



(11)

EP 4 261 464 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.10.2023 Patentblatt 2023/42

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F24D 17/00 ^(2022.01) **F24H 1/43** ^(2022.01)
F24H 9/20 ^(2022.01)

(21) Anmeldenummer: **23162053.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F24D 17/0026; F24H 9/2035; F24H 15/174;
F24H 15/219; F24H 15/36; F24H 15/429;
F23N 2225/19; F24H 1/43

(22) Anmeldetag: **15.03.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **11.04.2022 DE 102022108767**

(71) Anmelder: **Viessmann Climate Solutions SE**
35108 Allendorf (DE)

(72) Erfinder:
• **SCHEER, Benjamin**
59969 Hallenberg (DE)
• **MÜLLER, Jan-Luca**
59969 Bromskirchen (DE)

(74) Vertreter: **MERH-IP Matias Erny Reichl Hoffmann**
Patentanwälte PartG mbB
Paul-Heyse-Strasse 29
80336 München (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM ERMITTELN EINER ZULAUFTEMPERATUR, VERFAHREN ZUM STEuern EINES WÄRMEERZEUGERS, VERFAHREN ZUM STARTEN EINES WÄRMEERZEUGERS, WÄRMEERZEUGER UND STEUERVORRICHTUNG**

(57) Die Erfindung stellt ein Verfahren zum Ermitteln einer Zulauftemperatur eines in einem Wärmeerzeuger 100 mit einer Brennvorrichtung 20 zu erwärmenden Fluids bereit, umfassend ein Betreiben des Wärmeerzeugers 100 zum Erwärmen eines durch den Wärmeerzeuger 100 strömenden Fluids, ein Erfassen einer Auslasstemperatur des aus einem Auslass 40 des Wärmeerzeugers 100 ausströmenden Fluids, ein Erfassen eines Betriebswerts eines Modulationsparameters der Brennvorrichtung 20, der eine Heizleistung der Brennvorrichtung 20 reguliert, ein Bereitstellen einer Heizleistungsfunktion des Wärmeerzeugers 100, die eine Heizleistung der Brennvorrichtung 20 zum Erwärmen des Fluids in Abhängigkeit des Modulationsparameters der Brennvorrichtung 20 beschreibt, ein Bereitstellen eines Volumenstroms des durch den Wärmeerzeuger 100 strömenden Fluids und ein Ermitteln einer Zulauftemperatur des in einen Zulauf 10 des Wärmeerzeugers 100 einströmenden Fluids, wobei das Ermitteln der Zulauftemperatur auf Basis der bereitgestellten Heizleistungsfunktion, des bereitgestellten Volumenstroms, der erfassten Auslasstemperatur und des erfassten Betriebswerts des Modulationsparameters erfolgt.

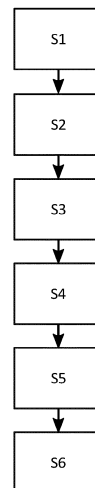


Fig. 1A

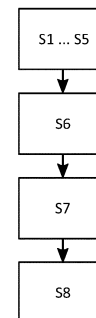


Fig. 1B

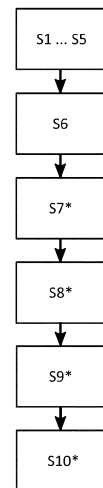


Fig. 1C

EP 4 261 464 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln einer Zulufttemperatur eines in einem Wärmeerzeuger zu erwärmenden Fluids, ein Verfahren zum Steuern eines Wärmeerzeugers, ein Verfahren zum Starten eines Wärmeerzeugers, einen Wärmeerzeuger sowie eine Steuervorrichtung zum Einsatz in einem Wärmeerzeuger.

Hintergrund der Erfindung

10 **[0002]** Aus dem Stand der Technik sind Wärmeerzeuger zum Erwärmen eines durch diese strömenden Fluids mit Hilfe einer Brennvorrichtung bekannt, wobei das einströmende Fluid ausgehend von seiner Zulufttemperatur bis hin zu einer gewünschten Soll-Temperatur erwärmt werden soll.

