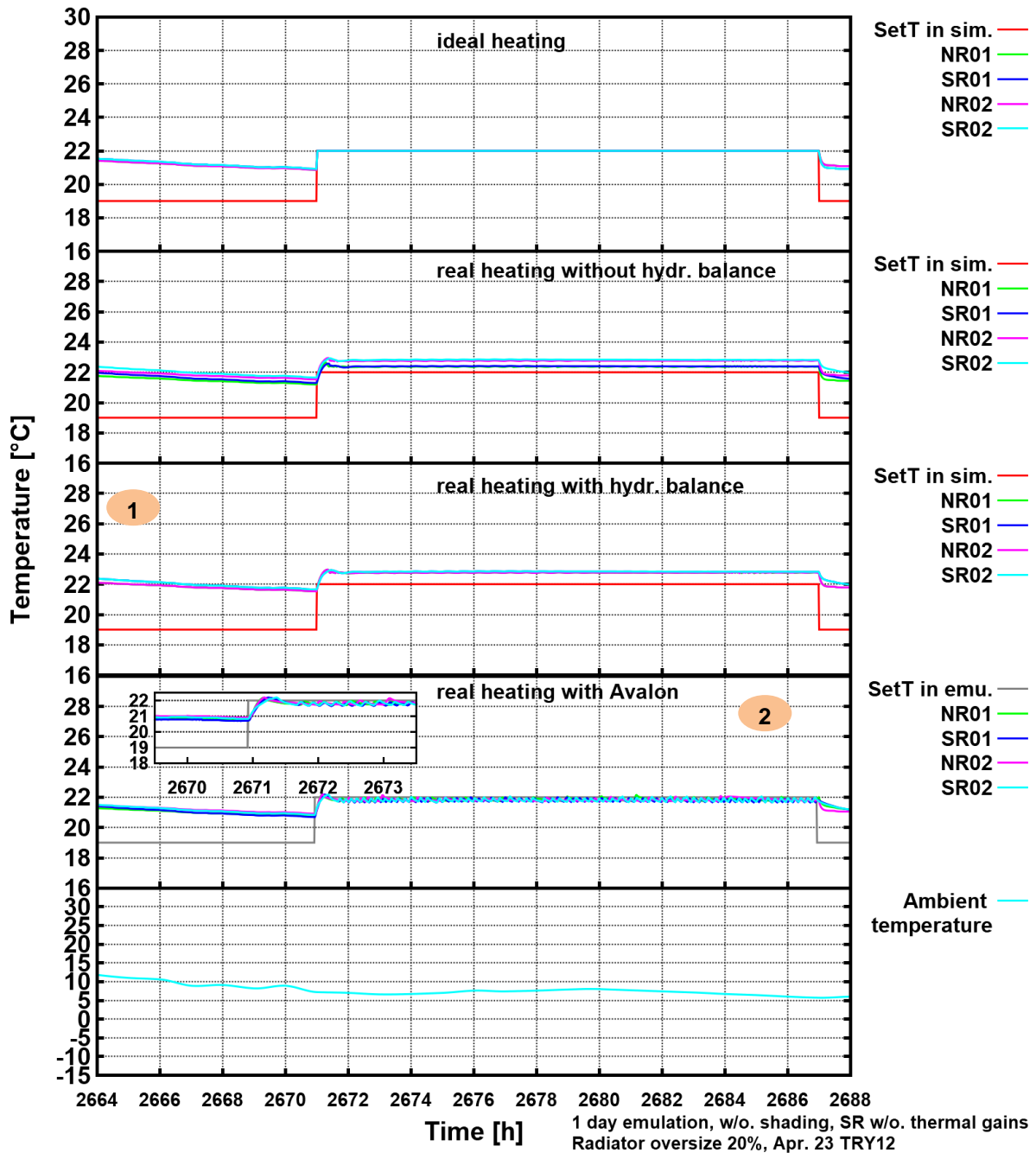


Abbildung 10: Raumtemperaturverläufe an einem milden Heiztag (Bildquelle: [HLK-Bericht\_2], S. 19)

### 3.2.4 Energetische Bewertung des AVALON-Systems

Für die im [HLK-Bericht\_1] und [HLK-Bericht\_2] beschriebene vergleichende Bewertung des AVALON-Systems und eines konventionellen hydraulischen Abgleichs werden die resultierenden Heizwärmebedarfswerte der betrachteten Heiztage gegenübergestellt. Dabei wird für die Heizperiode folgende Wichtung unterstellt:

- Kalter Heiztag: 15 Tage
- Mittlerer Heiztag: 90 Tage
- Milder Heiztag: 156 Tage

Basierend auf den in Tabelle 1 ausgewiesenen Heizwärmebedarfswerten und daraus resultierenden Aufwandszahlen können für das AVALON-System folgende Aussagen abgeleitet werden:

- An den kalten und mittleren Heiztagen ist der Heizwärmebedarf mit dem AVALON-System um ca. 1,0 bis 1,3 % niedriger als bei dem konventionellen hydraulischen Abgleich.
- An den milden Heiztagen vergrößert sich der Vorteil des AVALON-Systems auf ca. 5,5 %.
- Über die gesamte Heizperiode weist das AVALON-System einen um ca. 2,5 bis 2,7 % geringeren Heizwärmebedarf als die Variante mit konventionellem hydraulischem Abgleich aus.
- Gegenüber der Variante mit „idealer Heizung“ ergibt sich beim Einsatz des AVALON-System ein Mehraufwand von 0,4 % bis 0,6 %. Bei der Variante mit konventionellem hydraulischem Abgleich liegt dieser bei 3,1 %.

