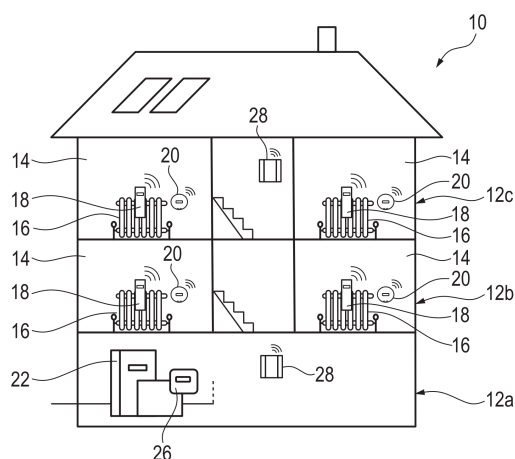




Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Durchführung eines hydraulischen Abgleichs in einer Heizungsanlage. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

[0002] Studien belegen, dass eine erhebliche Steigerung der Energieeffizienz möglich ist - insbesondere im Bereich der Heiztechnik und Gebäudewärmeversorgung. Hierbei zeigt sich jedoch, dass das Zusammenspiel verschiedener Faktoren entscheidend ist, um diese Potenziale vollständig auszuschöpfen. Im Fokus stehen dabei die Wärmeerzeugung, die Hydraulik (Heizfluidtransport) und das Nutzerverhalten, die optimal aufeinander abgestimmt sein müssen.

[0003] Die vorliegende Erfindung zielt auf die hydraulische Abstimmung einer Heizungsanlage ab, um sicherzustellen, dass die erzeugte Wärme effizient und bedarfsgerecht im Gebäude verteilt wird. Dies umfasst Maßnahmen wie den hydraulischen Abgleich, der dafür sorgen soll, dass jeder Heizkörper im Gebäude möglichst genau diejenige Menge an Heizfluid erhält, die er benötigt, um die gewünschte Raumtemperatur zu erreichen. Der hydraulische Abgleich erfolgt in der Regel durch die einmalige und dauerhafte Begrenzung des Volumensstroms durch die Heizkörperventile, der Pumpenleistung und durch die einmalige Prüfung und ggf. Nachjustierung der Vorlauftemperatur in der Zentralheizungsanlage, um den Druck und die Durchflussmengen in den Heizungsrohren optimal zu verteilen. Ohne hydraulischen Abgleich fließt das Heizfluid oft ungleichmäßig durch die Anlage - einige Räume werden überheizt, während andere nicht ausreichend warm werden. Dadurch können Energieverluste entstehen, die die Effizienz des gesamten Systems mindern.

[0004] Die EP 1 936 288 A2 beschreibt ein Verfahren zur Detektion eines hydraulischen Abgleichs einer Heizungsanlage mit über ein Fluidströmungssystem verbundenen Heizkörpern. Um den Zustand des hydraulischen Abgleichs zu erkennen, werden für jeden Heizkörper ein die thermische Dynamik eines durch den Heizkörper geheizten Raums anzeigender Kennwert ermittelt und die Kennwerte mehrerer Heizkörper und/oder mehrerer zeitlich aufeinander folgende Kennwerte eines Heizkörpers zur Erkennung einer Über- oder Unterversorgung eines Heizkörpers miteinander verglichen.

[0005] Die EP 2 420 748 A2 stellt ein Verfahren zur Durchführung eines hydraulischen Abgleichs in einem Heizungssystem mit wenigstens zwei Heizflächen vor, bei dem der Massenstrom eines Heizfluids durch jede der Heizflächen an jeder der Heizflächen mittels eines elektronischen Thermostatventils individuell durch Einstellung der aktuellen Öffnungsposition des Thermostatventils geregelt wird. Für jede der Heizflächen wird aus Temperaturmesswerten ein den Arbeitspunkt der Heizfläche repräsentierender Wert bestimmt und mit einem gespeicherten Vergleichswert der Heizfläche verglichen und in Abhängigkeit des Vergleichs die maximal zuläs-

sige Öffnungsposition des Thermostatventils elektronisch begrenzt. Wenn der Vergleich eine hydraulische Überversorgung der Heizfläche anzeigt, wird die aktuelle Öffnungsposition des Thermostatventils um einen Reduktionswert reduziert, bis der Vergleich ein Ergebnis liefert, gemäß dem eine weitere Reduktion unnötig ist und der Wert der letzten Öffnungsposition als maximal zulässige Öffnungsposition zusammen mit der gemessenen Übertemperatur der Heizfläche zur Bildung und/oder Adaption einer Kennlinie oder eines Kennfeldes gespeichert wird.

[0006] Die EP 3 009 908 B1 beschreibt in einem anderen Zusammenhang ein Verfahren und eine Vorrichtungsanordnung zur Erfassung, Bewertung und Beeinflussung von Heizenergieabgabeverteilungen innerhalb einer Gebäudehülle unter Verwendung einer Vielzahl von vernetzten Messeinheiten, insbesondere elektronischen Heizkostenverteiler. Das Verfahren sieht eine Bestimmung von Energieabgabeäquivalenten durch die Messeinheiten und eine Berechnung von effektiven Heizkörpertemperaturen und effektiven Raumtemperaturen aus den von den jeweiligen Temperatursensoren der Messeinheiten gemessenen Temperaturwerten vor. Die Energieabgabeäquivalente sowie die effektiven Heizkörpertemperaturen und die effektiven Raumtemperaturen werden von den Messeinheiten an eine Auswerteeinrichtung auf einer konfigurierbaren Zeitskala übertragen. An den Messstellen werden spezifische Energieabgabeverteilungen auf Basis der Energieabgabeäquivalente sowie der effektiven Heizkörpertemperaturen und der effektiven Raumtemperaturen berechnet, jeweils gewichtet im Verhältnis zu einem Außentemperaturkontrast. Die Energieabgabeverteilungen werden in Abhängigkeit von der effektiven Raumtemperatur bewertet, und in Abhängigkeit der Bewertung werden Maßnahmen aus einem Maßnahmenkatalog ausgewählt.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein gegenüber Störgrößen robustes Verfahren zum hydraulischen Abgleich bereitzustellen.

[0008] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch eine Vorrichtungsanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 15. Vorteilhafte und zweckmäßige Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind in den zugehörigen Unteransprüchen angegeben.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren ist zur Durchführung eines hydraulischen Abgleichs in einer Heizungsanlage mit mehreren hydraulisch miteinander in Beziehung stehenden Heizkörpern vorgesehen, die über eine elektrisch verstellbare Ventilöffnung verfügen und jeweils mit einem elektronischen Heizkostenverteiler mit Funkschnittstelle versehen sind, und umfasst folgende Schritte: wiederholtes Messen der Heizkörpertemperatur der Heizkörper mittels der Heizkörper-Temperaturfühler der Heizkostenverteiler über einen vorgegebenen Zeitraum; Berechnen einer effektiven Heizkörpertemperatur für jeden Heizkörper aus den im vorgegebenen

Zeitraum gemessenen Heizkörpertemperaturen durch eine Mittelwertbildung (hierfür können zusätzlich oder alternativ auch die vom RaumTemperaturfühler des Heizkostenverteilers wiederholt gemessenen Raumtemperaturen als Berechnungswerte herangezogen werden); Berechnen eines Mittelwerts der effektiven Heizkörpertemperaturen aller Heizkörper, die eine Stellanforderung größer Null für ihre Ventilöffnung haben, und der Standardabweichung des Mittelwerts; Klassifizieren eines Heizkörpers als unterversorgt, wenn die Abweichung seiner effektiven Heizkörpertemperatur vom Mittelwert nach unten größer als die Standardabweichung ist; Klassifizieren eines Heizkörpers als drosselbar, wenn die Abweichung seiner effektiven Heizkörpertemperatur vom Mittelwert nach oben größer als die Standardabweichung ist; Prüfen, ob die Standardabweichung einen vorgegebenen Toleranzbereich überschreitet; und im Falle einer Überschreitung des Toleranzbereichs: Vergrößern der maximal erlaubten Ventilöffnungen (sofern nicht bereits vollständig geöffnet) der als unterversorgt klassifizierten Heizkörper und Reduzieren der maximal erlaubten Ventilöffnungen (sofern nicht bereits vollständig geschlossen) der als drosselbar klassifizierten Heizkörper.