15 **[0003]** Besagte Wärmeerzeuger werden häufig im Zuge der Wasserversorgung in Gebäuden eingesetzt, um zum Beispiel aus einer externen Versorgungsquelle bereitgestelltes Trinkwasser für einen anschließenden Gebrauch auf eine gewünschte Temperatur zu erwärmen. Das erwärmte Wasser kann anschließend als Warmwasser zu Versorgung von Duschen und ähnlichen sanitären Einrichtungen verwendet werden.

20 **[0004]** Nach einer eingehenden Anforderung von Warmwasser, beispielsweise durch Betätigung einer Sanitärarmatur, wird das durch den Wärmeerzeuger strömende Wasser mit Hilfe der Brennvorrichtung unter Einsatz einer Brennerflamme erwärmt und anschließend entweder direkt oder nach Mischung mit Kaltwasser bereitgestellt.

25 **[0005]** Sowohl aus Energie- und den damit verbundenen Kostengründen als auch aus Komfortgründen ist es dabei wünschenswert, die Auslasstemperatur am Wärmeerzeuger möglichst genau zu steuern und unter anderem möglichst schnell die gewünschte Temperatur zu erreichen und auch zu halten. Im Hinblick auf beim Betrieb üblicherweise stark schwankende Betriebsgrößen des Wärmeerzeugers, insbesondere einer durch eine externe Versorgungsquelle bestimmten Zulufttemperatur, ist eine entsprechende Berücksichtigung der selbigen für eine optimierte Steuerung des Wärmeerzeugers sinnvoll.

30 **[0006]** So ist beispielsweise aus der US 5 322 216 A1 ein Wärmeerzeuger zur Wassererwärmung unter Verwendung einer gasbasierten Brennvorrichtung bekannt, bei dem die Zulauf- und die Auslasstemperatur des in den Wärmeerzeuger einströmenden bzw. des aus diesem ausströmenden Wassers über jeweilige Temperatursensoren erfasst werden, um so unter Berücksichtigung einer schwankenden Zulufttemperatur die Auslasstemperatur möglichst auf einem gewünschten, üblicherweise voreingestellten Wert zu halten.

35 **[0007]** Zum Erreichen des vorstehenden, von einem Nutzer als komfortabel empfundenen Betriebs des Wärmeerzeugers wird dieser zunehmend komplexer ausgestaltet und umfasst unter anderem umfangreiche Sensoriken und Auswertungseinheiten zum Erfassen und Verarbeiten diverser Betriebsgrößen, was nicht nur die Herstellungskosten, sondern auch die geometrischen Abmessungen sowie den Wartungsaufwand des Wärmeerzeugers erhöht.

Zusammenfassung der Erfindung

40 **[0008]** Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine gegenüber dem Stand der Technik effizientere Möglichkeit zum Erwärmen eines Fluids mittels eines Wärmeerzeugers bereitzustellen.

[0009] Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Verfahren zum Ermitteln einer Zulufttemperatur eines in einem Wärmeerzeuger zu erwärmenden Fluids gemäß Anspruch 1, ein Verfahren zum Steuern eines Wärmeerzeugers gemäß Anspruch 6, ein Verfahren zum Starten eines Wärmeerzeugers gemäß Anspruch 10, ein Wärmeerzeuger gemäß Anspruch 13 und eine Steuervorrichtung gemäß Anspruch 15 bereitgestellt

45 **[0010]** Die jeweiligen abhängigen Ansprüche beziehen sich dabei auf bevorzugte Ausführungsformen, die jeweils für sich genommen oder in Kombination bereitgestellt werden können.

