



Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden

Forschung und Anwendung GmbH

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

Gutachten zur Eignung des Hera⁺-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

1	Einleitung	2
2	Hydraulischer Abgleich	3
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
3	Hera⁺-System	12
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 Hera ⁺ -Systems	22
4	Eignung des Hera⁺-Systems für den hydraulischen Abgleich nach Verfahren B	24
5	Zusammenfassung	30
6	Literatur	37

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 Hera⁺-System handelt es sich um funkbasiertes System zur Fußbodenheizungssteuerung, das durch die integrierte Funktionalität (entsprechende Sensorik und Aktorik im Informationsverbund) eine dem konventionellen hydraulischen Abgleich mindestens vergleichbare Wirkung erzielen soll. Mit dem Hera⁺-System soll eine praktikable Möglichkeit der Durchführung des hydraulischen Abgleichs insbesondere in Bestandsgebäuden mit vorhandenen integrierten Heizflächen 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 vorliegende Gutachten beurteilt die Eignung des Hera⁺-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
ϑ_V und ϑ_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 Heizflächen 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 am Beispiel eines Heizungsnetzes mit Heizkörpern gegenübergestellt.

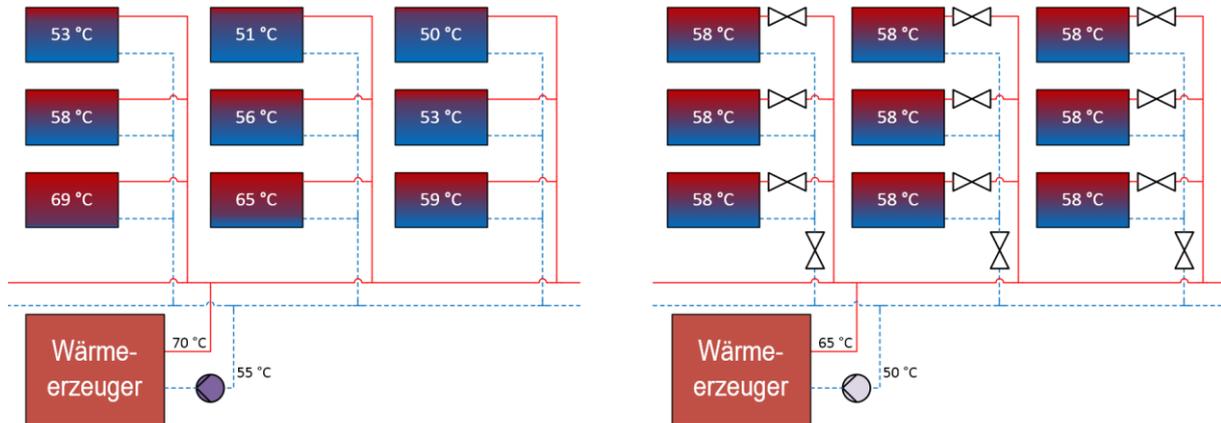


Abbildung 1: Vergleich eines hydraulisch nicht abgeglichene Heizungsnetzes (links) und eines hydraulisch abgeglichene Heizungsnetzes (rechts)

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 integrierten Heizflächen (Fußbodenheizung) entsprechend den Gliederungspunkten wie folgt zusammengefasst werden¹:

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

¹ Die Fachregel beschreibt hauptsächlich die Vorgehensweise zum hydraulischen Abgleich bei Heizungsanlagen mit freien Heizflächen. Die Vorgehensweise bei Fußbodenheizung wird als Sonderfall in der Fachregel beschrieben. Wegen der fehlenden Relevanz für das bewertete Hera+-System wird die nur für freie Heizflächen notwendige Vorgehensweise im vorliegenden Gutachten nicht näher betrachtet.

Verfahren A:

- 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

- Vorab-Prüfung, ob eine Heizflächenoptimierung von Fußbodenheizungen überhaupt technisch und wirtschaftlich machbar ist
- Konkrete Vorgehensweise zur Heizflächenoptimierung und zur Ermittlung der Auslegungsvorlauftemperatur für Verfahren B nicht beschrieben

4. Hydraulischer Abgleich

- Anpassung der tatsächlichen Volumenströme in den einzelnen Teilsystemen auf die berechneten Soll-Volumenströme
- Ggf. Vorarbeiten erforderlich: Visuelle Überprüfung der vorhandenen Rohrleitungen, ggf. weitere Maßnahmen, z. B. Spülung, Austausch überdimensionierter Rohrabschnitte
- eigentlicher Abgleich auf Basis folgender Verfahren

Verfahren A:

- Ermittlung des hydraulischen Abgleiches durch Einregulierung über den Volumenstrom ohne Ermittlung des Verlegeabstandes:
 - Verwendung der nach Nr. 2 abgeschätzten raumweisen Heizlast für Verfahren A oder der nach Nr. 2 berechneten raumweisen Heizlast für Verfahren B
 - Vorgabe der Spreizung von 5 – 10 K (Richtwert: 8 K, Bad / Dusche: 5 K) und Ermittlung der Volumenströme
 - Einregulierung am Verteiler mit Durchflussmessern/-begrenzern oder -reglern
- Abschätzung des restlichen Netzes mit den mutmaßlichen Volumenströmen und einem pauschalen Druckverlust für Verteiler und Fußbodenheizkreise

Verfahren B:

- Variante 1: Ermittlung des hydraulischen Abgleiches durch Einregulierung über den Volumenstrom ohne Ermittlung des Verlegeabstandes:
 - Verwendung der nach Nr. 2 abgeschätzten raumweisen Heizlast für Verfahren A oder der nach Nr. 2 berechneten raumweisen Heizlast für Verfahren B

- Vorgabe der Spreizung von 5 – 10 K (Richtwert: 8 K, Bad / Dusche: 5 K) und Ermittlung der Volumenströme
 - Einregulierung am Verteiler mit Durchflussmessern/-begrenzern oder -reglern
 - Variante 2: Berechnung des hydraulischen Abgleiches bei zu ermittelndem Verlegeabstand
 - Verwendung der nach Nr. 2 abgeschätzten raumweisen Heizlast für Verfahren A oder der nach Nr. 2 berechneten raumweisen Heizlast für Verfahren B
 - Ermittlung des Verlegeabstandes mit thermochromen Folien oder mittels einer Infrarotkamera an repräsentativen Stellen im Raum. Dabei ist auf eventuelle Randzonen zu achten.
 - Aufteilung der Fläche nach der ermittelten Verteilung auf die einzelnen Ventile am Verteiler.
 - Nachberechnung mit einem Softwareprodukt unter Beachtung des Oberflächenbelages. Der hydraulische Abgleich wird in diesem Fall für das komplette System berechnet.
 - Abschätzung des restlichen Netzes mit den mutmaßlichen Volumenströmen und einem pauschalen Druckverlust für Verteiler und Fußbodenheizkreise
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 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 Rohrnetzrechnung, 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 Hera⁺-System

3.1 Beschreibung des Systems und der Funktionalitäten

Das Hera⁺-System besteht aus Funk-Raumthermostaten (s. Abbildung 2), Funk-Fußbodenheizungsleisten (Basis- und evtl. Erweiterungsleisten) und Stellantrieben (vgl. Abbildung 3), die über Gateway-Einheiten (s. Abbildung 4) miteinander korrespondieren. Einem Gateway können bis zu 150 Heizkreise zugeordnet werden. Je nach Komplexität des Heizungssystems werden die Gateways hierarchisch so miteinander gekoppelt, dass eine zentrale Steuereinheit für die jeweilige Heizungsanlage generiert wird.