Tabelle 1: Heizwärmebedarf und resultierende Aufwandszahl bezogen auf „ideale Heizung“ für untersuchte Varianten

Variante	Heizwärmebedarf, in kWh				Aufwandszahl bezogen auf „ideale Heizung“
	Heiztage			Gesamte Heizperiode	
	kalt	mittel	mild		
„Ideale Heizung“	688	2.215	1.400	4.303	100,0%
System mit konventionellem hydraulischem Abgleich	700	2.259	1.480	4.438	103,1%
AVALON-System mit Funk-Heizkörperthermostaten	691	2.230	1.398	4.319	100,4%
AVALON-System mit Raumthermostaten und Stellantrieben mit Fernfühlern	691	2238	1398	4.327	100,6%



## **4 Eignung des AVALON-Systems für den hydraulischen Abgleich nach Verfahren B**

Basierend auf der Auswertung des Regelalgorithmus und der Funktionalitäten sowie der von HLK Stuttgart durchgeführten messtechnischen Untersuchung wird der mit der Installation eines AVALON-Systems bei bestehenden hydraulischen Netzen eintretende Effekt als mindestens gleichwertig mit einem konventionellen hydraulischen Abgleich entsprechend dem Verfahren B der [VdZ-Fachregel] eingestuft, wenn die im Folgenden genannten Maßnahmen/Arbeitsschritte zusätzlich zum Einbau des AVALON-Systems umgesetzt werden.

In Tabelle 2 wird die Umsetzung der durch die [VdZ-Fachregel] definierten Arbeitsschritte bzw. das Erreichen deren unmittelbaren Ziels für das Verfahren B und die erforderliche Vorgehensweise zur Erreichung der Gleichwertigkeit beim Einsatz des AVALON-Systems ausgewiesen.

Dabei werden die erforderlichen Tätigkeiten aus der Leistungsbeschreibung für die Durchführung des hydraulischen Abgleichs von Heizungsanlagen in 7 Arbeitsschritte untergliedert. Innerhalb des jeweiligen Arbeitsschrittes wird im Folgenden entweder die Gleichwertigkeit mit Verfahren B nachgewiesen, oder die erforderlichen Schritte zum Erzielen der Gleichwertigkeit beim Einsatz des AVALON-Systems beschrieben.

Tabelle 2: Vergleich der erforderlichen Vorgehensweise beim Einsatz des AVALON-Systems zur Erreichung der Gleichwertigkeit und einer dem Verfahren B entsprechenden Umsetzung der in der [VdZ-Fachregel] definierten Arbeitsschritte zur Optimierung von Heizungsanlagen

Arbeitsschritt nach [VdZ-Fachregel]		Zweck / unmittelbares Ziel	Umsetzung /Vorgehensweise	
			Verfahren B nach [VdZ-Fachregel]	AVALON-System
1.	Bestimmung der Heizlast	Hydraulischer Abgleich – Abschätzung der Einstellwerte von Ventilen	✓ Berechnung der Gebäudeheizlast auf Basis einer raumweisen Heizlastberechnung nach DIN EN 12831/DIN TS 12831	✓ Keine Berechnung erforderlich, da die Verstellung der Ventilpositionen durch Auswertung der Raumtemperaturgradienten erfolgt (s. Arbeitsschritt Nr. 3).
		Heizflächenoptimierung – Austausch unterdimensionierter Heizflächen		✓ Keine raumweise Heizlastermittlung erforderlich, da das AVALON-System über die integrierte Funktionalität detektieren kann, ob und in welchem Maße der Heizkörper gegenüber der tatsächlichen Raum-Heizlast unterdimensioniert ist. Durch das Erfassen der Raum-Temperaturen im zeitlichen Verlauf und Abgleich mit den Sollwerten werden die unterdimensionierten Heizkörper im laufenden Betrieb erkannt (s. Arbeitsschritt Nr. 2)
		Heizflächenoptimierung – Austausch defekter Heizflächen		✓ Berechnung der Raumheizlast nach DIN EN 12831-1 in Verbindung mit DIN/TS 12831-1 (Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast eines beheizten Raums) für Räume, in denen die defekten Heizflächen ausgetauscht werden müssen
		Heizflächenoptimierung – Austausch überdimensionierter Heizflächen		✓ Keine raumweise Heizlastermittlung erforderlich, da beim Einsatz des AVALON-Systems ein Heizflächentausch bei überdimensionierten Heizflächen nicht erforderlich ist. Sowohl in dem Absenkbetrieb als auch in der Aufheizphase können die mit überdimensionierten Heizflächen mit