[0010] Unter einem Heizkörper mit einer "Stellanforderung größer Null für eine Ventilöffnung" ist ein nicht vollständig zugedrehter bzw. abgeschalteter Heizkörper zu verstehen.

[0011] Erfindungsgemäß ist ein kontinuierliches Ermitteln der effektiven Heizkörpertemperaturen und des daraus resultierenden Mittelwertes sowie dessen Standardabweichung und die Prüfung der Einhaltung des vorgegebenen Toleranzbereichs vorgesehen. Der Begriff "Standardabweichung" soll entweder der in Einklang mit der allgemeinen Definition berechnete Wert sein oder ein Wert, dessen Berechnung maßgeblich von der Standardabweichung abhängt.

[0012] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass der hydraulische Abgleich ein zentraler Bestandteil zur Verbesserung der Energieeffizienz in Gebäuden ist und dass durch die Integration moderner digitaler Technologien dieser Prozess zunehmend automatisiert, präzise und robust gestaltet werden kann, wobei das erfindungsgemäße Verfahren zur kontinuierlichen Optimierung der Wärmeverteilung in einem Gebäude mit einer Mehrzahl von Heizkörpern durch die Nutzung von ohnehin erforderlicher bzw. bereits vorhandener Infrastruktur, insbesondere elektronische Heizkostenverteiler mit Funkchnittstelle, und die Verknüpfung mit bidirektionaler Kommunikationsinfrastruktur und Smart-Building-Steuerungstechnologien realisiert werden kann.

[0013] Die Logik des erfindungsgemäßen Verfahrens stützt sich auf den wiederholten oder kontinuierlichen Vergleich von effektiven Heizkörpertemperaturen sowie die Nutzung der Standardabweichung des Mittelwerts aller ermittelten effektiven Heizkörpertemperaturen als führenden Kennwert.

[0014] Durch das erfindungsgemäße Verfahren, das

vorzugsweise dauerhaft durchgeführt wird, wird der hydraulische Abgleich nicht in Bezug auf die sich ergebenden Kennwerte eines Raumes vorgenommen, sondern im Hinblick auf den aktuell vorliegenden Lastfall der gesamten Heizungsanlage. Diese Unabhängigkeit von der Variable "Raum" führt zu einer Funktionalität, die besonders robust gegenüber Störgrößen (z. B. ein offenes Fenster) ist. Dies ist insbesondere im Falle eines adaptiven, also nicht nur einmalig, sondern dauerhaft durchgeführten Abgleichs eine wichtige Voraussetzung.

[0015] Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sind u. a. Energieeinsparung (Heizkosten sinken, da die Heizungsanlage effizienter arbeitet), Klimaschutz (Reduzierung des CO₂-Ausstoßes), Komfortsteigerung (gleichmäßige Wärmeverteilung in allen Räumen) und längere Lebensdauer (Heizungsanlage und Komponenten werden geschont).

[0016] Das Vergrößern und Reduzieren der maximal erlaubten Ventilöffnungen bei den als unterversorgt bzw. als drosselbar klassifizierten Heizkörpern erfolgt vorzugsweise jeweils schrittweise, bis die Standardabweichung innerhalb des vorgegebenen Toleranzbereichs liegt.

[0017] Gemäß einem besonderen Aspekt der Erfindung sind mehrere Parameter variabel konfigurierbar. Das bedeutet, dass bestimmte Vorgaben an die jeweils vorliegenden Umstände (manuell oder automatisch) angepasst werden können, ggf. auch dynamisch, also während des laufenden Betriebs der Heizungsanlage.

[0018] So kann etwa vorgesehen sein, dass der Zeitraum für die Messungen der Heizkörpertemperaturen, die zur Mittelwertbildung herangezogen werden, variabel konfigurierbar ist.

[0019] Auch der Toleranzbereich für die Standardabweichung kann ein variabel konfigurierbarer Parameter sein. Er sollte insbesondere in Abhängigkeit von der Anzahl der Heizkörper eingestellt werden, d. h. bei einer kleineren Anzahl an Heizkörpern sollte ein größerer Toleranzbereich vorgegeben werden als bei einer größeren Anzahl an Heizkörpern.

[0020] Basierend auf der Erkenntnis, dass funktions-eingeschränkte Heizkörper, also etwa defekte Heizkörper oder Heizkörper mit zugesetzten Rohren etc., die Berechnungen in unerwünschter Weise beeinflussen und damit zu einem unbefriedigenden Ergebnis führen können, werden gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung Heizkörper, die das Ergebnis verfälschen könnten, von den Berechnungen ausgeschlossen. Dies wird dadurch erreicht, dass als Mittelwert der effektiven Heizkörpertemperaturen aller Heizkörper ein getrimmter Mittelwert verwendet wird, bei dessen Berechnung ein vorgegebener Anteil der größten und kleinsten effektiven Heizkörpertemperaturen ignoriert wird. Der Anteil kann auch nur die eine kleinste bzw. die eine größte effektive Heizkörpertemperatur sein. Die Anteile können sich auch unterscheiden (z. B. können 5% der größten Temperaturen und 10% der kleinsten Temperaturen ignoriert werden). Einer der beiden Anteile kann auch null sein. Funk-

tionseingeschränkte Heizkörper und andere technische Probleme können aufgrund der Kommunikationsfähigkeiten der Heizkostenverteiler, der elektrischen Stellantriebe und der zentralen Steuerung aus der Ferne identifiziert und bei Bedarf durch technische Fachkräfte (SHK- oder anderes geschultes Personal) spezifisch behoben werden.

[0021] Der Anteil der ausgeschlossenen effektiven Heizkörpertemperaturen ist wiederum vorzugsweise ein variabel konfigurierbarer Parameter. Bei der Einstellung dieses Parameters sollte insbesondere die Anzahl der bekannten funktionseingeschränkten Heizkörper berücksichtigt werden. So sollte bei einer größeren Anzahl an bekannten funktionseingeschränkten Heizkörpern ein größerer Anteil vorgegeben werden als für eine kleinere Anzahl an bekannten funktionseingeschränkten Heizkörpern.

[0022] Ein weiterer Aspekt der Erfindung ermöglicht es, Latenzzeiten einer wasserbasierten Heizungsanlage zu berücksichtigen, um Verzögerungen zwischen Steuerungsanpassungen und Temperaturänderungen auszugleichen. Hierzu kann vorgesehen sein, dass bei Heizkörpern, die innerhalb einer vorgegebenen Latenz-Zeitspanne eine Änderung der Stellanforderung (Öffnen oder Schließen) erfahren haben, die Ventilöffnung nicht vergrößert oder reduziert wird. Dadurch wird verhindert, dass ein elektrischer Stellantrieb eine neue Einstellung bekommt, bevor die letzte Einstellung überhaupt ihre Wirkung entfalten konnte. Die Latenzzeit bezieht sich dabei auf das Messintervall des Gesamtsystems. Werden beispielsweise alle zehn Minuten alle effektiven Heizkörpertemperaturen gemessen und ein neuer Mittelwert bzw. eine neue Standardabweichung ermittelt, woraus neue Einstellungen für die Ventilöffnungen folgen würden, so kann die Latenzzeit ein oder mehrere solcher Zehn-Minuten-Intervalle betragen. Werden alle fünf Minuten Daten für eine Neubewertung übermittelt, beträgt die für die Latenzzeit zugrunde gelegte Intervalldauer entsprechend fünf Minuten.

[0023] Die Latenz-Zeitspanne ist wiederum vorzugsweise ein variabel konfigurierbarer Parameter. So kann bei einer längeren Dauer zwischen einer Stellanforderung an einem Heizkörper und dem Erreichen der zu diesem Zeitpunkt bei gegebener Ventilöffnung möglichen Heizkörpertemperatur eine größere Latenz-Zeitspanne vorgegeben werden als bei einer kürzeren Dauer.