[0011] Gemäß eines ersten Aspekts der Erfindung wird ein Verfahren zum Ermitteln einer Zulufttemperatur eines in einem Wärmeerzeuger mit einer Brennvorrichtung zu erwärmenden Fluids bereitgestellt. Das Verfahren umfasst ein Betreiben des Wärmeerzeugers zum Erwärmen eines durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids, ein Erfassen einer Auslasstemperatur des aus einem Auslass des Wärmeerzeugers ausströmenden Fluids, ein Erfassen eines Betriebswerts eines Modulationsparameters der Brennvorrichtung, der eine Heizleistung der Brennvorrichtung reguliert, ein Bereitstellen einer Heizleistungsfunktion des Wärmeerzeugers, die eine Heizleistung der Brennvorrichtung zum Erwärmen des Fluids in Abhängigkeit des Modulationsparameters der Brennvorrichtung beschreibt, ein Bereitstellen eines Volumenstroms des durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids und ein Ermitteln einer Zulufttemperatur des in einen Zulauf des Wärmeerzeugers einströmenden Fluids, wobei das Ermitteln der Zulufttemperatur auf Basis der bereitgestellten Heizleistungsfunktion, des bereitgestellten Volumenstroms, der erfassten Auslasstemperatur und des erfassten Betriebswerts des Modulationsparameters erfolgt.

[0012] Unter dem Modulationsparameter der Brennvorrichtung ist dabei jedweder Betriebsparameter der Brenner-

vorrichtung zu verstehen, über den eine Heizleistung der Brennvorrichtung reguliert werden kann und der üblicherweise auch als ein Stellglied bei einem Steuern des Wärmeerzeugers fungiert.

[0013] Unter der Heizleistungsfunktion ist dabei jedwede Beschreibung eines Zusammenhangs zwischen dem besagten Modulationsparameter und der zum Erwärmen des Fluids bereitgestellten bzw. einsetzbaren Heizleistung der Brennvorrichtung zu verstehen. Diese kann beispielsweise und nicht erschöpfend in Form einer mathematischen Funktion, einer Wertetabelle oder einer Kennlinie angegeben werden. Für Beispiele der Heizleistungsfunktion wird auf Fig. 4A und Fig. 4B verwiesen.

[0014] Bei der Brennvorrichtung handelt es sich um eine Vorrichtung zum flammenbasierten Verbrennen eines Brennstoffs, insbesondere eines brennbaren Gases, bzw. eines Luft-Brennstoff-Gemischs unter Ausbildung einer Brennerflamme, wobei die dabei freigesetzte Wärmeenergie zum Erwärmen des Fluids eingesetzt wird.

[0015] Die Brennvorrichtung kann beispielsweise einen Vormischbrenner umfassen, in dem Luft und Brennstoff vor Eintritt in einen Verbrennungsraum vorgemischt werden. Als nicht beschränkendes Beispiel für den Modulationsparameter in diesem Fall wäre eine die Brennstoffmenge im vorgemischten Luft-Brennstoff-Gemisch regulierender Betriebsparameter der Brennvorrichtung zu nennen, wie beispielsweise ein Öffnungsgrad eines Brennstoffventils oder eine Ventilstellung eines Luft-Brennstoff-Mischventils. Ein möglicher weiterer Modulationsparameter ist die Leistung einer das Luft-Brennstoff-Gemisch transportierenden Gebläseeinheit.

[0016] Die Brennvorrichtung kann beispielsweise auch einen Diffusionsbrenner umfassen, in dem Luft und Brennstoff erst im Verbrennungsraum gemischt werden. Als nicht beschränkendes Beispiel für den Modulationsparameter in diesem Fall wäre ein die in den Verbrennungsraum einströmende Brennstoffmenge regulierender Betriebsparameter der Brennvorrichtung zu nennen, wie beispielsweise ein Öffnungsgrad eines Brennstoffventils.

[0017] Der bereitgestellte Volumenstrom bezeichnet den Volumenstrom des Fluids während des Betriebs des Wärmeerzeugers und kann beispielsweise in Liter pro Minute angegeben werden. Der Volumenstrom kann dabei an unterschiedlichen Positionen entlang eines Strömungspaths durch den Wärmeerzeuger unterschiedlich ausfallen, zum Beispiel im Falle von Kompressibilität des Fluids, aber auch konstant sein, zum Beispiel im Falle eines inkompressiblen Fluids. Der bereitgestellte Volumenstrom kann dabei ein Volumenstrom an einer beliebigen Stelle entlang des Strömungspaths vom Zulauf bis hin zum Auslass sein. Bevorzugt handelt es sich um den Volumenstrom am Zulauf oder am Auslass oder um einen daraus gemittelten Volumenstrom.