Arbeitsschritt nach [VdZ-Fachregel]	Zweck / unmittelbares Ziel	Umsetzung /Vorgehensweise	
		Verfahren B nach [VdZ-Fachregel]	AVALON-System
	Dimensionierung des Wärmeerzeugers		<p>konventionellen Thermostatventilen verbundenen Nachteile beim Einsatz des AVALON-Systems über den Regelalgorithmus des AVALON-Systems vermieden werden.</p> <p>✓ Berechnung der Gebäudeheizlast auf Basis eines nach DIN EN 12831-1 bzw. DIN/TS 12831-1 zugelassenen Verfahrens</p>
2.	Heizflächenoptimierung	<p>✓ Raumbegehung und Prüfung/Feststellung der Funktionsfähigkeit, besonders auch leistungsmindernde Einflüsse durch Einbausituation oder mehrfache Anstriche</p> <p>✓ rechnerische Überprüfung der Auslegung der vorhandenen Heizflächen für jeden Raum im Gebäude anhand raumweiser Heizlastberechnung nach DIN EN 12831/DIN TS 12831 und anschließender Austausch bei Defekt bzw. merklicher Über- oder Unterdimensionierung</p> <p>✓ ggf. Optimierung der Einbausituation</p>	<p>✓ Raumbegehung und Prüfung/Feststellung der Funktionsfähigkeit, besonders auch leistungsmindernde Einflüsse durch Einbausituation oder mehrfache Anstriche</p> <p>✓ Tausch von defekten Heizkörpern vor dem Einbau des AVALON-Systems (Dimensionierung der neuen Heizflächen anhand der auf Basis des vereinfachten Verfahrens nach DIN EN 12831-1 in Verbindung mit DIN/TS 12831-1 berechneten Raumheizlast, s. Arbeitsschritt 1)</p> <p>✓ ggf. Optimierung der Einbausituation</p> <p>✓ Anschließende Installation des AVALON-Systems und Inbetriebnahme</p> <p>✓ Detektieren der merklich unterdimensionierten Heizkörper im laufenden Betrieb durch das Erfassen der Raum-Temperaturen im zeitlichen Verlauf und Abgleich mit den Sollwerten</p>

Arbeitsschritt nach [VdZ-Fachregel]		Zweck / unmittelbares Ziel	Umsetzung /Vorgehensweise	
			Verfahren B nach [VdZ-Fachregel]	AVALON-System
				<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Übermittlung von entsprechenden Hinweisen über die Applikation (z. B. direkt an den zuständigen SHK-Betrieb)</li> <li>✓ Überprüfung und ggf. anschließender Austausch der betroffenen Heizkörper zeitnah nach der Fehlermeldung (Dimensionierung der neuen Heizflächen anhand der auf Basis des vereinfachten Verfahrens nach DIN EN 12831-1 in Verbindung mit DIN/TS 12831-1 berechneten Raumheizlast)</li> </ul> <p>Die Gleichwertigkeit mit der im Abschnitt 3 der [VdZ-Fachregel] beschriebenen Heizflächenoptimierung wird bei dem Einsatz des AVALON-Systems nicht direkt zum Zeitpunkt des Einbaus, sondern im laufenden Betrieb der Anlage über die integrierte Funktionalität erreicht. Werden vom System unterdimensionierte Heizflächen erkannt, ist für die Dimensionierung der neuen Heizflächen in dem jeweiligen Raum eine Heizlast auf Basis des vereinfachten Verfahrens nach DIN EN 12831-1 in Verbindung mit DIN/TS 12831-1 zu bestimmen.</p>
3.	Hydraulischer Abgleich	Anpassung der tatsächlichen Volumenströme auf die Soll-Volumenströme = Anpassung der hydraulischen Widerstände	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ermittlung der Voreinstellwerte aus der separat zu beauftragenden Rohrnetzrechnung oder</li> <li>✓ Ermittlung der Voreinstellwerte bei funktionsfähigem bestehendem Rohrnetz mit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ raumweiser Vergleich der gemessenen Gradienten der Raumtemperaturveränderungen im laufenden Betrieb (alle 5 bis 10 Minuten) und anschließende Anpassung der Ventilposition in den</li> </ul>