[0024] Ein weiterer, vorzugsweise variabel konfigurierbarer Parameter ist ein vorgegebener zeitlicher Abstand (Latenz-HA) zwischen den Vergleichen der effektiven Heizkörpertemperaturen der Heizkörper mit der Standardabweichung des Mittelwerts. Dieser zeitliche Abstand ist als generelle Latenzzeit zu verstehen, der sich generell auf eine Neubewertung des Abgleichs bezieht. Sollte zum Zeitpunkt x eine Bewertung und Anpassungen vorgenommen worden sein, sorgt der zeitliche Abstand dafür, dass nach Ablauf des nächsten Messintervalls (x+1) zwar Daten aufgenommen, aber noch keine

Änderungen der Ventilpositionen der Stellantriebe vorgenommen werden. Der zeitliche Abstand kann auch als "Bewertungsintervall" bezeichnet werden, welches mehrere Messintervalle umfasst. Beispielsweise würden bei einer Messintervalldauer von zehn Minuten und einem zeitlichen Abstand (Latenz-HA) von drei Intervallen - nach einer Bewertung und Anpassungen des Systems - die nächsten Anpassungen erst nach drei Messintervallen, also 30 Minuten, vorgenommen werden.

[0025] Wie bereits erwähnt, wird das erfindungsgemäße Verfahren automatisch und dauerhaft ausgeführt, d. h. der hydraulische Abgleich passt sich an die gegebenen Umstände an (adaptives Verfahren) und ist somit robust gegen kurzfristige und langfristige Störfaktoren.

[0026] Gemäß einer Alternative des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die effektiven Heizkörpertemperaturen (THEff) der Heizkörper nicht aus den von den elektronischen Heizkostenverteilern gemessenen Heizkörpertemperaturen berechnet, sondern aus Zählfortschritten bestimmt, die die elektronischen Heizkostenverteiler an die zentrale Steuereinheit übermitteln. Diese Alternative basiert auf der Erkenntnis, dass die in der Norm DIN/EN 834 geforderten Zählfortschritte (Anzeigewerte oder Verbrauchswerte) über ein definiertes Zeitintervall mit den effektiven (gemittelten) Heizkörpertemperaturen korrelieren. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass bei hinreichend genauer Kenntnis des Zusammenhangs zwischen den Zählfortschritten und den effektiven Heizkörpertemperaturen die Zählfortschritte eines Heizkostenverteilers als Information ausreichen, um einen hydraulischen Abgleich gemäß der Erfindung durchführen zu können. Für diese Art der Bestimmung der effektiven Heizkörpertemperaturen kann auf Zusatzwissen und/oder eine Modellbildung zurückgegriffen werden, wobei auch eine Unterstützung durch maschinelles Lernen oder künstliche Intelligenz erfolgen kann.

[0027] Eine Erweiterung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, anhand vorher erstellter Referenzszenarien optimale maximale Ventilhübe für elektrische Stellantriebe, die zur Einstellung der Ventilöffnungen der Heizkörper dienen, ermittelt werden.

[0028] Die Erfindung schafft auch eine Vorrichtungsanordnung zur Durchführung eines hydraulischen Abgleichs in einer Heizungsanlage eines Gebäudes mit einer Zentralheizung, wobei die Vorrichtungsanordnung folgendes umfasst: mehrere hydraulisch miteinander in Beziehung stehende Heizkörper mit einem elektrischen Stellantrieb zur Einstellung der Ventilöffnung des Heizkörpers; an den Heizkörpern angebrachte elektronische Heizkostenverteiler mit einem Heizkörpertemperaturfühler zur Ermittlung der Heizkörpertemperatur; und eine zentrale Steuereinheit. Die elektronischen Heizkostenverteiler sind zur direkten oder indirekten Übermittlung von Heizkörpertemperaturen oder effektiven Heizkörpertemperaturen an die zentrale Steuereinheit eingerichtet. Die Stellantriebe sind zur direkten oder indirekten Übermittlung einer Stellanforderung an die zentrale Steuereinheit und zum direkten oder indirekten Empfang einer

Ventilöffnungs- oder Ventilschließvorgabe von der zentralen Steuereinheit eingerichtet. Die zentrale Steuereinheit weist einen Rechner auf, der zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist.

[0029] Für eine kabellose Kommunikation sind die elektronischen Heizkostenverteiler und/oder die Stellantriebe und/oder die zentrale Steuereinheit mit einer Funkschnittstelle versehen. Alternativ können kabelgebundene Varianten zum Einsatz kommen.

[0030] Die Übertragung von Daten von oder zu der zentralen Steuereinheit erfolgt über ein oder mehrere Smart-Building-Gateways, insbesondere wenn die räumlichen Abstände zwischen den Geräten relativ groß sind oder Hindernisse zu überwinden sind.

[0031] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und aus den beigefügten Zeichnungen, auf die Bezug genommen wird. In den Zeichnungen zeigen jeweils schematisch:

- Figur 1 ein Gebäude mit einer Vorrichtungsanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Figur 2 das Gebäude während der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei von der Vorrichtungsanordnung nicht alle Komponenten dargestellt sind; und
- Figur 3 einen symbolischen Vergleich zwischen einer nicht hydraulisch abgeglichenen Heizungsanlage und einer Heizungsanlage, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hydraulisch abgeglichen wurde.

[0032] In Figur 1 ist beispielhaft ein Gebäude 10, z. B. ein Mehrparteienhaus, mit mehreren Stockwerken gezeigt, einschließlich eines Kellers 12a, eines unteren Stockwerks 12b und eines oberen Stockwerks 12c. In den Stockwerken 12b und 12c befinden sich mehrere Räume 14, die mit Heizkörpern 16 ausgestattet sind. Diese beispielhafte Gebäudeaufteilung ist nicht einschränkend zu verstehen.

[0033] An jedem Heizkörper 16 ist ein elektronischer Heizkostenverteiler 18 mit zwei Temperaturfühlern angebracht. Der erste Temperaturfühler misst die Oberflächentemperatur des Heizkörpers 16, nachfolgend als Heizkörpertemperatur (TH) bezeichnet, und der zweite Temperaturfühler misst die Temperatur zum Raum hin, nachfolgend als Raumtemperatur (TL) bezeichnet. Außerdem hat jeder elektronische Heizkostenverteiler 18 eine Funkschnittstelle.

[0034] Jeder Heizkörper 16 ist mit einem elektrischen Stellantrieb 20 (Thermostatventil) versehen, das dem Bewohner als lokale Steuereinheit für die Raumheizung dient. Jeder Stellantrieb 20 verfügt wiederum über eine Funkschnittstelle.

[0035] Wie in Figur 2 gezeigt werden die Heizkörper 16

von einer Zentralheizung 22 (hier im Keller 12a) über Heizungsrohrleitungen mit Heizfluid (in der Regel Wasser) versorgt. Die Heizungsrohrleitungen umfassen einen gemeinsamen Vorlauf 24a, einen gemeinsamen Rücklauf 24b und Abzweigungen 24c und 24d zu bzw. von den Heizkörpern 16.

[0036] Die Zentralheizung 22 umfasst in der Regel eine zentrale Heizstelle und eine Heizungspumpe. Im Falle eines Fernwärmeanschlusses tritt an die Stelle der zentralen Heizstelle eine Hausanschlussstation (HAST). Die Zentralheizung 22 ist mit einer zentralen Steuereinheit 26 verbunden, die über einen Rechner und eine Funkschnittstelle verfügt.

[0037] Des Weiteren ist im Haus wenigstens ein Smart-Building-Gateway 28 mit Funkschnittstelle angebracht, mit dem die von den elektronischen Heizkostenverteilern 18 erfassten bzw. berechneten Daten gesammelt und DSGVO-konform und verschlüsselt an die zentrale Steuereinheit 26 übermittelt werden. Ebenso ist ein Datenaustausch zwischen den Stellantrieben 20 und der zentralen Steuereinheit 26 vorgesehen. Insbesondere kann die zentrale Steuereinheit 26 die Stellantriebe 20 ansteuern, d. h. deren (graduelles) Öffnungs- und Schließverhalten vorgeben. Anstelle einer drahtlosen Kommunikation ist grundsätzlich auch eine (teilweise) Übertragung über elektrische Leitungen möglich. Zumindest die zentrale Steuereinheit 26 kann mit einem für das Gebäude 10 zuständigen Wärmedienstleister kommunizieren.