Abbildung 2: Funk-Raumthermostat Hera⁺ (links) Hera Direct⁺ (rechts)

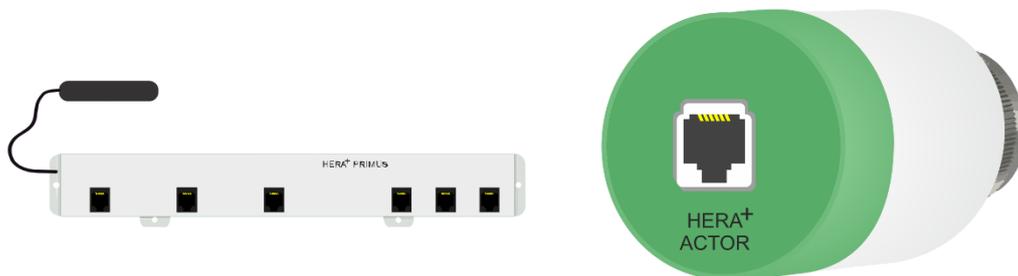


Abbildung 3: Funk-Fußbodenheizungsleiste Hera⁺ Primus (links) und Stellantrieb Hera⁺ Actor (rechts)



Abbildung 4: Gateway-Einheit – zentrale Steuereinheit für das Hera⁺-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 Hera⁺-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 in den mit den Hera⁺-Thermostaten ausgestatteten Räumen. Alle 5 bzw. 10 Minuten werden die Gradienten der Raumtemperaturveränderungen verglichen und danach die Ventilposition über die Stellantriebe minutenweise entsprechend angepasst. Auf der Basis dieses Algorithmus erfolgt dann die dynamische Anpassung der hydraulischen Widerstände an veränderte Wärmeeinträge oder -lasten bzw. Nutzereingriffe. Die Ventile 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 Ventile, dabei werden die Heizkreise, die sich näher an der zentralen Heizungspumpe befinden, zuerst versorgt und z.T. übertersorgt. Die Heizkreise/Räume, die hydraulisch ungünstig gelegen sind, werden zunächst unterversorgt.
- Erst, wenn die anfangs übertersorgten 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 insbesondere während der Aufheizphase ein sehr guter Indikator zur Feststellung der Unter-/Übertersorgung der betroffenen Heizflächen/Heizkreise². Diesen Indikator nutzt der Regelalgorithmus des Hera⁺-Systems und vergleicht die zeitlichen Temperaturverläufe in den einzelnen Räumen. Ist der Temperaturanstieg in einem bzw. mehreren Räumen schneller als in den anderen Räumen, werden die Ventile der betroffenen Heizkreise mit schnellerem Temperaturanstieg eingedrosselt, bis ein gleichmäßiger Anstieg der gemessenen Raumtemperatur in allen Räumen vorliegt. Werden Räume mit mehreren Heizkreisen versorgt, kann aus der im Minutentakt stattfindenden Messung der Rücklaufemperatur der einzelnen Heizkreise auf zu hohe bzw. niedrige Masseströme in den Heizkreisen geschlossen werden und folglich durch entsprechende Anpassung der hydraulischen Widerstände können diese untereinander abgeglichen werden.

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 ausgeglichen werden, was für das Hera⁺-System einen Vorteil gegenüber konventionellem hydraulischem Abgleich darstellt. Darüber hinaus können durch die Auswertung des mittleren Gradienten des

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

Temperaturanstiegs über alle Räume und die Bestimmung der Abweichung zu den Sollwerten Empfehlungen bzw. Korrekturwerte für die Anpassung der Heizkurve durch das Hera⁺-System automatisch generiert werden, was bei konventionellen Systemen noch nicht möglich ist.

3.2 Auswertung der messtechnischen Untersuchung

3.2.1 Einführende Bemerkungen

Eine messtechnische Untersuchung des Hera⁺-Systems wurde von der HLK Stuttgart GmbH durchgeführt. Die angewandte Untersuchungsmethode sowie die Ergebnisse der Untersuchung werden im Bericht Nr. H.1908.S.505.BIC E.1 (folglich [HLK-Bericht]) vom 11. November 2019 dokumentiert.

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

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 Ventile 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 Regler übertragen. Die vom Regelalgorithmus zur Einhaltung der Soll-Raumtemperatur ermittelten erforderlichen Ventilpositionen werden wiederum an die Simulation via Gateway übertragen und bei der Berechnung entsprechend berücksichtigt.

Bei der durchgeführten Emulation werden zwei Fälle unterstellt:

- ein Heizkreis pro Raum
- drei Heizkreise pro Raum.

Bei dem der Emulation zugrunde gelegten Gebäudemodell handelt es sich bei der Betrachtung mit jeweils einem Heizkreis pro Raum um ein Gebäude bestehend aus vier Räumen (2 Süd- und 2 Nordräume) mit unterschiedlicher Entfernung von der zentralen Heizungspumpe. Dabei werden zwei Räume (ein Süd- und ein Nordraum) jeweils am kurzen und am langen Strang angeordnet.

Bei der Emulation mit drei Heizkreisen pro Raum werden nur die zwei nach Süden ausgerichteten Räume berücksichtigt. Für die Heizkreise werden pro Raum unterschiedliche Flächen angenommen. Die Räume sind jeweils am kurzen und am langen Strang angeordnet.

Bei der durchgeführten Emulation wird keine Nachtabsenkung unterstellt. Die Raum-Solltemperatur wird konstant mit 22°C angesetzt.

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 (25.11)
- Milder Heiztag - nahe an der Heizgrenze (21.04 13:00 bis 22.04 13:00 - Fall: 1 Heizkreis pro Raum, 23.04 - Fall: 3 Heizkreise pro Raum)

Für jeden Heiztag werden vier Varianten betrachtet:

- Referenzvariante als „ideales Heizen“ bezeichnet, mit einem entsprechend den HLK-Bericht „rein konvektiven trägheitslosen und ideal geregelten Heizer, dessen Leistung im Bedarfsfall nicht begrenzt ist“
- System ohne hydraulischen Abgleich
- System mit konventionellem hydraulischem Abgleich über Strangreguliertventile
- Hera⁺-System mit dynamischer Anpassung des Ventilhubes an das reale Betriebsverhalten

3.2.3 Ergebnisse der Emulation

Für die Betrachtung mit einem Heizkreis pro Raum können die Ergebnisse der Emulation bezüglich der Temperaturverläufe in den betrachteten Räumen in Abhängigkeit von der Art des hydraulischen Abgleichs wie folgt zusammengefasst werden:

1. Erwartungsgemäß können Nachteile der hydraulisch ungünstigen Anordnung im System (langer und kurzer Strang) durch den konventionellen hydraulischen Abgleich an einem kalten Wintertag ausgeglichen werden. Die Temperaturverläufe der Räume mit gleichen inneren und solaren Wärmeeinträgen jedoch unterschiedlicher Entfernung zur zentralen Heizungspumpe sind nahezu gleich. Bedingt durch die für Fußbodenheizungen typische Trägheit des Systems werden die Raum-Solltemperaturen um bis zu 0,5 K im Tagesverlauf überschritten. (vgl. Abbildung 5, Teilbild 1).
2. Für den gleichen Wintertag zeigt sich bei dem Hera⁺-System eine vergleichbare Übereinstimmung der Temperaturverläufe in den einzelnen Räumen untereinander wie bei dem konventionellen hydraulischen Abgleich. Die Überschreitung der Raum-Solltemperatur fällt geringfügig niedriger aus (vgl. Abbildung 5, Teilbild 2).