Arbeitsschritt nach [VdZ-Fachregel]		Zweck / unmittelbares Ziel	Umsetzung /Vorgehensweise	
			Verfahren B nach [VdZ-Fachregel]	AVALON-System
			<p>großen Teilen einer Altinstallation des Rohrnetzes im nicht sichtbaren Bereich durch Annahme von Rohrlängen und Nennweiten oder</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bestimmung der Einstellwerte durch Messverfahren</li> <li>✓ ggf. Einbau von Differenzdruckreglern</li> <li>✓ ggf. kann auf eine Druckverlustberechnung bei Verwendung von Thermostatventilen mit automatischer Durchflussbegrenzung verzichtet werden</li> </ul>	<p>beheizten Räumen→ keine Ermittlung der Voreinstellwerte erforderlich</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ dynamische Anpassung der hydraulischen Widerstände an veränderte Wärmeeinträge oder -lasten bzw. Nutzereingriffe</li> </ul> <p>Die Gleichwertigkeit mit dem nach Durchführen der im Abschnitt 4 der [VdZ-Fachregel] beschriebenen Maßnahmen zur Anpassung der tatsächlicher Volumenströme an die Soll-Volumenströme bei einem konventionellen hydraulischen Abgleich eintretenden Effekt ist damit bei dem AVALON-System gegeben.</p> <p>Verfahren B lässt außerdem eine messtechnische Ermittlung der Ventileinstellungen zu, diese wird in der [VdZ-Fachregel] nicht genauer beschrieben. Das dem AVALON-System zugrunde liegende Wirkprinzip ist mit einer messtechnischen Untersuchung vergleichbar. Die messtechnische Untersuchung passiert zwar nicht zum Zeitpunkt des Einbaus, aber im laufenden Betrieb während der Heizperiode.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sind keine Thermostatventile mit automatischer Durchflussbegrenzung eingebaut, ist bei einer Entfernung von mehr als 34 m zwischen der Pumpe und dem entferntesten Heizkörper (einfache Rohrlänge) die Notwendigkeit des Einbaus von Differenzdruckreglern rechnerisch zu</li> </ul>

Arbeitsschritt nach [VdZ-Fachregel]		Zweck / unmittelbares Ziel	Umsetzung /Vorgehensweise	
			Verfahren B nach [VdZ-Fachregel]	AVALON-System
				überprüfen und ggf. Differenzdruckregler einzubauen. Ein Differenzdruckregler ist bei Differenzdrücken am Thermostatventil (mit konventioneller Voreinstellung) größer 150 mbar entsprechend der [VdZ-Fachregel] notwendig. <sup>3</sup>
4.	Anpassung einer außentemperaturgeführten Vorlauftemperaturregelung	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Einstellung einer nutzungs- und gebäudeabhängigen Nachtabsenkung</li> <li>✓ Einstellung der Heizkurve <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Einstellen der ermittelten Auslegungsvorlauftemperatur</li> <li>▪ Eingabe der Steilheit und Parallelverschiebung in Abhängigkeit von der Art der Heizflächen</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Einstellung einer nutzungs- und gebäudeabhängigen Nachtabsenkung</li> <li>✓ Einstellung der Heizkurve <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Absenkung der Auslegungsvorlauftemperatur gegenüber dem Zustand vor Einbau des AVALON-Systems um 10 K bei bisherigen Auslegungsvorlauftemperaturen von 70°C oder höher, ansonsten Absenkung um mindestens 5 K</li> <li>▪ Berücksichtigung der in der [VdZ-Fachregel] ausgewiesenen Richtwerte für die Temperaturspreizung in Abhängigkeit vom Wärmeerzeuger</li> <li>▪ Eingabe der Steilheit und der Parallelverschiebung für die Heizkurve in Abhängigkeit von der Art der Heizflächen</li> </ul> </li> </ul>	

<sup>3</sup> Die einfache Rohrlänge von 34 m ergibt sich unter der Annahme, dass bei einem Rohrwidestand  $R=100 \text{ Pa/m}$  und einem Zuschlagsfaktor  $ZF=2,2$  (Vorhandensein von Formstücken und Thermostatventilen) der Differenzdruck von 150 mbar an dem am weitesten von der Pumpe entferntesten Heizkörper nicht überschritten wird. Der Berechnung liegt folgender Zusammenhang zugrunde:  $\Delta p = R * l * ZF$ , wobei  $l$  die Gesamtlänge des Stranges (Vorlauf + Rücklauf) darstellt. Umgestellt nach  $l$  beträgt die Gesamtröhrlänge des Stranges bei einem Differenzdruck  $\Delta p = 150 \text{ mbar}$   $68 \text{ m} \left[ \frac{150 * 100 \text{ Pa}}{\left(100 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} * 2,2\right)} = 68 \text{ m} \right]$ .

Arbeitsschritt nach [VdZ-Fachregel]		Zweck / unmittelbares Ziel	Umsetzung /Vorgehensweise	
			Verfahren B nach [VdZ-Fachregel]	AVALON-System
				<ul style="list-style-type: none"> <li>Ggf. Anpassung der Heizkurve bei Bedarf im laufenden Betrieb</li> </ul>
5.	Verteilung und Druckhaltung	Auswahl / Einstellen der Heizkreispumpe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falls keine separate Rohrnetzrechnung beauftragt, dann               <ul style="list-style-type: none"> <li>Übernahme Volumenstrom aus dem Arbeitsschritt Nr. 3</li> <li>Schätzung der Förderhöhe anhand der einfachen Rohrlänge und aller Komponenten (z. B. mit einem Datenschieber)</li> <li>Pumpenauswahl/-einstellung nach Herstellerdaten (Pumpenkennlinien/-diagramme) oder</li> <li>Einsatz von Pumpen mit automatischer Adaption</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Überschlägige Berechnung des Volumenstroms               <ul style="list-style-type: none"> <li>bei Gebäuden bis 500 m<sup>2</sup> Wohn- bzw. Nutzfläche je Heizkreis mit eigener Pumpe / Differenzdruckregler                   <math display="block">\dot{V}_{Austl} = \frac{\dot{q}_{HL} \cdot A}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta\vartheta_{Austl}} \cdot 3,6 \cdot 10^6 \frac{l \cdot s}{m^3 \cdot h}</math>                   mit                   <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\dot{q}_{HL}</math> spez. Heizlast aus Tabelle 1 der [VdZ-Fachregel] W/m<sup>2</sup></li> <li><math>A</math> gesamte beheizte Fläche in m<sup>2</sup></li> <li><math>\rho</math> Dichte von Wasser in kg/m<sup>3</sup></li> <li><math>c_p</math> spez. Wärmekapazität in J/(kg K)</li> <li><math>\Delta\vartheta_{Austl}</math> Auslegungsspreizung in K</li> </ul> </li> <li>bei Gebäuden mit mehr als 500 m<sup>2</sup> Wohn- bzw. Nutzfläche je Heizkreis mit eigener Pumpe / Differenzdruckregler                   <math display="block">\dot{V}_{Austl} = \frac{\Phi_{HL,build}}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta\vartheta_{Austl}} \cdot 3,6 \cdot 10^6 \frac{l \cdot s}{m^3 \cdot h}</math>                   mit                   <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\Phi_{HL,build}</math> Gebäudeheizlast auf Basis eines nach DIN EN 12831-1 bzw.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