[0038] Abgesehen davon, dass diese Infrastruktur eine (teil-)automatische Funkablesung der von den elektronischen Heizkostenverteilern 18 ermittelten Verbrauchswerte ermöglicht, ohne dass seitens des Wärmedienstleisters Zutritt zu den einzelnen Wohnungen erforderlich ist, kann mit dieser Infrastruktur auch wiederholt und mehrjährig ein automatischer adaptiver hydraulischer Abgleich und eine damit verbundene bedarfsgerechte Steuerung der gesamten Heizungsanlage durchgeführt werden, um eine dauerhafte komfortsteigernde Optimierung und Homogenisierung der Wärmeverteilung in den Räumen 14 des Gebäudes 10 zu erreichen.

[0039] Für den hydraulischen Abgleich werden die elektronischen Heizkostenverteiler 18 und die von diesen ermittelten Temperaturwerte einbezogen. Gegenüber der durch die Norm DIN/EN 834 vorgeschriebenen Betriebsweise ist die Funktionalität der elektronischen Heizkostenverteiler 18 dahingehend erweitert, dass die von ihren Temperaturfühler ermittelten Heizkörpertemperaturen (TH) und Raumtemperaturen (TL) über das/die Smart-Building-Gateway(s) 28 kontinuierlich an die zentrale Steuereinheit 26 übermittelt werden. "Kontinuierlich" bedeutet hier, dass die Datenerhebung wiederholt in regelmäßigen, relativ kurzen Zeitabständen erfolgt. Ein solches Messintervall kann beispielsweise zehn oder fünf Minuten sein. Die Datenerhebung ist jedenfalls hochauflösender als die übliche, typischerweise monatliche Abfrage der Heizkostenverteiler im Rahmen der regelmäßigen Ermittlung der Heizkostenvertei-

lung.

[0040] Die zentrale Steuereinheit 26 dient der kontinuierlichen Überwachung der Zentralheizung 22 zur Verbesserung der Servicequalität, Versorgungssicherheit und Betriebskosten. Ergänzend kommen leistungsstarke Anpassungs-Algorithmen zum Einsatz, die adaptiv, exakt, kontinuierlich und bedarfsgerecht die Vorlauftemperatur der Heizungsanlage optimieren.

[0041] Nachfolgend werden die Besonderheiten und die Durchführung des automatischen adaptiven hydraulischen Abgleichs näher erläutert.

[0042] Wie bereits erwähnt bildet der Informationsverbund der elektronischen Heizkostenverteiler 18 die Grundlage des automatischen adaptiven hydraulischen Abgleichs, indem an jedem Heizkörper 16 kontinuierlich hochauflösende Verbrauchs- und Temperaturdaten erhoben und an die zentrale Steuereinheit 26 im Gebäude 10 übermittelt werden.

[0043] In der zentralen Steuereinheit 26 wird aus einer Vielzahl von Temperaturwerten, die innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls gemessen werden, das variabel konfigurierbar sein kann, ein Mittelwert gebildet, der als effektive Temperatur bezeichnet wird. Alternativ können die effektiven Temperaturen bereits in den elektronischen Heizkostenverteilern 18 berechnet und dann an die zentrale Steuereinheit 26 übermittelt werden. Der zentralen Steuereinheit 26 liegen also für jeden Raum 14 des Gebäudes 10 jederzeit eine aktuelle effektive Heizkörpertemperatur (T_{Heff}) und eine aktuelle effektive Raumtemperatur (T_{Leff}) vor, wobei für den adaptiven hydraulischen Abgleich nur die effektiven Heizkörpertemperaturen (T_{Heff}) benötigt werden. (Gemäß einer später noch genauer beschriebenen Alternative können stattdessen die von den elektronischen Heizkostenverteilern 18 ausgegebenen Zählfortschritte (Anzeigewerte oder Verbrauchswerte) als Grundlage verwendet werden.)

[0044] Die zentrale Steuereinheit 26 vergleicht die effektiven Heizkörpertemperaturen (T_{Heff}) der miteinander hydraulisch in Beziehung stehenden Heizkörper 16, die laut den von den Stellantrieben 20 übertragenen Signalen eine Stellanforderung größer Null haben, untereinander. Für den Vergleich der effektiven Heizkörpertemperaturen (T_{Heff}) wird die Standardabweichung (STAB-T_{Heff}) des Mittelwerts (MW-T_{Heff}) aller effektiven Heizkörpertemperaturen (T_{Heff}) berechnet. Heizkörper 16, deren Abweichung der effektiven Heizkörpertemperatur (T_{Heff}) vom Mittelwert (MW-T_{Heff}) nach unten größer als die Standardabweichung (STAB-T_{Heff}) ist, werden als unterversorgt klassifiziert. Heizkörper 16, deren Abweichung der effektiven Heizkörpertemperatur (T_{Heff}) vom Mittelwert (MW-T_{Heff}) nach oben größer als die Standardabweichung (STAB-T_{Heff}) ist, werden als drosselbar klassifiziert.

[0045] Es findet eine Prüfung statt, ob die Standardabweichung (STAB-T_{Heff}) einen vorgegebenen Toleranzbereich (STAB-Toleranz) überschreitet. Wurde eine Überschreitung festgestellt, werden bei den als unter-

versorgt klassifizierten Heizkörpern 16 die maximal erlaubten Ventilöffnungen (Hübe) schrittweise erhöht, und bei den als drosselbar klassifizierten Heizkörpern 16 werden die maximal erlaubten Ventilöffnungen (Hübe) schrittweise reduziert, bis die Standardabweichung (STAB-T_{Heff}) innerhalb des Toleranzbereiches (STAB-Toleranz) liegt.

[0046] Für die Drosselung gibt es üblicherweise eine untere Grenze, welche je nach verwendetem Stellantreibsmodell als Parameter gesetzt werden kann. Beispielsweise wird eine untere Grenze von 40% vorgegeben, was bedeutet, dass ein Stellantrieb nur auf maximal 40% seines maximalen Ventilhubes gedrosselt werden darf. Ebenso kann ein Mindestwert für die Drosselung vorgegeben werden. Es ist offensichtlich, dass z. B. eine Drosselung um 1% auf 99% des maximalen Hubs keine spürbare Wirkung entfaltet. Ein sinnvoller Wert für die Mindestdrosselung könnte z. B. 80% des maximalen Hubs sein. Es kann dann in frei konfigurierbaren Schritten (z. B. in 5%-Schritten oder größer oder kleiner) adaptiv weiter angepasst werden bis zur unteren Grenze. Das Vorgeben solcher Grenzwerte basiert auf der Erkenntnis, dass der Volumenstrom der Ventilöffnung nur innerhalb eines bestimmten Bereichs linear folgt, z. B. zwischen 40% und 80% des maximalen Hubs. Darüber wird der Volumenstrom fast nicht eingeschränkt, während er darunter beinahe direkt zum Erliegen kommt.

[0047] Der zulässige Toleranzbereich (STAB-Toleranz) ist ein variabel konfigurierbarer Parameter, dessen Einstellung von der Menge an Heizkörpern 16 abhängt. Ist die Menge der betrachteten Heizkörper 16 kleiner, so sollte der Toleranzbereich (STAB-Toleranz) größer als bei einer größeren Anzahl von Heizkörpern 16 sein, da in diesem Fall der Einfluss jedes einzelnen Heizkörpers 16 auf den statistischen Mittelwert größer ist.

[0048] Um zu verhindern, dass defekte Heizkörper 16, Stellantriebe 20, Ventile, Thermostate oder elektronische Heizkostenverteiler 18 das hier vorgestellte Verfahren zur Durchführung eines hydraulischen Abgleichs stören oder zu ungewünschten Ergebnissen führen, wird ein bestimmter Anteil an Heizkörpern 16 von der Mittelwertbildung ausgenommen. Dies entspricht einer getrimmten Mittelwertbildung. Der ausgenommene Anteil ist ebenfalls ein variabel konfigurierbarer Parameter (Trimmung), welcher in seinem Wert vom Zustand der Heizungsanlage abhängig ist. Je mehr in ihrer Funktion eingeschränkte Heizkörper 16 (z. B. durch zugesetzte Rohre, klemmende Ventile, defekte Heizkörper etc.) bekannt sind, desto größer sollte der Anteil an ausgeschlossenen Heizkörpern 16 sein.