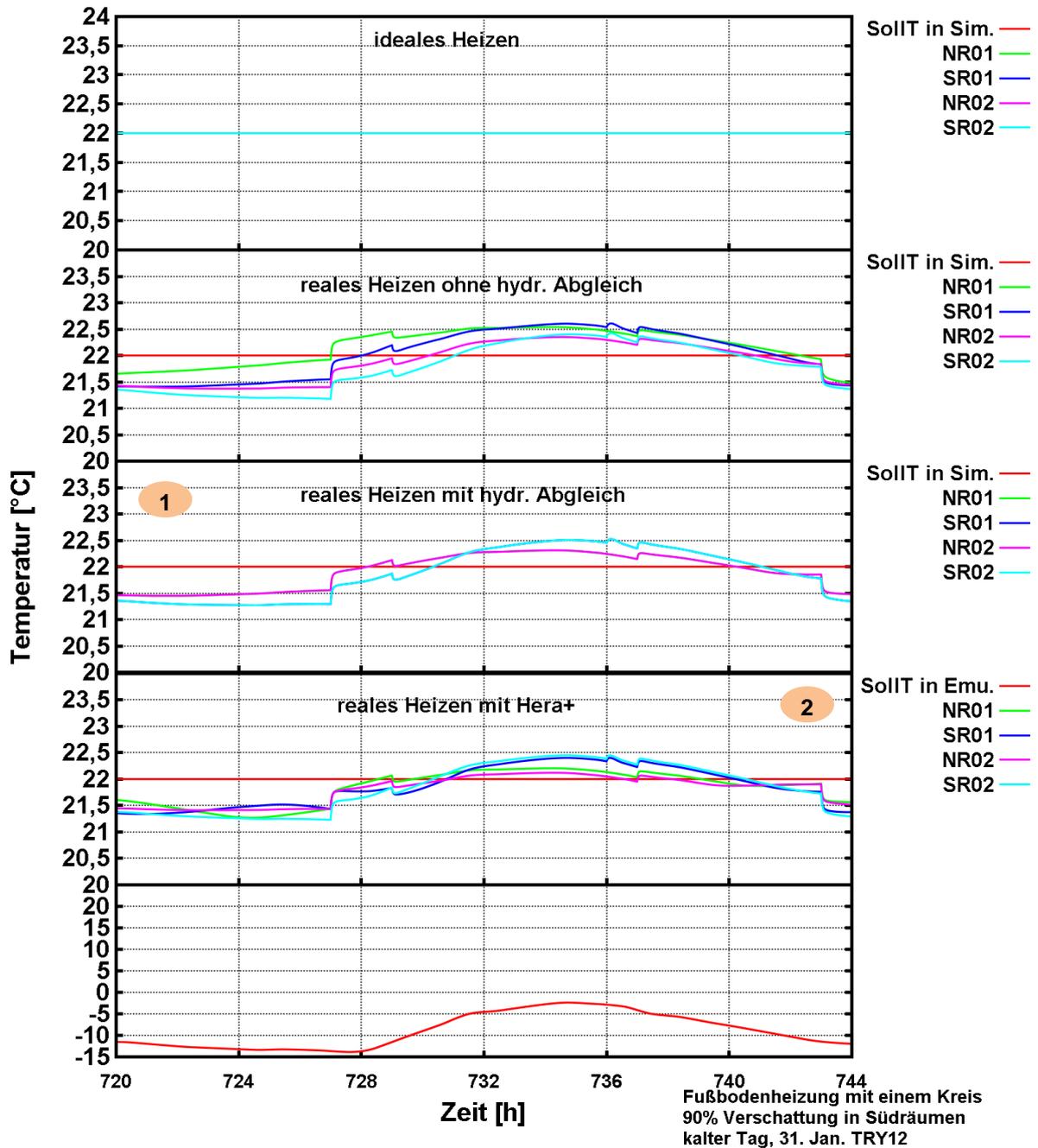


Abbildung 5: Raumtemperaturverläufe an einem kalten Wintertag (Bildquelle: [HLK-Bericht], S. 20)

- An einem im HLK-Bericht als „mittlerer Wintertag“ bezeichneten Heiztag sind die Temperaturverläufe in allen vier Räumen bei der Variante mit dem Hera⁺-System während der definierten Nutzungszeit von 7 bis 23 Uhr untereinander und mit der Raum-Solltemperatur nahezu deckungsgleich (vgl. Abbildung 6, Teilbild 2). Einen ähnlichen Verlauf der Raumtemperaturverläufe zeigt die Variante mit konventionellen hydraulischen Abgleich (vgl. Abbildung 6, Teilbild 1).

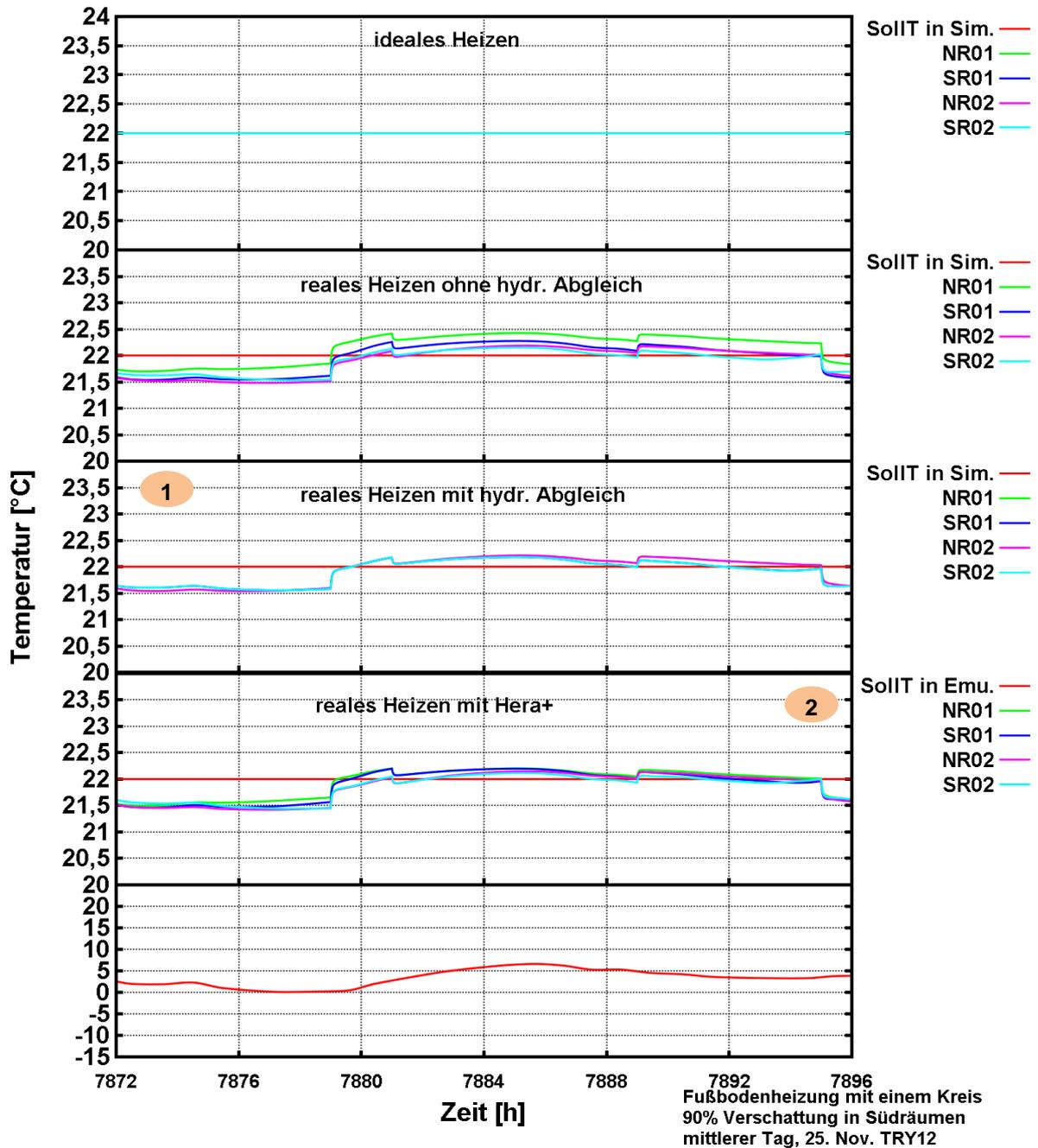


Abbildung 6: Raumtemperaturverläufe an einem mittleren Heiztag (Bildquelle: [HLK-Bericht], S. 22)

4. Anders als bei dem zuvor betrachteten kalten und mittleren Heiztag werden bei dem betrachteten milden Heiztag die Temperaturverläufe an zwei Tagen in der Zeit von 13:00 Uhr bis 13:00 Uhr des Folgetages ausgewiesen. Beide Systeme zeigen vergleichbare Temperaturverläufe. Es kommt in beiden Fällen zu einer Überschreitung der Raum-Solltemperatur von bis zu 1 K (vgl. Abbildung 7, Teilbild 1 und 2).