Arbeitsschritt nach [VdZ-Fachregel]		Zweck / unmittelbares Ziel	Umsetzung /Vorgehensweise	
			Verfahren B nach [VdZ-Fachregel]	AVALON-System
				DIN/TS 12831-1 zugelassenen Verfahrens, in W $\rho$ Dichte von Wasser in kg/m <sup>3</sup> $cp$ spez. Wärmekapazität in J/(kg K) $\Delta\vartheta_{Ausl}$ Auslegungsspreizung in K ✓ weitere Vorgehensweise wie im Verfahren B
		Druckhaltung	✓ Überprüfen der Einbausituation, der Druckwerte und der Dimensionierung	✓ Vorgehensweise wie im Verfahren B
6.	Dämmung von Rohrleitungen		✓ Hinweisen auf Anforderungen des GEG zur Dämmung von Rohrleitungen, Armaturen oder Rohrhalterungen beim Vorhandensein von völlig oder teilweise nicht gedämmten frei zugänglichen Rohrleitungen ✓ darüberhinausgehende Beratung zu höheren Dämmstärken insbesondere zur Erreichung anspruchsvoller BEG-Effizienzhausstandards	✓ Vorgehensweise wie im Verfahren B
7.	Dokumentation		✓ geeignete Dokumentation der durchgeführten Arbeiten und vorgenommenen Einstellungen (Umfang und die Form entsprechend Vereinbarung zwischen Fachbetrieb und Kunden), zumindest jedoch Angaben zu <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ hydraulischer Abgleich: Einstellwert, Volumenstrom und Druckverlust (je Ventil), Volumenstrom und Förderhöhe (je Pumpe)</li> </ul>	✓ geeignete Dokumentation der durchgeführten Arbeiten und vorgenommenen Einstellungen (Umfang und die Form entsprechend Vereinbarung zwischen Fachbetrieb und Kunden), zumindest jedoch Angaben zu <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ hydraulischer Abgleich: Volumenstrom und Förderhöhe (je Pumpe)</li> <li>✓ Heizlast Gebäude und eingestellte Leistung Wärmerezeuger</li> </ul>



Arbeitsschritt nach [VdZ-Fachregel]	Zweck / unmittelbares Ziel	Umsetzung /Vorgehensweise	
		Verfahren B nach [VdZ-Fachregel]	AVALON-System
		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Heizlast Gebäude und eingestellte Leistung Wärmeerzeuger</li> <li>✓ raumweise Heizlast</li> <li>✓ Auslegungstemperatur und Einstellung Regelung</li> <li>✓ Vor-, Füll- und Enddruck Ausdehnungsgefäß</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Auslegungstemperatur und Einstellung Regelung</li> <li>✓ Vor-, Füll- und Enddruck Ausdehnungsgefäß</li> <li>✓ Der Prozess des hydraulischen Abgleichs mit dem AVALON-System ist abgeschlossen, wenn in den Räumen die Heizflächen überprüft und ggf. ausgetauscht wurden, in denen das AVALON-System im laufenden Betrieb merklich unterdimensionierte Heizkörper durch das Erfassen der Raum-Temperaturen im zeitlichen Verlauf und Abgleich mit den Sollwerten detektiert und eine Fehlermeldung über die App übermittelt hat.</li> </ul>

## 5 Zusammenfassung

Aus Sicht der Energieeffizienz und des Komforts liegt ein auslegungsgemäßer Betrieb eines Warmwasserheizungsnetzes vor, wenn alle angeschlossenen Wärmeübergabesysteme mit den gemäß ihrer Bemessung notwendigen Wassermasseströmen mit der korrekten Heizwassertemperatur durchströmt werden und damit kein Übergabesystem unterversorgt bzw. übersorgt wird. Um diesen Zustand zu erreichen, ist die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs unabdingbar. Dabei fasst der hydraulische Abgleich alle Tätigkeiten zusammen, die zu einem hydraulisch abgeglichenen System bzw. einer balancierten Anlage führen.