[0049] Nachfolgend werden einige mögliche Varianten der getrimmten Mittelwertbildung für den Einsatz im vorgestellten Verfahren erläutert.

[0050] Generell sollten defekte Heizkörper 16, Stellantriebe 20, Ventile, Thermostate oder elektronische Heizkostenverteiler 18 bei der Ermittlung der Standardabweichung (STAB-T_{Heff}) der effektiven Heizkörpertemperaturen (T_{Heff}) aller hydraulisch verbundenen Heizkörper

16 der Heizungsanlage oder eines Anlagenabschnitts berücksichtigt werden. Störend sind hierbei insbesondere Heizkörper 16, welche durch Defekte weit von den effektiven Heizkörpertemperaturen (T_{Heff}) abweichen und dadurch nur geringfügig oder gar nicht von einer hydraulischen Optimierung beeinflusst werden. Eine Möglichkeit, um einen störenden Einfluss dieser Defekte auf den Algorithmus einzudämmen, ist der Ausschluss der betroffenen Heizkörper 16 von der Ermittlung des Mittelwertes (MW-T_{Heff}) bzw. der Standardabweichung (STAB-T_{Heff}) sowie ein daraus resultierender Ausschluss von der angestrebten Reduzierung oder Erhöhung des maximalen Stellantriebhubes.

[0051] Eine Variante des Ausschlusses ist die Anwendung eines getrimmten Mittelwertes. Hierbei wird eine bestimmte Teilmenge der hydraulisch verbundenen Heizkörper 16 von der Mittelwertbildung ausgeschlossen. Die ausgeschlossene Teilmenge entspricht dabei einem Parameter des Algorithmus, welcher individuell für ein System von hydraulisch verbundenen Heizkörpern 16 festgelegt werden kann. Beim mathematischen Modell des getrimmten Mittelwertes werden gleichermaßen die besten als auch die schlechtesten Werte bei der Mittelwertbildung ausgeschlossen. Dieses Vorgehen ist ratsam bei Systemen, über die noch keinerlei Informationen bezüglich Defekten oder der Art der Defekte vorliegen. Diese Variante wird im Weiteren als erste Variante bezeichnet.

[0052] Eine Abwandlung der ersten Variante erlaubt eine Gewichtung bei den auszuschließenden Heizkörper 16 am oberen und unteren Ende. Wenn davon ausgegangen wird oder bekannt ist, dass die Mehrzahl der Defekte zu Werten am unteren oder oberen Ende der Wertemenge führt, würde der Mittelwert stärker in Richtung niedrigerer oder höherer Heizkörpertemperaturen (TH) verschoben. In diesem Fall können zwei voneinander verschiedene auszuschließende Teilmengen und demzufolge auch zwei Parameter unabhängig voneinander gesetzt werden. Die Trimmung könnte so am oberen Ende der Werte kleiner sein als am unteren Ende oder umgekehrt. Diese Variante ist zu bevorzugen, wenn eine Vermutung besteht, dass es durch Defekte einen Schwerpunkt an einem Ende der Wertemenge gibt. Hierbei ist es auch möglich, dass einer der Parameter den Wert "0" hat und damit die Trimmung nur an einem Ende erfolgt.

[0053] Sind bereits im Gegensatz zur Prämisse der ersten Variante Heizkörper 16 oder zugehörige Komponenten bekannt, welche Defekte aufweisen, oder werden im Laufe des Betriebs bekannt, so können die betroffenen Heizkörper 16 auch direkt von der Mittelwertbildung ausgeschlossen werden. (Sie können aber auch wieder aufgenommen werden, wenn die Defekte beseitigt sind.) Der Ausschluss (bzw. die Wiederaufnahme) kann manuell durch einen Systemoperator oder automatisch, beispielsweise durch maschinelles Lernen oder einen KI-Ansatz erfolgen. Erkennt entweder der Systemoperator oder das System selbst einen Defekt an einem Heiz-

körper 16, so wird dieser für die Mittelwertbildung und die Anpassung der Stellantriebhubes ausgeschlossen. Dieses Vorgehen wird als zweite Variante bezeichnet.

[0054] Eine weitere mögliche Variante ist eine Mischvariante, bei welcher zum einen wie in der zweiten Variante bekannte Heizkörper 16 mit Defekten manuell oder automatisch ausgeschlossen werden, und zusätzlich eine pauschale gewichtete Trimmung wie in der Abwandlung der ersten Variante möglich ist. Diese Mischvariante wird bevorzugt verwendet, wobei es das langfristige Ziel im Verlauf des Betriebs sein sollte, zur zweiten Variante überzugehen.

[0055] Damit der gleichzeitig aktive Algorithmus zur Einzelraumregelung den Algorithmus zum hydraulischen Abgleich nicht negativ beeinflusst, werden Heizkörper 16, die kürzlich eine Änderung (Latenz- Δ Hub) der Stellanforderung erfahren haben, nicht gedrosselt. Dies ist eine Maßnahme um der Latenz eines wasserbasierten zentralen Heizungssystems mit Standardheizkörpern Rechnung zu tragen. Eine weitere Maßnahme, mit welcher der Latenz Rechnung getragen wird, ist der zeitliche Abstand (Latenz-HA) zwischen den Vergleichen der effektiven Heizkörpertemperaturen der Heizkörper 16 anhand der Standardabweichung (STAB-T_{Heff}) des Mittelwertes (MW-T_{Heff}). Die beiden genannten Latenzen sind ebenfalls variabel konfigurierbare Parameter, deren Einstellung von der Latenz des Heizungssystems abhängt. Je mehr Zeit beispielsweise zwischen der Stellanforderung an einem Heizkörper 16 und dem Erreichen der zu diesem Zeitpunkt bei gegebener Ventilöffnung möglichen Heizkörpertemperatur vergeht, desto größer sollten die Parameter für die Latenzen sein.

[0056] Es ist grundsätzlich auch möglich, den automatischen adaptiven hydraulischen Abgleich nicht auf der Grundlage der von den elektronischen Heizkostenverteiltern 18 gemessenen Heizkörpertemperaturen (TH) und der daraus ermittelten effektiven Heizkörpertemperaturen (T_{Heff}) durchzuführen, sondern auf der Grundlage der von den elektronischen Heizkostenverteiltern 18 ausgegebenen Zählfortschritte (Anzeigewerte oder Verbrauchswerte). Die dimensionslosen Zählfortschritte können nämlich näherungsweise als abgegebene Energieeinheiten in kWh interpretiert werden, sofern sich der jeweilige Heizkörper 16 in einem spezifikationsgemäßen Betriebszustand befindet; sie entsprechen aber keiner streng kalorischen Maßeinheit. Dennoch werden die Zählfortschritte nachfolgend der Einfachheit halber als Energieabgabewerte bezeichnet.

[0057] Die Energieabgabewerte werden - wie oben für die Heizkörpertemperaturen (TH) beschrieben - kontinuierlich, also wiederholt in regelmäßigen, relativ kurzen Zeitabständen, von den elektronischen Heizkostenverteiltern 18 an die zentrale Steuereinheit 26 übermittelt. Die Übermittlung kann in Form von standardisierten OMS-Telegrammen erfolgen, jedoch im Vergleich zu den regelmäßigen Übermittlungen im Rahmen der Ermittlung der Heizkostenverteilung mit einer höheren zeitlichen Auflösung.

[0058] Die zentrale Steuereinheit 26 kann aus den Energieabgabewerten Rückschlüsse auf die effektiven Heizkörpertemperaturen (T_{Heff}) ziehen. Hierzu kann die zentrale Steuereinheit 26 auf Zusatzwissen und/oder eine Modellbildung zurückgreifen, wobei auch eine Unterstützung durch maschinelles Lernen oder künstliche Intelligenz möglich ist. Die auf der Korrelation mit den Energieabgabewerten basierende Ermittlung der effektiven Heizkörpertemperaturen (T_{Heff}) kann auch bei einem externen Dienstleister erfolgen, z. B. in einem Rechenzentrum, das mit der zentralen Steuereinheit 26 kommunizieren kann.