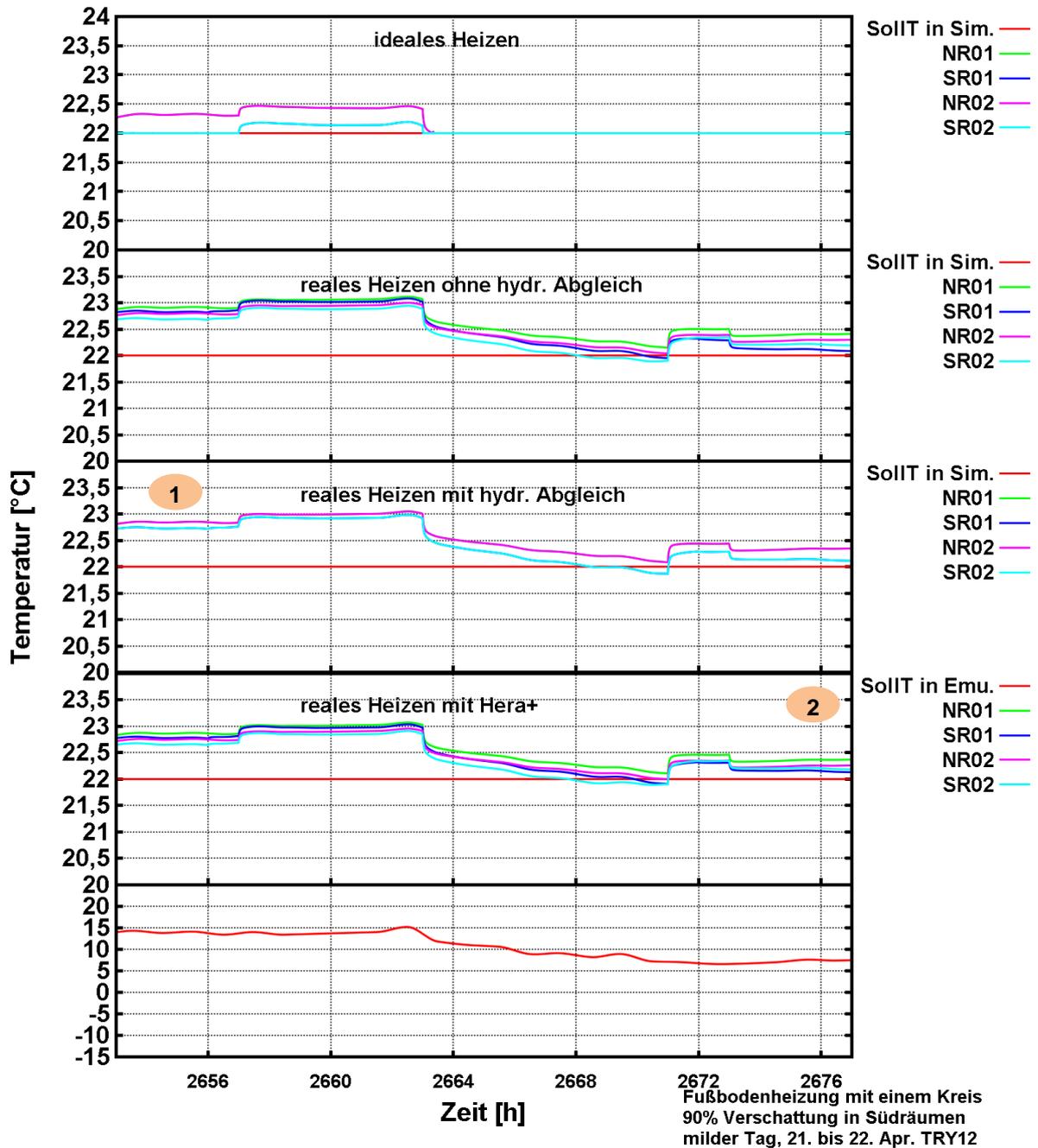


Abbildung 7: Raumtemperaturverläufe an einem milden Heiztag (Bildquelle: [HLK-Bericht], S. 24)

Die Ergebnisse der durchgeführten Emulation mit drei Heizkreisen pro Raum können anhand der resultierenden Temperaturverläufe in den betrachteten Süd-Räumen, die jeweils an einem langen und einem kurzen Verteilstrang angeordnet sind, wie folgt zusammengefasst werden:

1. Die Raumtemperaturverläufe in den beiden Süd-Räumen mit jeweils 3 Heizkreisen (s. Abbildung 8, Teilbild 1, sind grundsätzlich vergleichbar mit den zuvor dargestellten Temperaturverläufen bei der Betrachtung mit einem Heizkreis pro Raum. Geringfügige Unterschiede sind auf die nicht modellierten inneren Lasten während der Nutzungszeit zurückzuführen.

2. Die in der Abbildung 8, Teilbild 2 ausgewiesenen Verläufe der Rücklauftemperaturen der einzelnen unterschiedlich großen Heizkreise pro Raum zeigen an einem kalten Wintertag eine gute Übereinstimmung, woraus auf einen hydraulisch abgeglichenen Zustand geschlossen werden kann.

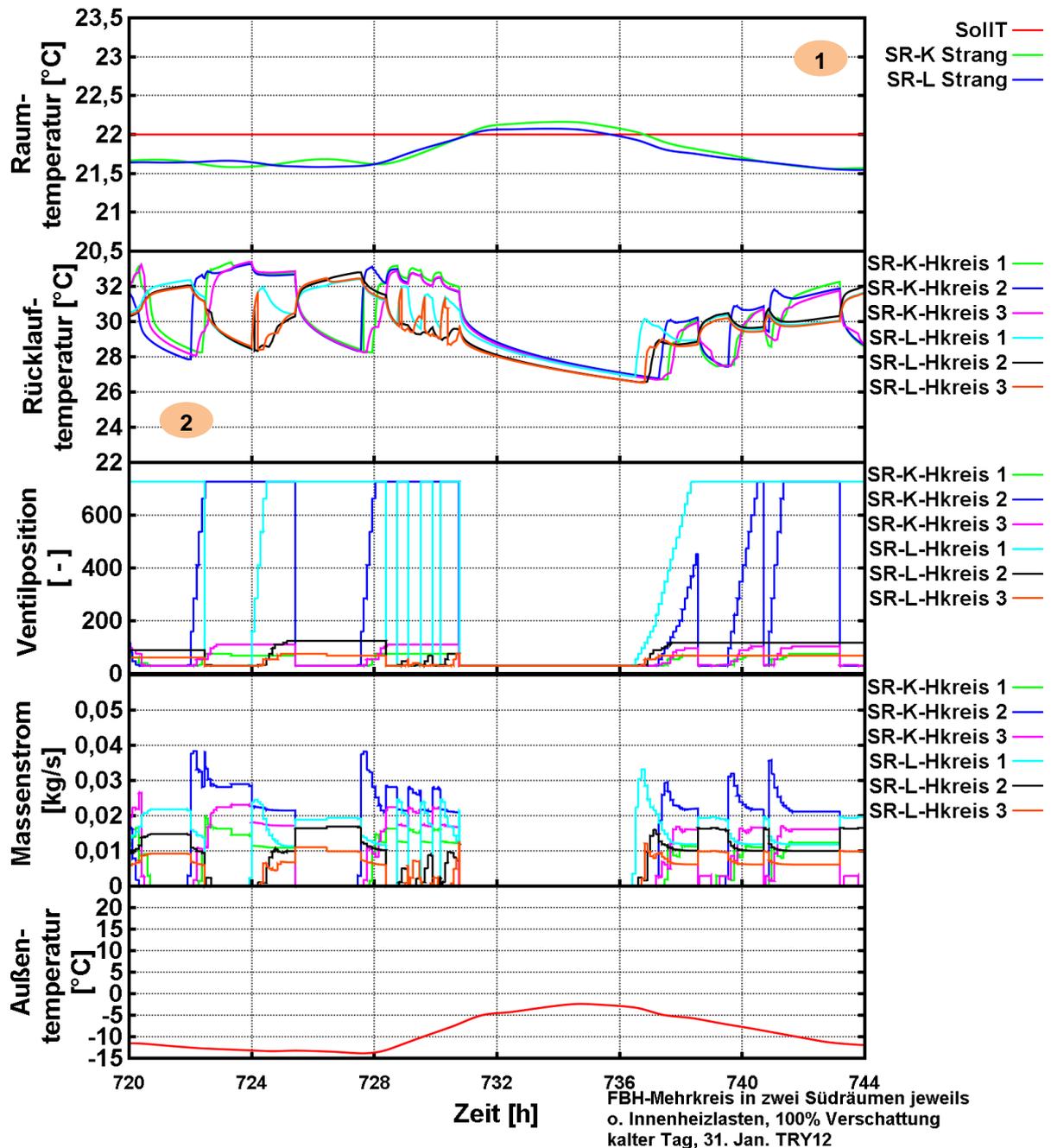


Abbildung 8: Zeitliche Verläufe an einem kalten Wintertag (Bildquelle: [HLK-Bericht], S. 25)

3. Entsprechend Abbildung 9, Teilbild 1 und 2 sind die Verläufe der Raumtemperaturen untereinander bei Betrachtung mit konventionellem hydraulischem Abgleich und der Berücksichtigung des Hera⁺-Systems deckungsgleich. Gegenüber der Variante mit konventionellem hydraulischem Abgleich findet bei dem Hera⁺-System fast keine Überwärmung der Räume an dem betrachteten kalten Heiztag statt.