[0018] Die Zulufttemperatur des Fluids ist in der Regel vergleichsweise starken Schwankungen unterworfen und wird im Wesentlichen durch eine externe Versorgungsquelle bestimmt, bei der es sich beispielsweise um eine Trinkwasserversorgung handelt, die in Folge unterschiedlicher Außentemperaturen, Jahreszeiten etc. Trinkwasser unterschiedliche Temperaturen am Zulauf des Wärmeerzeugers bereitstellen würde.

[0019] Durch Kenntnis über die Zulufttemperatur können besagte Schwankungen der selbigen im Zuge eines Steuerns des Wärmeerzeugers berücksichtigt werden, um so trotz veränderlicher Zulufttemperaturen einen robusten und stabilen Betrieb des Wärmeerzeugers zu ermöglichen. So kann ein Überhitzen des Fluids über eine angesetzte Soll-Temperatur hinweg vermieden werden oder es kann eine Zeit bis zum Erreichen der Soll-Temperatur verringert werden, was nicht nur ein Komfortempfinden bei der Nutzung des Wärmeerzeugers erhöht, sondern auch die Möglichkeit eines optimierten Betriebs des Wärmeerzeugers gestattet, wodurch beispielsweise beim Betrieb entstehende Energiekosten minimiert oder eine Lebensdauer des Wärmeerzeugers erhöht werden (zum Beispiel durch Vermeidung nachteiliger Betriebszustände mit Überhitzung).

[0020] Durch das bereitgestellte Verfahren zum Ermitteln der Zulufttemperatur wird die Zulufttemperatur des Fluids am Zulauf des Wärmeerzeugers vorteilhafterweise auf Basis anderweitiger am Wärmeerzeuger vorliegender Systemgrößen ermittelt. Der Einsatz einer zusätzlichen am Zulauf angeordneten Temperaturmessvorrichtung bzw. eines Temperatursensors ist nicht erforderlich. Dadurch werden, ohne auf die vorteilhaften Möglichkeiten unter Einsatz der Zulufttemperatur beim Steuern des Wärmeerzeugers verzichten zu müssen, unter anderem Herstellungskosten als auch Bauraum eingespart und ein Wartungsaufwand für den Wärmeerzeuger wird reduziert, da zumindest eine wartungsanfällige Komponente weniger vorliegt.

[0021] Auf diese Weise wird eine besonders effiziente Möglichkeit zum Erwärmen eines Fluids mittels eines Wärmeerzeugers bereitgestellt, der ohne einen zulaufseitigen Temperatursensor auskommt.

[0022] Im Folgenden werden die dem Ermitteln der Zulufttemperatur auf Basis der bereitgestellten Heizleistungsfunktion zugrundeliegenden Zusammenhänge aus dem Bereich der Thermodynamik unter Berücksichtigung vereinfachender Annahmen wiedergegeben. Vereinfachend wird angenommen, dass Änderungen der kinetischen und potentiellen Energie sowie des Drucks des betrachteten Fluidstroms vernachlässigt werden können. Das Verfahren soll aber nicht als auf Fluidströme mit diesen vereinfachenden Annahmen beschränkt verstanden werden. So kann die Modellierung durchaus auch Änderungen besagter Größen miteinbeziehen, wodurch eine genauere Beschreibung der thermodynamischen Vorgänge im Wärmeerzeuger bereitgestellt wird.

[0023] Unter Berücksichtigung der vorstehenden Annahmen vereinfacht sich der erste Hauptsatz der Thermodynamik für einen stationären Fluidstrom unter Berücksichtigung der Kontinuitätsgleichung (Massenerhaltung) zum Zusammenhang gemäß Gleichung 1 mit dem auf den Fluidstrom übertragbaren (von der Brennvorrichtung bereitgestellten)

Wärmestrom \dot{E}_W , dem Massenstrom des Fluids \dot{m}_F und der spezifischen Enthalpie h_F am Zulauf Z und am Auslass A. Die Punktnotation entspricht hierbei dem zeitlichen Differentialquotienten.