Bei dem von der Firma Blossom-ic angebotenen AVALON-System handelt es sich um elektronische Funk-Heizkörperthermostate, die durch die integrierte Funkfunktionalität (entsprechende Sensorik und Aktorik) eine dem konventionellen hydraulischen Abgleich nach Verfahren B entsprechend Abschnitt 4 der [VdZ-Fachregel] mindestens gleichwertige Wirkung erzielen. Der Regelalgorithmus des AVALON-Systems basiert dabei auf der Auswertung der Temperaturverläufe (insbesondere während der Aufheizphasen) in den mit den AVALON-Thermostaten ausgestatteten Räumen. Alle 5 bzw. 10 Minuten werden die Gradienten der Raumtemperaturveränderungen verglichen und danach die Ventilposition entsprechend angepasst. Ist der Temperaturanstieg in einem bzw. mehreren Räumen schneller als in den anderen Räumen, werden die Heizkörper in den Räumen mit schnellerem Temperaturanstieg in der Aufheizphase eingedrosselt, bis ein gleichmäßiger Anstieg der gemessenen Raumtemperatur in allen Räumen vorliegt. Dabei handelt es sich um einen selbstlernenden, dynamischen Prozess, bei dem z. B. nutzerbedingte Veränderungen im laufenden Betrieb insbesondere bei Veränderung der Raum-Solltemperatur in ausgewählten Räumen ausgeglichen werden können.

Das Erfassen der Raumtemperaturen im zeitlichen Verlauf und der Abgleich mit den Sollwerten bietet außerdem die Möglichkeit, Heizkörper zu detektieren, deren Leistung der Raumheizlast nicht entspricht. Wird in einem Raum die Solltemperatur während der Nutzungszeit über definierten Zeitraum (im Algorithmus definierte Anzahl von Stunden) bzw. der mittlere Aufheizgradient nicht erreicht, wird der Benutzer (bzw. der zuständige SHK-Betrieb) über die entsprechende Applikation darauf hingewiesen, dass die Heizkörperleistung möglicherweise zu niedrig ist (der Heizkörper zu klein dimensioniert ist) und eine rechnerische Überprüfung bis hin zum anschließenden Austausch des Heizkörpers erforderlich ist. Damit wird die Gleichwertigkeit mit der im Abschnitt 3 der [VdZ-Fachregel] beschriebenen Heizflächenoptimierung nach Verfahren B bei dem Einsatz des AVALON-Systems nicht direkt zum Zeitpunkt des Einbaus, sondern im laufenden Betrieb der Anlage über die integrierte Funkfunktionalität erreicht.

Der mit der Installation eines AVALON-Systems eintretende Effekt ist mit einem konventionellen hydraulischen Abgleich nach Verfahren B entsprechend Abschnitt 4 der [VdZ-Fachregel] mindestens vergleichbar.

Die in der [VdZ-Fachregel] beschriebenen über den reinen hydraulischen Abgleich hinausgehenden Arbeiten zur Optimierung der Heizungsanlage, z. B. anschließende Optimierung der Betriebsparameter von Wärmeerzeugern sowie Umwälzpumpen sind beim Einbau des AVALON-Systems bei bestehenden hydraulischen Netzen entsprechend der in Tabelle 2 zur Erreichung der Gleichwertigkeit mit Verfahren B (s. Abschnitt 4) ausgewiesenen Vorgehensweise durchzuführen.

**Beim Einbau des AVALON-Systems und zusätzlicher Umsetzung der in Tabelle 2 genannten Maßnahmen/Arbeitsschritte werden die Anforderungen des GEG und der BEG-Förderrichtlinien an die Durchführung des hydraulischen Abgleichs erfüllt, es wird außerdem eine Gleichwertigkeit zu den in der EnSimiMaV enthaltenen Anforderungen an den hydraulischen Abgleich erreicht.**

Die im Folgenden ausgewiesene Anleitung stellt die Umsetzung der o.g. Tabelle bei bestehenden hydraulischen Netzen dar.

Im Neubau (bzw. bei erstmaligem Einbau) erfolgt eine fachgerechte Planung und Installation der Heizungsanlage nach anerkannten Regeln der Technik. Das beinhaltet:

- raumweise Heizlastberechnung und Auslegung der Heizflächen,
- Bestimmung der Gebäudeheizlast zur Dimensionierung des Wärmeerzeugers,
- Rohrnetzberechnung und Auslegung des Verteilsystems,
- Dimensionierung und Auslegung der Pumpe.

Die in diesem Dokument für den Altbau getroffenen Vereinfachungen finden im Neubau keine Anwendung.

Abweichend zur Vorgehensweise beim Einbau von konventionellen Thermostatventilen kann beim Einbau des AVALON-Systems auf die Voreinstellung der Ventile zum hydraulischen Abgleich nach Abschnitt 4 der [VdZ-Fachregel] verzichtet werden.

Bei kleineren hydraulischen Netzen kann beim Einbau des AVALON-Systems auf die Installation von Strang-/ Differenzdruckreglern verzichtet werden, solange sichergestellt wird, dass die Ventile an den Übergabeeinrichtungen im vorgesehenen Arbeitsbereich betrieben werden.