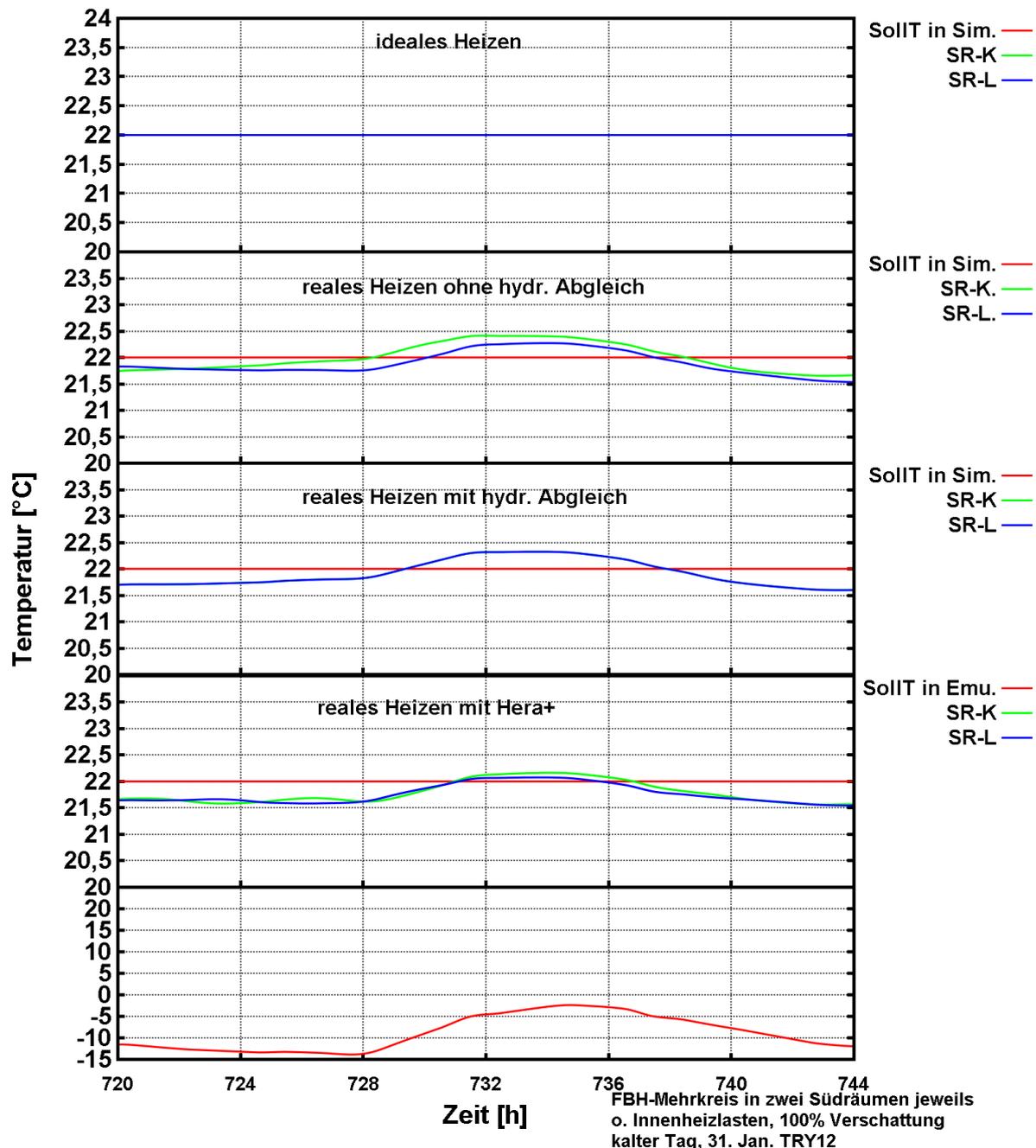


Abbildung 9: Raumtemperaturverläufe an einem kalten Heiztag (Bildquelle: [HLK-Bericht], S. 26)

4. Analoge Aussagen hinsichtlich der Verläufe der Raumtemperaturen und der Rücklauftemperaturen der einzelnen Heizkreise beim Einsatz des Hera⁺-Systems können aus dem [HLK-Bericht] für einen mittleren und einen milden Heiztag abgeleitet werden. Die Verläufe werden repräsentativ für den mittleren Heiztag in Abbildung 10 und Abbildung 11 dargestellt. Sowohl das Hera⁺-System als auch der konventionelle hydraulische Abgleich führen zur vergleichbaren Übereinstimmung der Raumtemperaturverläufe der betrachteten Räume.

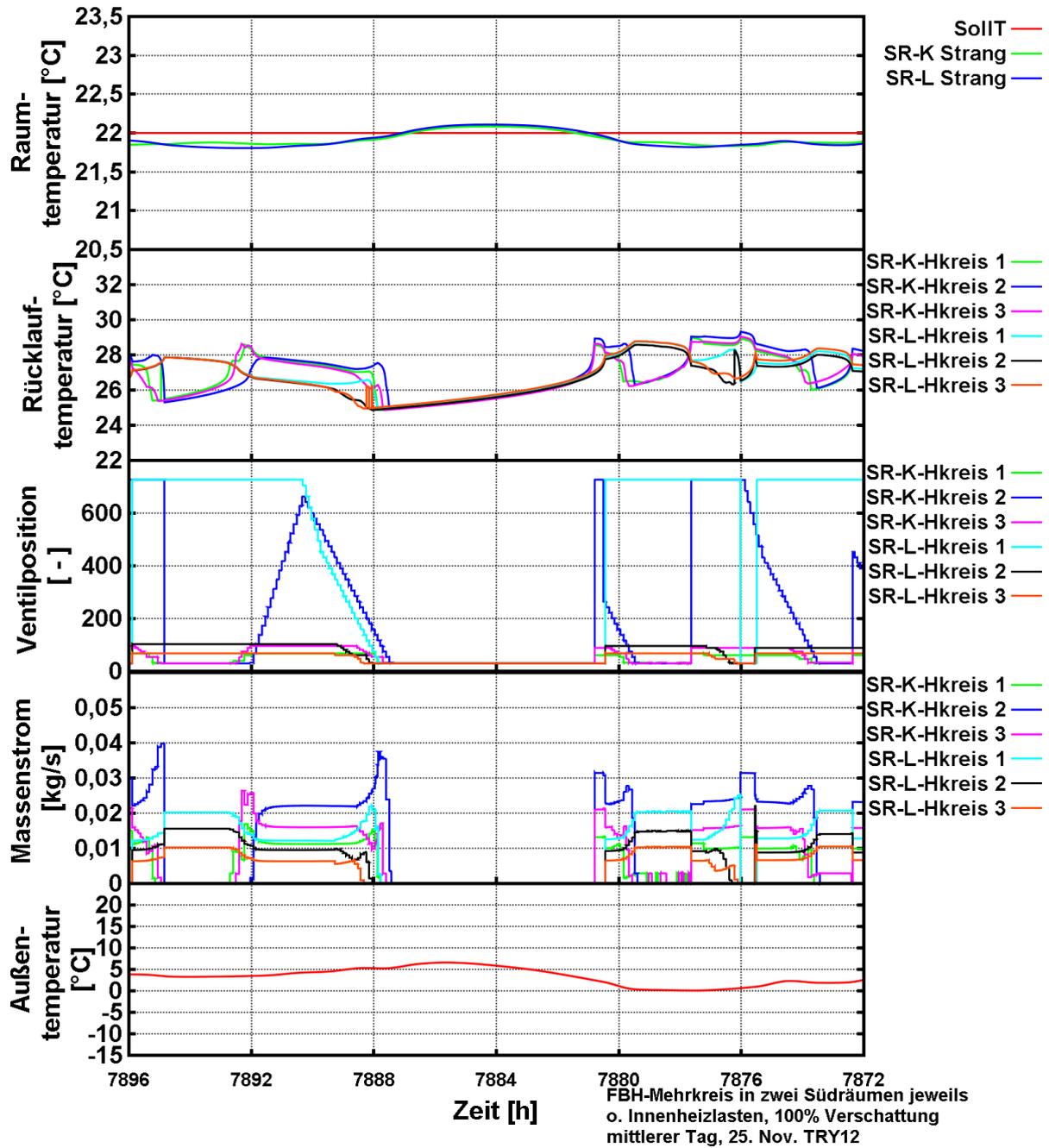


Abbildung 10: Zeitliche Verläufe an einem mittleren Wintertag (Bildquelle: [HLK-Bericht], S. 27