5

$$\dot{E}_W = \dot{m}_F(h_{F,A} - h_{F,Z}). \quad [\text{Gleichung 1}]$$

[0024] Die vorstehende Differenz der spezifischen Enthalpien $h_{F,A}$, $h_{F,Z}$ kann unter besagter Annahme eines konstanten Drucks gemäß Gleichung 2 über die spezifischen Wärmekapazität c_p des Fluids angegeben werden.

10

$$(h_{F,A} - h_{F,Z}) = c_p(T_A - T_Z) = c_p\Delta T. \quad [\text{Gleichung 2}]$$

[0025] Ausgehend von den Gleichungen 1 und 2 ergibt sich für die Temperaturänderung ΔT zwischen Auslass und Zulauf der nachfolgende Zusammenhang gemäß Gleichung 3, in dem der Massestrom \dot{m}_F in Abhängigkeit einer Dichte ρ_F und eines Volumenstrom Q_F des Fluids (entspricht Volumenstrom durch den Wärmeerzeuger) angegeben wird. Gleichung 3 soll dabei als Ausgangspunkt zur Erläuterung der Heizleistungsfunktion dienen.

20

$$\Delta T = \frac{\dot{E}_W}{\dot{m}_F c_p} = \frac{\dot{E}_W}{Q_F \rho_F c_p} \quad [\text{Gleichung 3}]$$

[0026] Die Heizleistungsfunktion kann beispielsweise die Heizleistung in Form einer umsetzbaren Temperaturänderung des Fluids zwischen Auslass und Zulauf für einen Referenzfluidstrom in Abhängigkeit des Modulationsparameters MP der Brennvorrichtung gemäß Gleichung 4 angeben (Heizleistungsfunktion $f(\text{MP})$), wobei es sich bei dem Referenzfluidstrom um einen Fluidstrom eines Referenzfluids (vorzugsweise identisch mit dem beim Betrieb zu erwärmenden Fluid) mit Referenzmassestrom \dot{m}_{ref} bzw. Referenzvolumenstrom Q_{ref} und Referenzdichte ρ_{ref} sowie einer fluidspezifischen Referenzwärmekapazität $c_{p,\text{ref}}$ handelt

30

$$f(\text{MP}) = \Delta T_{\text{ref}} \text{ bei } Q_F = Q_{\text{ref}}, \rho_F = \rho_{\text{ref}}, c_p = c_{p,\text{ref}}. \quad [\text{Gleichung 4}]$$

35

[0027] Zum Bereitstellen dieser Heizleistungsfunktion kann dabei vorzugsweise ein anfängliches Einmessen des mit dem Referenzfluidstrom durchströmten Wärmeerzeugers erfolgen, im Zuge dessen Temperaturdifferenzen für verschiedene Werte des Modulationsparameters MP erfasst werden.

[0028] Eine energetische Betrachtung des Referenzfluidstroms im Sinne von Gleichung 3 liefert den Zusammenhang gemäß Gleichung 5, die selbst zu Gleichung 3 ins Verhältnis gesetzt werden kann, um den Zusammenhang gemäß Gleichung 6 für eine umsetzbare Temperaturänderung ΔT bei einem vom Referenzfluidstrom abweichenden Zustand in Abhängigkeit der beim Referenzfluidstrom angegebenen Heizleistungsfunktion $f(\text{MP})$ gemäß Gleichung 4 zu erhalten.

45

$$\Delta T_{\text{ref}} = \frac{\dot{E}_W}{Q_{\text{ref}} \rho_{\text{ref}} c_{p,\text{ref}}}, \quad [\text{Gleichung 5}]$$

50

$$\Delta T = \frac{Q_{\text{ref}} \rho_{\text{ref}} c_{p,\text{ref}}}{\dot{E}_W} \frac{\dot{E}_W}{Q_F \rho_F c_p} \Delta T_{\text{ref}} = \frac{Q_{\text{ref}} \rho_{\text{ref}} c_{p,\text{ref}}}{Q_F \rho_F c_p} f(\text{MP}). \quad [\text{Gleichung 6}]$$