## Anleitung für den hydraulischen Abgleich mit AVALON-System bei bestehenden hydraulischen Netzen entsprechend Verfahren B der VdZ-Fachregel

1. Raumbegehung und Prüfung/Feststellung der Funktionsfähigkeit von Heizflächen, besonders auch leistungsmindernder Einflüsse durch Einbausituation oder mehrfache Anstriche
2. Falls erforderlich Tausch der defekten Heizkörper - Dimensionierung der neuen Heizflächen anhand der auf Basis des vereinfachten Verfahrens nach DIN EN 12831-1 in Verbindung mit DIN/TS 12831-1 berechneten Raumheizlast
3. Ggf. Optimierung der Einbausituation (falls erforderlich und möglich)
4. Anschließende Installation des AVALON-Systems entsprechend der Montageanleitung des Herstellers und Inbetriebnahme des AVALON-Systems
5. Falls das System im laufenden Betrieb merklich unterdimensionierte Heizkörper durch das Erfassen der Raum-Temperaturen im zeitlichen Verlauf und Abgleich mit den Sollwerten detektiert und eine Fehlermeldung über die Applikation übermittelt, dann Überprüfung und ggf. anschließender Austausch der betroffenen Heizkörper zeitnah nach der Fehlermeldung (Dimensionierung der neuen Heizflächen anhand der auf Basis des vereinfachten Verfahrens nach DIN EN 12831-1 in Verbindung mit DIN/TS 12831-1 berechneten Raumheizlast für die betroffenen Räume)
6. Einstellung einer nutzungs- und gebäudeabhängigen Nachtabsenkung
7. Einstellung der Heizkurve
  - Absenkung der Auslegungsvorlauftemperatur gegenüber dem Zustand vor Einbau des AVALON-Systems um 10 K bei bisherigen Auslegungsvorlauftemperaturen von 70°C oder höher, ansonsten Absenkung um mindestens 5 K
  - Berücksichtigung der Richtwerte für die Temperaturspreizung in Abhängigkeit vom Wärmeerzeuger (z. B.  $\Delta T = 10 \text{ K}$  bis  $20 \text{ K}$  für Standard-Heizungsanlagen, 8 bis  $10 \text{ K}$  für Wärmepumpen)
  - Eingabe der Steilheit und der Parallelverschiebung für die Heizkurve in Abhängigkeit von der Art der Heizflächen
8. ggf. Anpassung der Heizkurve im laufenden Betrieb (nach Bedarf) entsprechend automatisch generierter Empfehlung des Systems
9. Berechnung des Volumenstroms (Gesamtdurchflusses in l/h)
  - a. bei Gebäuden bis 500 m<sup>2</sup> Wohn- bzw. Nutzfläche je Heizkreis mit eigener Pumpe / Differenzdruckregler

$$\dot{V}_{Ausl} = \frac{\dot{q}_{HL} \cdot A}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta\vartheta_{Ausl}} \cdot 3,6 \cdot 10^6 \frac{l \cdot s}{m^3 \cdot h}$$

mit

$A$  gesamte beheizte Fläche in m<sup>2</sup>

- $\rho$  Dichte von Wasser in kg/m<sup>3</sup>
- $c_p$  spez. Wärmekapazität in J/(kg K)
- $\Delta\vartheta_{Ausl}$  Auslegungsspreizung in K (z. B.  $\Delta T = 10$  K bis 20 K für Standard-Heizungsanlagen, 8 bis 10 K für Wärmepumpen)
- $\dot{q}_{HL}$  spez. Heizlast in Abhängigkeit von der beheizbaren Nutzfläche nach Tabelle 1 der zum Zeitpunkt der Berechnung gültigen VdZ-Fachregel, in W/m<sup>2</sup> (In folgender Tabelle werden die der VdZ-Fachregel vom April 2022 zugrunde gelegten Werte ausgewiesen).

Beheizbare Nutzfläche in m <sup>2</sup>	Wärmeschutzstandard des Gebäudes*)					
	ab 2009	2002 bis 2008	1995 bis 2001	1984 bis 1994	1978 bis 1983	bis 1977
	Heizlast in W/m <sup>2</sup>					
100	38	45	67	99	115	163
125	38	45	67	98	114	162
150	37	44	66	98	114	161
200	37	44	65	97	113	160
300	36	43	64	95	110	157
500	33	40	60	90	105	150
1000	32	39	59	88	103	148
1500	31	38	58	87	101	145
2000	30	37	56	85	99	143
3000	28	35	54	82	95	138

\*) Maßgebend für die Einordnung ist das Jahr der Fertigstellung des Gebäudes bzw. das energetische Niveau, auf welches das Gebäude nachträglich saniert wurde. Bei einem zum BEG-Effizienzhaus (außer Denkmal) sanierten Gebäude sind die Werte aus der Spalte „ab 2009“ zu verwenden.