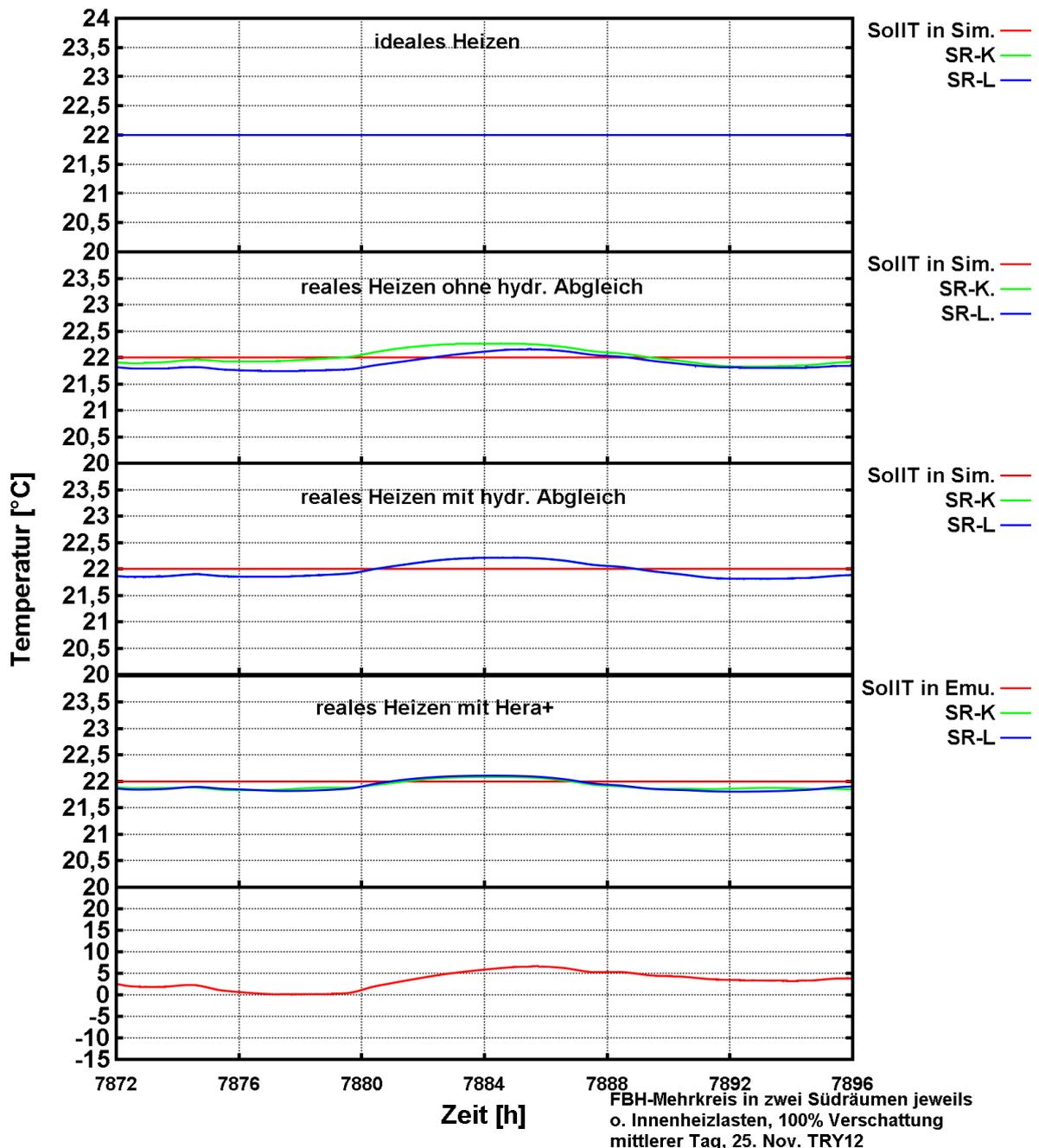


Abbildung 11: Raumtemperaturverläufe an einem mittleren Heiztag (Bildquelle: [HLK-Bericht], S. 28)

3.2.4 Energetische Bewertung des Hera⁺-Systems

Für die im [HLK-Bericht] beschriebene vergleichende Bewertung des Hera⁺-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 Hera⁺-System folgende Aussagen abgeleitet werden:

- An den kalten und mittleren Heiztagen ist der Heizwärmebedarf mit dem Hera⁺-System um ca. 1,1 % niedriger als bei dem konventionellen hydraulischen Abgleich.
- An den milden Heiztagen vergrößert sich der Vorteil des Hera⁺-Systems auf ca. 6,5 %.
- Über die gesamte Heizperiode weist das Hera⁺-System einen um ca. 3,9 % geringeren Heizwärmebedarf als die Variante mit konventionellem hydraulischem Abgleich aus.
- Gegenüber der Variante mit „idealer Heizung“ ergibt sich beim Einsatz des Hera⁺-Systems ein Mehraufwand von 5,1 %. Bei der Variante mit konventionellem hydraulischem Abgleich liegt dieser bei 9,2 %.

Tabelle 1: Heizwärmebedarf und resultierende Aufwandszahl bezogen auf „ideale Heizung“ für untersuchte Varianten für Fußbodenheizung mit jeweils 3 Heizkreisen

Variante	Heizwärmebedarf, in kWh				Aufwandszahl bezogen auf „ideale Heizung“
	Heiztage			Gesamte Heizperiode	
	kalt	mittel	mild		
„Ideale Heizung“	377	1.393	1.902	3.672	100,0%
System mit konventionellem hydraulischem Abgleich	394	1.458	2.159	4.011	109,2%
Hera ⁺ -System	388	1.443	2.028	3.859	105,1%

4 Eignung des Hera⁺-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 Hera⁺-Systems bei Fußbodenheizungen 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 Hera⁺-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 Hera⁺-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 Hera⁺-Systems beschrieben.

Tabelle 2: Vergleich der erforderlichen Vorgehensweise beim Einsatz des Hera⁺-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]	Hera ⁺ -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 und ggf. der Rücklauftemperatur je Heizkreis beim Vorhandensein mehrerer Heizkreise pro Raum (s. Arbeitsschritt Nr. 3).
		Dimensionierung des Wärmeerzeugers, Bestimmung der Vorlauftemperatur		✓ Berechnung der Gebäudeheizlast auf Basis eines nach DIN EN 12831-1 bzw. DIN/TS 12831-1 zugelassenen Verfahrens
2.	Heizflächenoptimierung		✓ Vorab-Prüfung, ob eine Heizflächenoptimierung von Fußbodenheizungen (→ Neuverlegung) überhaupt technisch und wirtschaftlich machbar ist.	✓ Vorgehensweise wie im Verfahren B
3.	Hydraulischer Abgleich	Anpassung der tatsächlichen Volumenströme auf die Soll-Volumenströme = Anpassung der hydraulischen Widerstände	<p>✓ Variante 1: Ermittlung des hydraulischen Abgleiches durch Einregulierung über den Volumenstrom ohne Ermittlung des Verlegeabstandes (wenn keine Unterversorgungsprobleme bekannt sind):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Verwendung der nach Arbeitsschritt 1 berechneten raumweisen Heizlast ○ Vorgabe der Spreizung von 5 -10 K und Ermittlung der mutmaßlichen Volumenströme 	<p>✓ Raumweiser Vergleich der gemessenen Gradienten der Raumtemperaturveränderungen im laufenden Betrieb (alle 5 bis 10 Minuten) und anschließende minutenweise Anpassung der Ventilpositionen der jeweiligen Heizkreise</p> <p>✓ Abgleich mehrerer Heizkreise pro Raum im Minutentakt durch den Vergleich der gemessenen Rücklauftemperatur je Heizkreis und anschließende Anpassung der Ventilpositionen der jeweiligen Heizkreise</p>

Arbeitsschritt nach [VdZ-Fachregel]		Zweck / unmittelbares Ziel	Umsetzung /Vorgehensweise	
			Verfahren B nach [VdZ-Fachregel]	Hera ⁺ -System
			<ul style="list-style-type: none"> ○ Einregulierung am Verteiler mit Durchflussmessern/-begrenzern oder -reglern ✓ Variante 2: Berechnung des hydraulischen Abgleiches bei zu ermittelndem Verlegeabstand (insbesondere dann, wenn es in der Vergangenheit Auffälligkeiten oder Beschwerden hinsichtlich einer Unterversorgung von Räumen gegeben hat) ○ Verwendung der nach Arbeitsschritt 1 berechneten raumweisen Heizlast ○ Ermittlung des Verlegeabstandes mit thermochromen Folien oder mittels einer Infrarotkamera an repräsentativen Stellen im Raum. Dabei ist auf eventuelle Randzonen zu achten. ○ Aufteilung der Fläche nach der ermittelten Verteilung auf die einzelnen Ventile am Verteiler. ○ Nachberechnung mit einem Softwareprodukt unter Beachtung des Oberflächenbelages. Der hydraulische Abgleich wird in diesem Fall für das komplette System berechnet. <p>Abschätzung des restlichen Netzes mit den mutmaßlichen Volumenströmen und einem</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dynamische Anpassung der hydraulischen Widerstände an veränderte Wärmeeinträge oder -lasten bzw. Nutzereingriffe <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 Hera⁺-System gegeben.</p>

Arbeitsschritt nach [VdZ-Fachregel]		Zweck / unmittelbares Ziel	Umsetzung /Vorgehensweise	
			Verfahren B nach [VdZ-Fachregel]	Hera ⁺ -System
			pauschalen Druckverlust für Verteiler und Fußbodenheizkreise	
4.	Anpassung einer außentemperaturgeführten Vorlauftemperaturregelung	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Einstellung einer nutzungs- und gebäudeabhängigen Nachtabsenkung ✓ Einstellung der Heizkurve <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einstellen der ermittelten Auslegungsvorlauftemperatur (z. B. Abschätzung anhand von Auslegungsdiagrammen, Software in Abhängigkeit vom Verlegeabstand und von der berechneten raumweisen Heizlast) ▪ Eingabe der Steilheit und Parallelverschiebung in Abhängigkeit von der Art der Heizflächen 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Einstellung einer nutzungs- und gebäudeabhängigen Nachtabsenkung ✓ Einstellung der Heizkurve und ggf. Anpassung im laufenden Betrieb infolge der Nutzung der integrierten Funktionalitäten des Hera⁺-Systems <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einstellen der ermittelten Auslegungsvorlauftemperatur (Absenkung der Auslegungsvorlauftemperatur gegenüber dem Zustand vor Einbau des Hera⁺-Systems um mindestens 3 K bzw. so weit, dass der Maximalwert nach der [VdZ-Fachregel] nicht überschritten ist) ▪ Eingabe der Steilheit und der Parallelverschiebung für die Heizkurve in Abhängigkeit von der Art der Heizflächen ▪ Detektieren der unterversorgten Räume im laufenden Betrieb durch das Erfassen der Raum-Temperaturen im zeitlichen Verlauf und Abgleich mit den Sollwerten ▪ Übermittlung von entsprechenden Hinweisen über die Applikation (z. B. direkt an den zuständigen SHK-Betrieb) ▪ Überprüfung und ggf. Anpassung der Auslegungsvorlauftemperatur (zeitnah nach der Fehlermeldung) 	