[0059] Letztlich ist ein Berechnen von konkreten Werten der effektiven Heizkörpertemperaturen (T_{Heff}) aus den Energieabgabewerten nicht zwingend erforderlich; es kann auch mit abstrakten Werten gearbeitet werden, die den effektiven Heizkörpertemperaturen (T_{Heff}) entsprechen; dieser Fall ist hier explizit mit einbezogen. Entscheidend ist jedenfalls, dass ein hinreichend genauer Zusammenhang zwischen diesen Größen bekannt ist. Somit kann der adaptive hydraulische Abgleich auch nur mit den Energieabgabewerten als Eingangsgrößen durchgeführt werden.

[0060] Das oben beschriebene Verfahren zum automatischen adaptiven hydraulischen Abgleich wird nicht nur einmalig bei der Inbetriebnahme oder im Rahmen einer Wartung der Heizungsanlage, sondern dauerhaft und über viele Jahre hinweg durchgeführt.

[0061] In Figur 3 ist beispielhaft ein Vergleich zwischen einer nicht hydraulisch abgeglichenen Heizungsanlage (linke Hälfte) und einer Heizungsanlage dargestellt, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgreich hydraulisch abgeglichen wurde (rechte Hälfte). Der Vergleich zeigt, dass mit dem dauerhaft durchgeführten hydraulischen Abgleich eine Optimierung und Homogenisierung der Wärmeverteilung in den Räumen 14 des Gebäudes 10 erreicht wird.

[0062] Die Homogenisierung der Wärmeverteilung in den Räumen 14 wird durch eine fortwährende Volumenstromanpassung und -begrenzung durch die elektrischen Stellantriebe 20 gewährleistet. Diese auf die Lastsituation angepasste und variable Einstellung der maximal erlaubten Ventilöffnungen der Heizkörper 16 über die Stellantriebe 20 führt zu einem gleichmäßig verteilten Volumenstrom über alle Heizkörper 16 in den Räumen 14 des Gebäudes 10.

[0063] Nachfolgend wird eine Ergänzung bzw. Erweiterung des kontinuierlichen adaptiven hydraulischen Abgleichs beschrieben, die auf der Erstellung von Referenzszenarien für hydraulische Zustände basiert. Dabei passt ein Zusatzalgorithmus kontinuierlich adaptiv die maximalen Hübe der Stellantriebe aller hydraulisch verbundenen Heizkörper 16 anhand der effektiven Heizkörpertemperaturen (T_{Heff}) aller dieser Heizkörper 16 an, um die Standardabweichung dieses getrimmten Mittelwertes unterhalb eines als Parameter zu setzenden Wertes zu halten.

[0064] Eine sich daraus ebenfalls ergebende Möglich-

keit, ist ein Verfahren zur Ermittlung optimaler maximaler Ventilhübe in bestimmten definierten Szenarien. Ein solches Szenario könnte beispielsweise sein, dass alle Heizkörper 16 gleichzeitig ihre maximal verfügbare Leistung abfordern. Die Ventilhübe würden alle bei 100% starten und die effektiven Heizkörpertemperaturen (T_{Heff}) der Heizkörper 16 würden sich aufgrund der hydraulischen Verhältnisse unterscheiden. Der Algorithmus beginnt adaptiv die maximalen Ventilhübe anzupassen, so dass die Standardabweichung der effektiven Heizkörpertemperatur (T_{Heff}) verringert wird, bis sie unterhalb des gesetzten Parameters ist. Ist dieser Zustand erreicht, finden keine weiteren Anpassungen der maximalen Ventilhübe mehr statt; es wurde ein stabiler Zustand, bzw. ein Optimum für das Szenario erreicht.

[0065] Ein anderes mögliches Szenario wäre, dass lediglich die Wohnräume beheizt werden und beispielsweise Küchen und Schlafzimmer unbeheizt (Raumtemperatur über Solltemperatur) bleiben. Dieses Vorgehen entspricht dem bereits beschriebenen Verfahren. Alle Ventile starten ungedrosselt, und der Algorithmus passt die maximalen Ventilhübe adaptiv an, bis ein optimaler Zustand erreicht ist. Bei diesem Vorgehen werden das Nutzerverhalten bzw. individuelle Behaglichkeitsanforderungen bewusst ignoriert. Es finden also in der Zeit der adaptiven Anpassung keine Sollwertänderungen bzw. Änderungen im Wärmebedarf statt, der Ventilhub aller Ventile wird vorgegeben. Das Vorgehen kann um Wärmebedarfsänderungen und andere Faktoren erweitert werden, um weitere Szenarien abzubilden. Ein Beispiel hierfür wäre die Aufheizzeit nach einer Nachtabsenkung in den Morgenstunden, bei welcher alle Heizkörper 16 mit maximalem Bedarf starten, jedoch zeitlich versetzt herunterfahren, da die Zieltemperaturen der Räume erreicht wurden.

[0066] Auf diese Weise lassen sich Referenzszenarien bzw. Szenario-abhängige optimale maximale Ventilhübe ermitteln. Solche Referenzen können ggf. die Adaptionszeiten verkürzen, da das System nicht bei null anfangen muss, sondern bei Erkennen einer Ähnlichkeit zu einem bestehenden Szenario direkt die optimale Einstellung anfahren kann. Dieser Ansatz kann dann durch den Einsatz von maschinellern Lernen bzw. KI automatisiert angewendet werden.

Bezugszeichenliste

[0067]

10	Gebäude
12a	Keller
12b	unteres Stockwerk
12c	oberes Stockwerk
14	Raum
16	Heizkörper
18	elektronischer Heizkostenverteiler
20	Funk-Stellantrieb
22	Zentralheizung

- 24a Vorlauf
- 24b Rücklauf
- 24c Abzweigung
- 24d Abzweigung
- 26 zentrale Steuereinheit
- 28 Smart-Building-Gateway

Patentansprüche

1. Verfahren zur Durchführung eines hydraulischen Abgleichs in einer Heizungsanlage mit mehreren hydraulisch miteinander in Beziehung stehenden Heizkörpern (16), die über eine elektrisch verstellbare Ventilöffnung verfügen und jeweils mit einem elektronischen Heizkostenverteiler (18) mit Funkchnittstelle versehen sind, mit folgenden Schritten:

- wiederholtes Messen der Heizkörpertemperatur (TH) der Heizkörper (16) mittels der Heizkörper-Temperaturfühler der Heizkostenverteiler (18) über einen vorgegebenen Zeitraum;
- Berechnen einer effektiven Heizkörpertemperatur (THeff) für jeden Heizkörper (16) aus den im vorgegebenen Zeitraum gemessenen Heizkörpertemperaturen (TH) durch eine Mittelwertbildung;
- Berechnen eines Mittelwerts (MW-THeff) der effektiven Heizkörpertemperaturen (THeff) aller Heizkörper (16), die eine Stellanforderung größer Null für ihre Ventilöffnung haben, und der Standardabweichung (STAB-THeff) des Mittelwerts (MW-THeff);
- Klassifizieren eines Heizkörpers (16) als unterversorgt, wenn die Abweichung seiner effektiven Heizkörpertemperatur (THeff) vom Mittelwert (MW-THeff) nach unten größer als die Standardabweichung (STAB-THeff) ist;
- Klassifizieren eines Heizkörpers (16) als drosselbar, wenn die Abweichung seiner effektiven Heizkörpertemperatur (THeff) vom Mittelwert (MW-THeff) nach oben größer als die Standardabweichung (STAB-THeff) ist;
- Prüfen, ob die Standardabweichung (STAB-THeff) einen vorgegebenen Toleranzbereich (STAB-Toleranz) überschreitet; und
- im Falle einer Überschreitung des Toleranzbereichs (STAB-Toleranz): Vergrößern der maximal erlaubten Ventilöffnungen (sofern nicht bereits vollständig geöffnet) der als unterversorgt klassifizierten Heizkörper (16) und Reduzieren der maximal erlaubten Ventilöffnungen (sofern nicht bereits vollständig geschlossen) der als drosselbar klassifizierten Heizkörper (16).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Erhöhen und Reduzieren der maximal erlaubten Ventilöffnungen jeweils schrittweise erfolgt, bis die Standardabweichung (STAB-