[0029] Ausgehend von dem Zusammenhang aus Gleichung 6 sei angemerkt, dass die Heizleistungsfunktion auch auf zusätzlicher Basis ein oder mehrerer weiterer den Referenzfluidstrom betreffenden Zustandsgrößen definiert werden kann, so zum Beispiel als $f^*(\text{MP}) = \Delta T_{\text{ref}} Q_{\text{ref}}$ oder als $f^{**}(\text{MP}) = \Delta T_{\text{ref}} Q_{\text{ref}} \rho_{\text{ref}}$, wodurch besagte Zustandsgrößen nicht mehr explizit in Gleichung 6 enthalten wären.

55

[0030] Unter Verwendung der erfassten Auslasstemperatur T_A kann die Zulauftemperatur T_Z gemäß nachstehender Gleichung 7 angegeben werden.

$$T_Z = T_A - \frac{Q_{\text{ref}} \rho_{\text{ref}} c_{p,\text{ref}}}{Q_F \rho_F c_p} f(\text{MP}) . \quad [\text{Gleichung 7}]$$

[0031] Vorzugsweise handelt es sich bei dem im Wärmerzeuger zu erwärmenden Fluid um das Referenzfluid und bevorzugt ist dieses ein inkompressibles Fluid, oder dieses wird als ein solches modelliert, insbesondere handelt es sich um Wasser oder eine wässrige Lösung. Dadurch kann im Zuge des Verfahrens eine konstante Dichte sowie eine identische spezifische Wärmekapazität angenommen werden, woraus sich der vereinfachte Zusammenhang gemäß Gleichung 8 ergibt.

$$T_Z = T_A - \frac{Q_{\text{ref}}}{Q_F} f(\text{MP}) . \quad [\text{Gleichung 8}]$$

[0032] Der Wärmeerzeuger kann ferner im einfachsten Fall derart ausgestaltet sein, dass dieser stets einen konstanten und für den Betrieb nicht veränderbaren Volumenstrom des zu erwärmenden Fluids bereitstellt, sodass Volumenstrom und Referenzvolumenstrom stets übereinstimmen. Daraus ergibt sich insbesondere im inkompressiblen Fall, der stark vereinfachte Zusammenhang gemäß Gleichung 9.

$$T_Z = T_A - f(\text{MP}) . \quad [\text{Gleichung 9}]$$

[0033] Alternativ kann die Heizleistungsfunktion auch unabhängig von einem Referenzfluidstrom angegeben werden, sodass eine allgemeinere Beschreibung der Heizleistung bereitgestellt werden kann. In diesem Fall kann die Heizleistungsfunktion $g(\text{MP})$ direkt den durch die Brennvorrichtung bereitgestellten Wärmestrom \dot{E}_W in Abhängigkeit des Modulationsparameters MP beschreiben (siehe Gleichung 10), woraus sich ausgehend von Gleichung 3 der Zusammenhang gemäß Gleichung 11 für die Zulufttemperatur T_Z ergibt.

$$\dot{E}_W = g(\text{MP}) , \quad [\text{Gleichung 10}]$$

$$T_Z = T_A - \frac{g(\text{MP})}{Q_F \rho_F c_p} . \quad [\text{Gleichung 11}]$$

[0034] Ausgehend von der Heizleistungsfunktion sowie den im Zuge des Verfahrens zum Ermitteln der Zulufttemperatur bereitgestellten und erfassten Größen kann die Zulufttemperatur des in den Wärmeerzeuger einströmenden Fluids bestimmt werden, ohne auf einen auf Seiten des Zulaufs angeordneten Temperatursensor angewiesen zu sein.

[0035] Im Hinblick auf die exemplarischen Zusammenhänge aus den Gleichungen 1 bis 3 umfasst das Verfahren in einer bevorzugten Ausführungsform weiterhin ein Bereitstellen einer thermodynamischen Wärme Gleichung, die eine Temperaturänderung des Fluids in Abhängigkeit eines dem Fluid zugeführten Wärmestroms beschreibt, wobei das Ermitteln der Zulufttemperatur zusätzlich auf Basis der bereitgestellten thermodynamischen Wärme Gleichung erfolgt.