Arbeitsschritt nach [VdZ-Fachregel]		Zweck / unmittelbares Ziel	Umsetzung /Vorgehensweise	
			Verfahren B nach [VdZ-Fachregel]	Hera ⁺ -System
				Die Gleichwertigkeit mit der im Verfahren B vorgesehenen Vorgehensweise wird bei dem Einsatz des Hera ⁺ -Systems nicht direkt zum Zeitpunkt des Einbaus, sondern im laufenden Betrieb der Anlage über die integrierte Funktionalität erreicht.
5.	Verteilung und Druckhaltung	Auswahl / Einstellen der Heizkreispumpe	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Falls keine separate Rohrnetzrechnung beauftragt, dann <ul style="list-style-type: none"> ▪ Übernahme Volumenstrom aus dem Arbeitsschritt Nr. 3 ▪ Schätzung der Förderhöhe anhand der einfachen Rohrlänge und aller Komponenten (z. B. mit einem Datenschieber) ▪ Pumpenauswahl/-einstellung nach Herstellerdaten (Pumpenkennlinien/-diagramme) oder ▪ Einsatz von Pumpen mit automatischer Adaption 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Überschlägige Berechnung des Volumenstroms $\dot{V}_{Ausl} = \sum \frac{\dot{q}_{HL} \cdot A_i}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta\vartheta_{Ausl,i}} \cdot 3,6 \cdot 10^6 \frac{l \cdot s}{m^3 \cdot h}$ <p>mit</p> <ul style="list-style-type: none"> \dot{q}_{HL} spez. Heizlast aus Tabelle 1 der [VdZ-Fachregel] W/m² A_i beheizte Fläche mit gleicher Auslegung in m² ρ Dichte von Wasser in kg/m³ c_p spez. Wärmekapazität in J/(kg K) $\Delta\vartheta_{Ausl,i}$ Auslegungsspreizung in K <ul style="list-style-type: none"> ✓ Weitere Vorgehensweise wie im Verfahren B
		Druckhaltung	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Überprüfen der Einbausituation, der Druckwerte und der Dimensionierung 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vorgehensweise wie im Verfahren B
6.	Dämmung von Rohrleitungen		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hinweisen auf Anforderungen des GEG zur Dämmung von Rohrleitungen, Armaturen oder Rohrhalterungen beim Vorhandensein von völlig oder teilweise nicht gedämmten frei zugänglichen Rohrleitungen 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vorgehensweise wie im Verfahren B

Arbeitsschritt nach [VdZ-Fachregel]	Zweck / unmittelbares Ziel	Umsetzung /Vorgehensweise	
		Verfahren B nach [VdZ-Fachregel]	Hera ⁺ -System
		✓ darüberhinausgehende Beratung zu höheren Dämmstärken insbesondere zur Erreichung anspruchsvoller BEG-Effizienzhausstandards	
7.	Dokumentation	✓ geeignete Dokumentation der durchgeführten Arbeiten und vorgenommenen Einstellungen (Umfang und die Form entsprechend Vereinbarung zwischen Fachbetrieb und Kunden)	✓ Vorgehensweise wie im Verfahren B

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. übertersorgt 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 Hera⁺-System handelt es sich um eine elektronische Fußbodenheizungssteuerung, die durch die integrierte Funktionalität (entsprechende Sensorik und Aktorik) eine dem konventionellen hydraulischen Abgleich nach Verfahren B entsprechend Abschnitt 4 der [VdZ-Fachregel] mindestens gleichwertige Wirkung erzielt. Der Regelalgorithmus des Hera⁺-Systems basiert dabei auf der Auswertung der Temperaturverläufe (insbesondere während der Aufheizphasen) in den mit den Hera⁺-Thermostaten ausgestatteten Räumen. Alle 5 bzw. 10 Minuten werden die Gradienten der Raumtemperaturveränderungen verglichen und danach die Ventilposition im Minutentakt entsprechend angepasst. Ist der Temperaturanstieg in einem bzw. mehreren Räumen schneller als in den anderen Räumen, werden die Ventile der Heizkreise in den Räumen mit schnellerem Temperaturanstieg in der Aufheizphase eingedrosselt, bis ein gleichmäßiger Anstieg der gemessenen Raumtemperatur in allen Räumen vorliegt. Werden Räume mit mehreren Heizkreisen versorgt, kann aus der im Minutentakt stattfindenden Messung der Rücklaufemperatur der einzelnen Heizkreise auf zu hohe bzw. niedrige Masseströme in den Heizkreisen geschlossen werden und folglich durch entsprechende Anpassung der hydraulischen Widerstände können diese untereinander ausgeglichen werden. Damit wird eine weitestgehend gleichmäßige Wärmeverteilung im Raum erreicht. Dabei handelt es sich im Unterschied zum konventionellen hydraulischen Abgleich 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.

Der mit der Installation eines Hera⁺-Systems bei Fußbodenheizungen 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 Hera⁺-Systems entsprechend der in Tabelle 2 zur Erreichung der Gleichwertigkeit mit Verfahren B (s. Abschnitt 4) ausgewiesenen Vorgehensweise durchzuführen.

Beim Einbau des Hera⁺-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 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.

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

1. Installation des Hera⁺-Systems entsprechend der Montageanleitung des Herstellers und Inbetriebnahme des Hera⁺-Systems
2. Einstellung einer nutzungs- und gebäudeabhängigen Nachtabsenkung
3. Anschließende Ermittlung der erforderlichen Auslegungsvorlauftemperatur durch Nutzung der integrierten Funktionalitäten des Hera⁺-Systems und (bei Bedarf) Anpassen der Heizkurve im laufenden Betrieb (bei bestehenden Fußbodenheizungssystemen)
 - Einstellung der gegenüber dem Zustand vor Einbau des Hera⁺-Systems um mindestens 3 K bzw. so weit, dass max. 40°C erreicht werden, abgesenkten Auslegungsvorlauftemperatur
 - Eingabe der Steilheit und der Parallelverschiebung für die Heizkurve ist in Abhängigkeit von der Art der Heizflächen vorzunehmen.
 - Falls das Hera⁺-System im laufenden Betrieb unterversorgte Räume durch das Erfassen der Raum-Temperaturen im zeitlichen Verlauf und Abgleich mit den Sollwerten detektiert und eine Fehlermeldung über die Applikation übermittelt, dann ist eine Überprüfung und ggf. Anpassung der Auslegungsvorlauftemperatur (zeitnah nach der Fehlermeldung) erforderlich.
4. Beim erstmaligen Einbau von Flächenheizsystemen hat die Auslegung nach anerkannten Regeln der Technik zu erfolgen.
 - Ermittlung der erforderlichen Auslegungsvorlauftemperatur anhand z. B. von Auslegungsdiagrammen/Software des Herstellers in Abhängigkeit vom Verlegeabstand, von der raumweisen Heizlast und der Art der Verlegung (Nass-/Trockensystem) und des Fußbodenbelages, s. Ablesebeispiel zur Ermittlung der Auslegungsvorlauftemperatur
 - Eingabe der Steilheit und der Parallelverschiebung für die Heizkurve ist in Abhängigkeit von der Art der Heizflächen vorzunehmen.
5. Überschlägige Berechnung des Volumenstroms (Gesamtdurchflusses in l/h) anhand folgender Formel

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

mit

A_i	beheizte Fläche (mit gleicher Auslegungsspreizung) in m ²
ρ	Dichte von Wasser in kg/m ³ → Annahme für Fußbodenheizungen: 985 kg/m ³
c_p	spez. Wärmekapazität in J/(kg K) → Annahme für Fußbodenheizungen: 4.186 J/(kg K)

$\Delta\vartheta_{Ausl,i}$ Auslegungsspreizung in K (z. B. Bad / Dusche / Randzone: $\Delta T = 5$ K, sonstige Räume: $\Delta T = 8$ K)

\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^2 (In folgender Tabelle werden die der VdZ-Fachregel vom April 2022 zugrunde gelegten Werte ausgewiesen).

Beheizbare Nutzfläche in m^2	Wärmeschutzstandard des Gebäudes ^{*)}					
	ab 2009	2002 bis 2008	1995 bis 2001	1984 bis 1994	1978 bis 1983	bis 1977
	Heizlast in W/m^2					
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.