THeff) innerhalb des Toleranzbereichs (STAB-Toleranz) liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zeitraum für die Messungen der Heizkörpertemperaturen (TH), die zur Mittelwertbildung herangezogen werden, variabel konfigurierbar ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Toleranzbereich (STAB-Toleranz) für die Standardabweichung (STAB-THeff) variabel konfigurierbar ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer kleineren Anzahl an Heizkörpern (16) ein größerer Toleranzbereich (STAB-Toleranz) vorgegeben wird als bei einer größeren Anzahl an Heizkörpern (16).
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mittelwert (MW-THeff) der effektiven Heizkörpertemperaturen (THeff) aller Heizkörper (16) ein getrimmter Mittelwert ist, bei dessen Berechnung ein vorgegebener Anteil der größten und kleinsten effektiven Heizkörpertemperaturen (THeff) ignoriert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil ein variabel konfigurierbarer Parameter ist.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer größeren Anzahl an bekannten funktionseingeschränkten Heizkörpern (16) ein größerer Anteil vorgegeben wird als bei einer kleineren Anzahl an bekannten funktionseingeschränkten Heizkörpern (16).
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Heizkörpern (16), die innerhalb einer vorgegebenen Latenz-Zeitspanne eine Änderung (Latenz- Δ Hub) der Stellanforderung erfahren haben, die maximal erlaubte Ventilöffnung nicht vergrößert oder reduziert wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Latenz-Zeitspanne ein variabel konfigurierbarer Parameter ist.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer längeren Dauer zwischen einer Stellanforderung an einem Heizkörper (16) und dem Erreichen der zu diesem Zeitpunkt bei gegebener maximal erlaubter Ventilöffnung möglichen Heizkörpertemperatur eine größere Latenz-Zeitspanne vorgegeben wird als bei einer kürzeren Dauer.

12. Verfahren einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zeitlicher Abstand (Latenz-HA) zwischen den Vergleichen der effektiven Heizkörpertemperaturen (THeff) der Heizkörper (16) mit der Standardabweichung (STAB-THeff) des Mittelwerts (MW-THeff) vorgegeben ist. 5
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zeitliche Abstand ein variabel konfigurierbarer Parameter ist. 10
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren dauerhaft ausgeführt wird. 15
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit der Maßgabe, dass die effektiven Heizkörpertemperaturen (THeff) der Heizkörper (16) aus Zählfortschritten bestimmt werden, die die elektronischen Heizkostenverteiler (18) an die zentrale Steuereinheit (26) übermitteln, wobei für die Bestimmung vorzugsweise auf Zusatzwissen und/oder eine Modellbildung zurückgegriffen wird, weiter vorzugsweise mit Unterstützung durch maschinelles Lernen oder künstliche Intelligenz. 20 25
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** anhand vorher erstellter Referenzszenarien optimale maximale Ventilhübe für elektrische Stellantriebe (20) zur Einstellung der maximal erlaubten Ventilöffnungen der Heizkörper (16) ermittelt werden. 30
17. Vorrichtungsanordnung zur Durchführung eines hydraulischen Abgleichs in einer Heizungsanlage eines Gebäudes (10) mit einer Zentralheizung, wobei die Vorrichtungsanordnung folgendes umfasst: 35
- mehrere hydraulisch miteinander in Beziehung stehende Heizkörper (16) mit einem elektrischen Stellantrieb (20) zur Einstellung der maximal erlaubten Ventilöffnung des Heizkörpers (16); 40
- an den Heizkörpern (16) angebrachte elektronische Heizkostenverteiler (18) mit einem Heizkörpertemperaturfühler zur Ermittlung der Heizkörpertemperatur (TH); und 45
- eine zentrale Steuereinheit (26); 50
- wobei die elektronischen Heizkostenverteiler (18) zur direkten oder indirekten Übermittlung von Heizkörpertemperaturen (TH) oder effektiven Heizkörpertemperaturen (THeff) oder Zählfortschritten an die zentrale Steuereinheit (26) eingerichtet sind; 55
- wobei die Stellantriebe (20) zur direkten oder indirekten Übermittlung einer Stellanforderung an die zentrale Steuereinheit (26) und zum direkten oder indirekten Empfang einer Ventilöffnungs- oder Ventilschließvorgabe von der zentralen Steuereinheit (26) eingerichtet sind; und wobei die zentrale Steuereinheit (26) einen Rechner aufweist, der zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche eingerichtet ist.
18. Vorrichtungsanordnung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronischen Heizkostenverteiler (18) und/oder die Stellantriebe (20) und/oder die zentrale Steuereinheit (26) mit einer Funkschnittstelle versehen sind.
19. Vorrichtungsanordnung nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Übertragung von Daten von oder zu der zentralen Steuereinheit (26) über ein oder mehrere Smart-Building-Gateways (28) erfolgt.