- b. bei Gebäuden mit mehr als 500 m<sup>2</sup> Wohn- bzw. Nutzfläche je Heizkreis mit eigener Pumpe / Differenzdruckregler

$$\dot{V}_{Ausl} = \frac{\Phi_{HL,build}}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta\vartheta_{Ausl}} \cdot 3,6 \cdot 10^6 \frac{l \cdot s}{m^3 \cdot h}$$

mit

- $\Phi_{HL,build}$  Gebäudeheizlast auf Basis eines nach DIN EN 12831-1 bzw. DIN/TS 12831-1 zugelassenen Verfahrens
- $\rho$  Dichte von Wasser in kg/m<sup>3</sup>
- $c_p$  spez. Wärmekapazität in J/(kg K)
- $\Delta\vartheta_{Ausl}$  Auslegungsspreizung in K (z. B.  $\Delta T = 15$  K bis 20 K für Standard-Heizungsanlagen, 8 bis 10 K für Wärmepumpen)

10. Sind keine Thermostatventile mit automatischer Durchflussbegrenzung eingebaut, ist bei einer Entfernung von mehr als 34 m zwischen der Pumpe und dem entferntesten Heizkörper (einfache Rohrlänge) die Notwendigkeit des Einbaus von Differenzdruckreglern rechnerisch zu überprüfen und ggf. Differenzdruckregler

einzubauen. Ein Differenzdruckregler ist bei Differenzdrücken am Thermostatventil (mit konventioneller Voreinstellung) größer 150 mbar entsprechend der VdZ-Fachregel notwendig.

11. Schätzung der Förderhöhe anhand der einfachen Rohrlänge und aller Komponenten (z. B. mit einem Datenschieber)
12. Pumpenauswahl/-einstellung nach Herstellerdaten (Pumpenkennlinien/-diagramme) oder Einsatz von Pumpen mit automatischer Adaption
13. Hinweisen auf Anforderungen des GEG zur Dämmung von Rohrleitungen, Armaturen oder Rohrhalterungen beim Vorhandensein von völlig oder teilweise nicht gedämmten frei zugänglichen Rohrleitungen
14. Darüberhinausgehende Beratung zu höheren Dämmstärken insbesondere zur Erreichung anspruchsvoller BEG-Effizienzhausstandards
15. Überprüfen der Einbausituation, der Druckwerte und der Dimensionierung von Druckhalteanlagen
16. Falls zusätzlich zum hydraulischen Abgleich der Wärmeerzeuger dimensioniert wird, erfolgt die Berechnung der Gebäudeheizlast auf Basis eines nach DIN EN 12831-1 bzw. DIN/TS 12831-1 zugelassenen Verfahrens.
17. Der Prozess des hydraulischen Abgleichs mit dem AVALON-System ist abgeschlossen, wenn in den Räumen die Heizflächen überprüft und ggf. ausgetauscht wurden, in denen das AVALON-System im laufenden Betrieb merklich unterdimensionierte Heizkörper durch das Erfassen der Raum-Temperaturen im zeitlichen Verlauf und Abgleich mit den Sollwerten detektiert und eine Fehlermeldung über die App übermittelt hat.
18. Geeignete Dokumentation der durchgeführten Arbeiten und vorgenommenen Einstellungen (Umfang und die Form entsprechend Vereinbarung zwischen Fachbetrieb und Kunden), zumindest jedoch Angabe von
  - Hydraulischer Abgleich: Volumenstrom und Förderhöhe (je Pumpe)
  - Heizlast Gebäude und eingestellte Leistung Wärmeerzeuger
  - Auslegungstemperatur und Einstellung Regelung
  - Vor-, Füll- und Enddruck Ausdehnungsgefäß

## 6 Literatur

- [ASUE] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., Hydraulischer Abgleich von Heizungsanlagen in Frage und Antwort, 10/2017
- [BEG EM] Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM) vom 21. Dezember 2023 (Banz AT 29.12.2023 B1)
- [dena] Deutsche Energie-Agentur GmbH, Hydraulischer Abgleich, So wird es behaglich! [...], 02/2017
- [DIN 18380] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., DIN 18380:2019-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Heizanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen, Berlin, 09/2019
- [GEG] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG) vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 16. Oktober 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 280) geändert worden ist"
- [HLK-Bericht\_1] HLK Stuttgart GmbH, AVALON – elektronische Thermostate für Regelung und hydraulischen Abgleich, Bericht Nr. H.1810.S.453.BIC, Stuttgart, 11/2018
- [HLK-Bericht\_2] HLK Stuttgart GmbH, AVALON COMBO – elektronische Thermostate für Regelung und hydraulischen Abgleich, Bericht Nr. H.1901.S.470.BIC, Stuttgart, 01/2019
- [SAENA] Sächsische Energieagentur GmbH, Hydraulischer Abgleich für Heizungssysteme.
- [Technische FAQ] Bundesförderung für effiziente Gebäude - Liste der technischen FAQ - Effizienzhäuser / Effizienzgebäude / Klimafreundliche Gebäude, Version 5.0 (05/2023)
- [VdZ-Fachregel] VdZ – Wirtschaftsvereinigung Gebäude und Energie e.V.: VdZ-Fachregel Optimierung von Heizungsanlagen im Bestand, 1. aktualisierte Neuauflage April 2022