6. Ggf. Einsatz von Differenzdruckreglern bei einer größeren Anzahl von Fußbodenheizungsverteilern (nicht erforderlich bei Verwendung von Heizkreisverteilern mit Durchflussreglern)
7. Schätzung der Förderhöhe anhand der einfachen Rohrlänge und aller Komponenten (z. B. mit einem Datenschieber) mit ggf. Berücksichtigung folgender Erfahrungswerte
 - Druckverlust ungünstigster Heizkreis: 150 – 200 mbar
 - Druckverlust Heizkreisverteiler 50 – 100 mbar
 - Druckerlust Verteilleitung incl. Absperrarmaturen: 50 mbar
 - Druckverlust Wärmerezeuger: 50 – 100 mbar
 - 100 mbar \approx 1,02 mWs
8. Pumpenauswahl/-einstellung nach Herstellerdaten (Pumpenkennlinien/-diagramme) oder Einsatz von Pumpen mit automatischer Adaption
9. Hinweisen auf Anforderungen des GEG zur Dämmung von Rohrleitungen, Armaturen oder Rohrhalterungen beim Vorhandensein von völlig oder teilweise nicht gedämmten frei zugänglichen Rohrleitungen

10. Darüberhinausgehende Beratung zu höheren Dämmstärken insbesondere zur Erreichung anspruchsvoller BEG-Effizienzhausstandards
11. Überprüfen der Einbausituation, der Druckwerte und der Dimensionierung von Druckhalteanlagen
12. 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.
13. Der Prozess des hydraulischen Abgleichs mit Hera⁺-System ist abgeschlossen, wenn ein bestimmungsgemäßer Betrieb der Anlage erfolgt.
14. Geeignete Dokumentation der durchgeführten Arbeiten und vorgenommenen Einstellungen (Umfang und die Form entsprechend Vereinbarung zwischen Fachbetrieb und Kunden)

Ablesebeispiel zur Ermittlung der Auslegungsvorlauftemperatur anhand eines Auslegungsdiagramms

- Projektspezifische Größen (die im Vorfeld zu bestimmen / abzuschätzen sind)
 - Spezifische Wärmeleistung q_h in W/m^2 (aus Unterlagen bzw. als spez. Heizlast in Abhängigkeit von der beheizbaren Nutzfläche nach Tabelle 1 der zum Zeitpunkt der Berechnung gültigen VdZ-Fachregel, in W/m^2)
 - Wärmeleitwiderstand des Fußbodenbelages (falls nicht bekannt Annahme anhand folgender Richtwerte möglich)

Art des Fußbodenbelages	Wärmeleitwiderstand $R_{\lambda,B}$ in m^2K/W
Teppich	ca. 0,06 – 0,15
Parkett	ca. 0,04 – 0,11
PVC	ca. 0,025
Fliesen, Marmor	ca. 0,01 – 0,02

- Verlegeabstand V_z in cm
- Im Diagramm abzulesende Größe: Heizmittelübertemperatur $\Delta\vartheta_H$ in K
- Berechnete Größe: Auslegungsvorlauftemperatur $\vartheta_{V,Ausl}$

$$\vartheta_{V,Ausl} = \vartheta_i + \Delta\vartheta_H + \frac{\Delta\vartheta_{Ausl}}{2}$$

mit

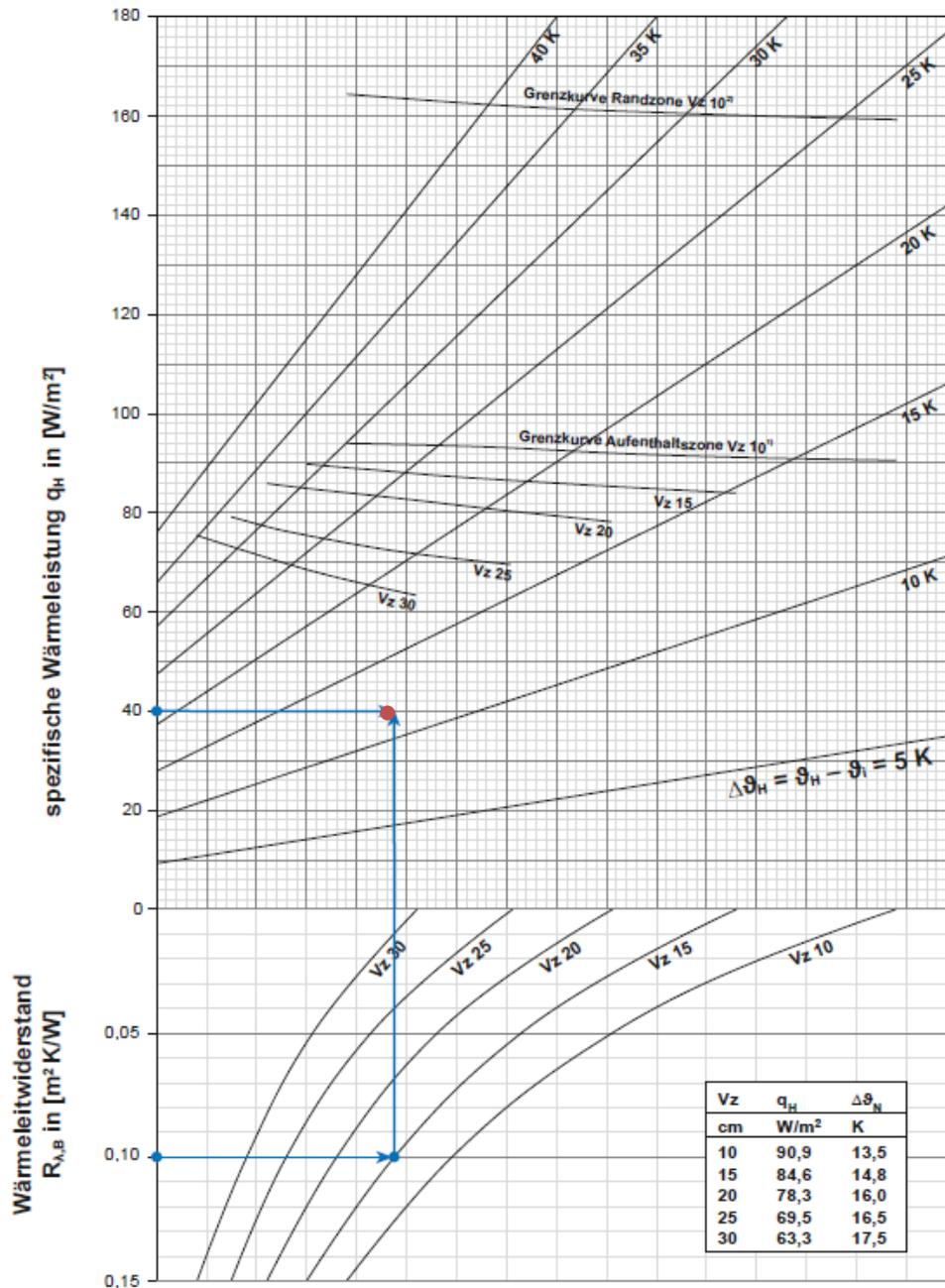
ϑ_i Raum-Solltemperatur,

$\Delta\vartheta_{Ausl}$ Auslegungsspreizung in K (z. B. Bad / Dusche / Randzone: $\Delta T = 5$ K, sonstige Räume: $\Delta T = 8$ K)

$\Delta\vartheta_H$ Heizmittelübertemperatur in K

Beispiel

Auslegungsdiagramm für Uponor Tecto 14 x 2 mm
mit Lastverteilschicht Zementestrich und VD 450/550N
($s_v = 30$ mm mit $\lambda_v = 1,2$ W/mK)



Quelle: Uponor Fußbodenheizung/-kühlung – Technische Informationen, Uponor GmbH, Haßfurt

Bekannte Größen:	Abgelesen:	Errechnet:
$q_h = 40$ W/m ² $\vartheta_i = 20$ °C Fußbodenbelag: Teppich → Annahme: $R_{\lambda,B} = 0,1$ m ² K/W Verlegeabstand $Vz = 15$ cm Angenommene Spreizung $\Delta\vartheta_{Ausl} = 5$ K	$\Delta\vartheta_H = 12$ K (Heizmittelüber- temperatur)	Auslegungsvorlauftemperatur $\vartheta_{V,Ausl} = \vartheta_i + \Delta\vartheta_H + \frac{\Delta\vartheta_{Ausl}}{2}$ $\vartheta_{V,Ausl} = 20 + 12 + \frac{5}{2}$ $\vartheta_{V,Ausl} = 34,5$ °C

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] HLK Stuttgart GmbH, Hera⁺ System für Regelung und hydraulischen Abgleich von Fußbodenheizungen, Bericht Nr. H.1908.S.505.BIC E.1, Stuttgart, 11/2019
- [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