Fig. 1

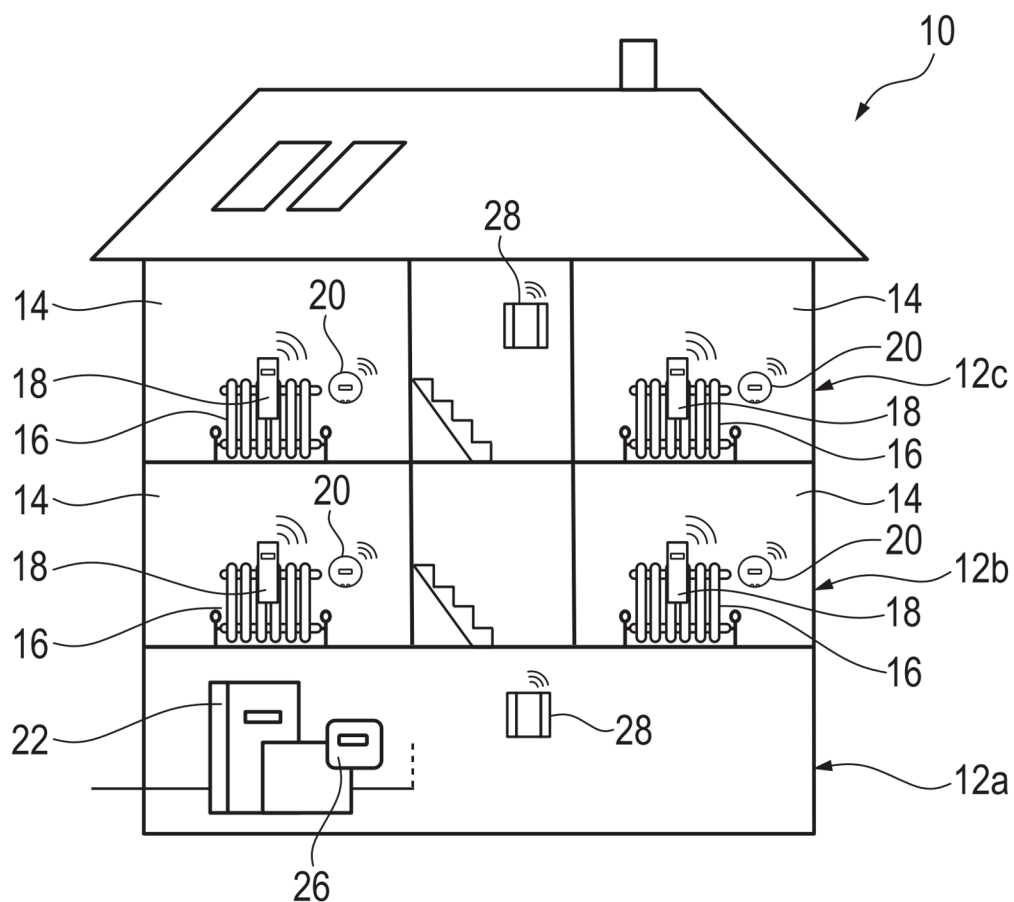


Fig. 2

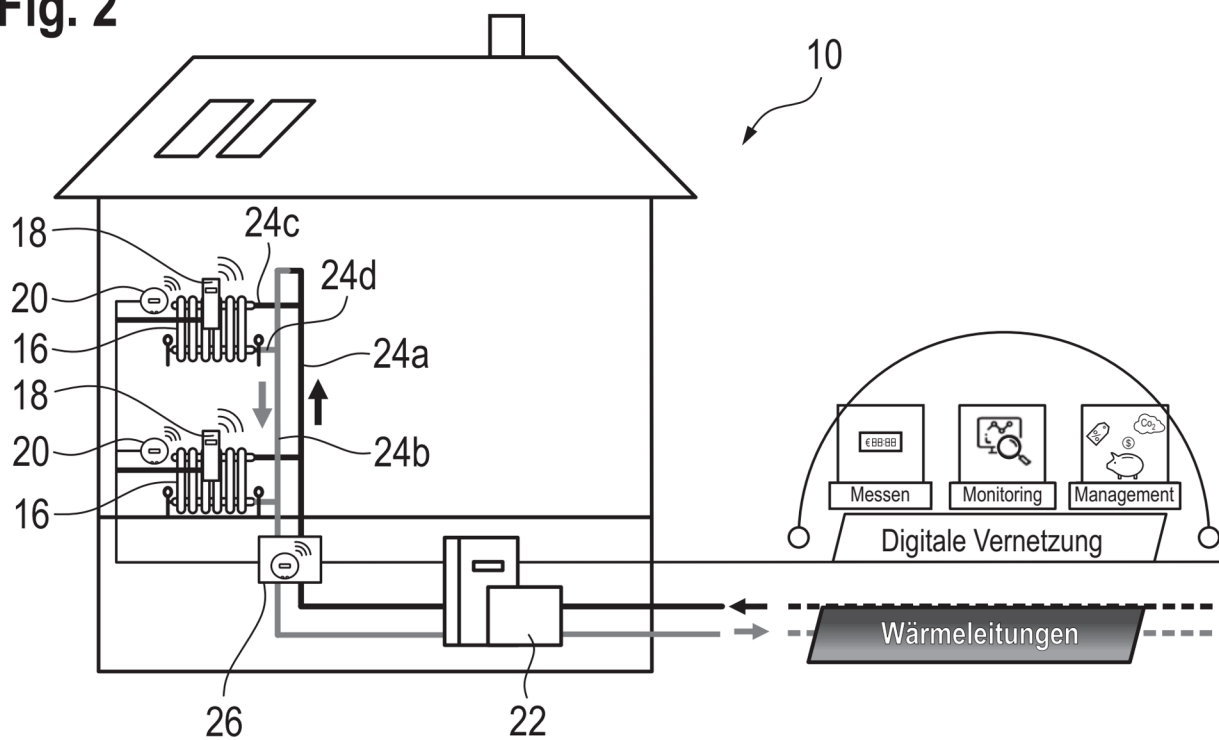
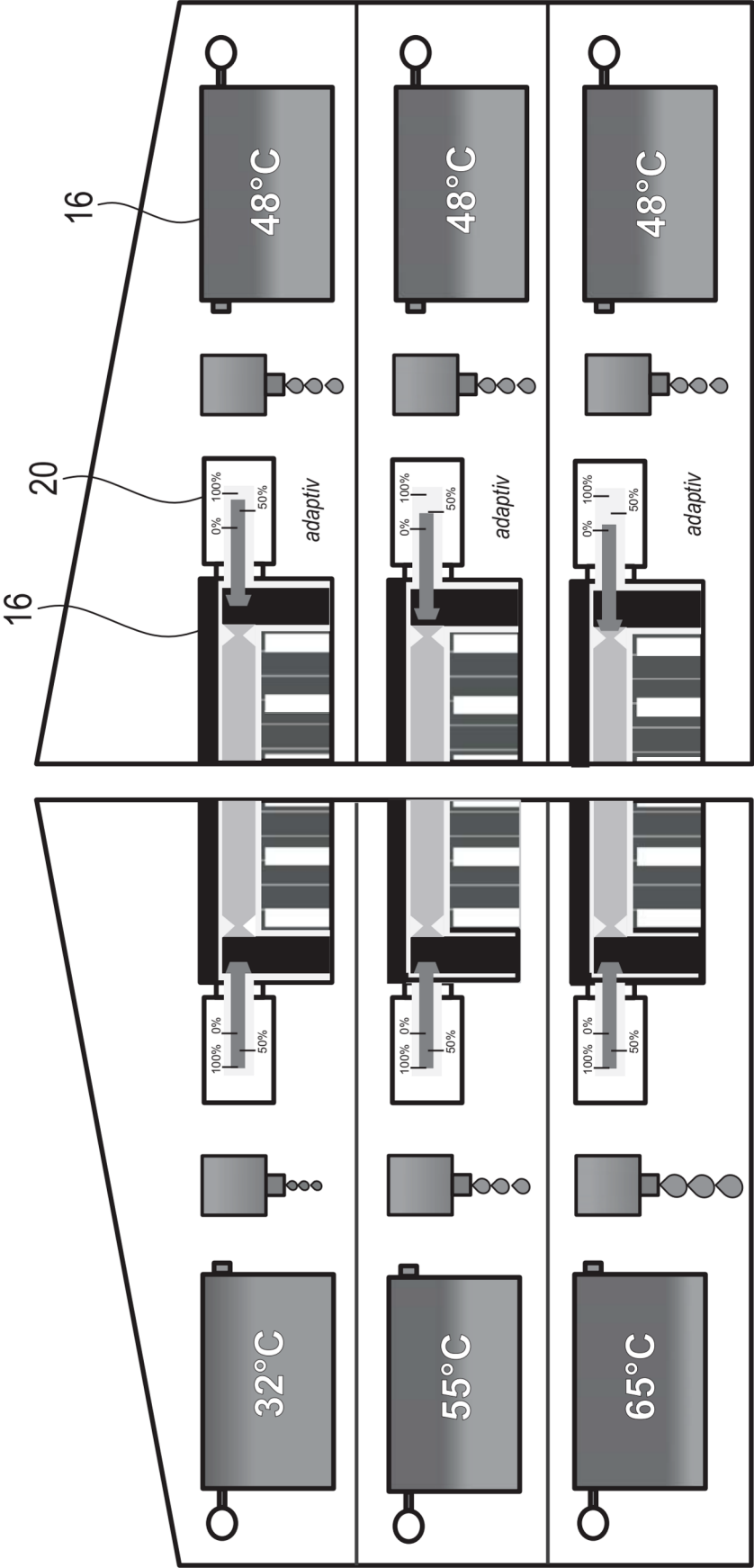


Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 26 16 2922

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P24C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	EP 3 650 761 A1 (SIEMENS SCHWEIZ AG [CH]) 13. Mai 2020 (2020-05-13) * Absatz [0022] - Absatz [0070]; Abbildungen 1-3 *	1-19	INV. F24D19/10
Y	EP 3 009 908 B1 (METRONA WÄRMEMESSER UNION GMBH [DE] ET AL.) 22. März 2017 (2017-03-22) * Absatz [0023] - Absatz [0029] *	1-19	
Y	BENAKOPOULOS THEOFANIS ET AL: "Strategy for low-temperature operation of radiator systems using data from existing digital heat cost allocators", ENERGY ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, Bd. 231, 18. Mai 2021 (2021-05-18), XP086685561, ISSN: 0360-5442, DOI: 10.1016/J.ENERGY.2021.120928 [gefunden am 2021-05-18] * Seite 3 - Seite 6 *	1-19	
Y	EP 3 035 144 B1 (WESTSÄCHSISCHE HOCHSCHULE ZWICKAU [DE] ET AL.) 22. Januar 2020 (2020-01-22) * Absatz [0013] *	15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F24D
A	CN 101 769 763 B (LINAN CHEN) 22. August 2012 (2012-08-22) * das ganze Dokument *	1-19	
A	DE 10 2020 114319 A1 (MINEBEA MITSUMI INC [JP]) 2. Dezember 2021 (2021-12-02) * das ganze Dokument *	1-19	
A	DE 10 2017 101047 A1 (INSTA GMBH [DE]) 26. Juli 2018 (2018-07-26) * das ganze Dokument *	1-19	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. Juli 2026	
		Prüfer Riesen, Jörg	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 26 16 2922

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-07-2026

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3650761 A1	13-05-2020	KEINE	
EP 3009908 B1	22-03-2017	EP 3009908 A1 PL 3009908 T3	20-04-2016 30-11-2017
EP 3035144 B1	22-01-2020	KEINE	
CN 101769763 B	22-08-2012	KEINE	
DE 102020114319 A1	02-12-2021	KEINE	
DE 102017101047 A1	26-07-2018	KEINE	

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1936288 A2 **[0004]**
- EP 2420748 A2 **[0005]**
- EP 3009908 B1 **[0006]**