[0036] Unter der thermodynamischen Wärme Gleichung ist dabei unter anderem ein Zusammenhang nach Art von Gleichung 2 zu verstehen.

[0037] Auf diese Weise kann eine von den Eigenschaften des Fluids (im Vergleich zum Fall mit Referenzfluidstrom) losgelöste Heizleistungsfunktion, zum Beispiel im Sinne von Gleichung 10, bereitgestellt werden, die durch die zusätzlichen Informationen der thermodynamischen Wärme Gleichung ergänzt wird, um die Zulufttemperatur zu ermitteln. Dadurch kann die Heizleistungsfunktion universell für verschiedenste Fluide eingesetzt werden, da im Zuge einer Änderung des zu erwärmenden Fluids lediglich die thermodynamische Wärme Gleichung, nicht aber die wärmeerzeugerspezifische Heizleistungsfunktion selbst angepasst werden muss.

[0038] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Ermitteln der Zulufttemperatur ein Ermitteln einer Heizleistung der Brennvorrichtung des Wärmeerzeugers auf Basis der bereitgestellten Heizleistungsfunktion und des erfassten Betriebswerts des Modulationsparameters, ein Ermitteln eines dem Fluid durch den Wärmeerzeuger zuge-

fürten Wärmestroms auf Basis der ermittelten Heizleistung, ein Ermitteln einer durch den Wärmeerzeuger bewirkten Temperaturänderung des Fluids auf Basis des ermittelten Wärmestroms, der bereitgestellten thermodynamischen Wärmeleistung und des bereitgestellten Volumenstroms und ein Ermitteln der Zulufttemperatur auf Basis der erfassten Auslasstemperatur und der ermittelten Temperaturänderung.

[0039] Entsprechend der vorstehenden Vorgehensweise erfolgt ein schrittweises Auswerten der einzelnen energetischen Größen zum Ermitteln der Zulufttemperatur, zum Beispiel gemäß des Vorgehens basierend auf den Gleichungen 10 und 11, mit entsprechenden Zwischenschritten, die überdies im Zuge einer Überwachung des Wärmeerzeugers aufgezeichnet werden können.

[0040] Besteht entgegen des einfachen Falls eines stets konstant bereitgestellten Volumenstroms bei dem Wärmeerzeuger zusätzlich die Möglichkeit eines veränderbaren Volumenstroms, der zum Beispiel in Abhängigkeit einer an einer Steuervorrichtung des Wärmeerzeugers vorliegenden Volumenstromanfrage eingestellt wird, so bietet sich eine Erweiterung des Verfahrens um ein Erfassen des Volumenstroms des zu erwärmenden Fluids an.

[0041] So umfasst der Schritt des Bereitstellens des Volumenstroms des durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids in einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens ein Erfassen eines Volumenstroms des durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids, wodurch das Verfahren auf den Einsatz an Wärmeerzeugern mit veränderlichem bzw. einstellbarem Volumenstrom erweitert wird.

[0042] Der Volumenstrom kann hierbei am Auslass, am Zulauf oder an einer dazwischenliegenden Erfassungsstelle im Wärmeerzeuger unter Einsatz einer Volumenstrommessvorrichtung erfasst werden, zum Beispiel in Form eines Staudrucksensors.

[0043] Handelt es sich bei dem zu erwärmenden Fluid um ein kompressibles Fluids (zum Beispiel in Form eines Gases), umfasst das Verfahren vorzugsweise den Schritt des Bereitstellens einer Dichte, insbesondere ein Erfassen der Dichte, das vorzugsweise an der gleichen Erfassungsstelle wie beim Erfassen des Volumenstroms erfolgt, sodass aus der Kombination von Dichte und Volumenstrom an der gleichen Erfassungsstelle auf den Massestrom des durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids rückgeschlossen werden kann.

[0044] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Erfassen der Auslasstemperatur des aus dem Auslass des Wärmeerzeugers ausströmenden Fluids ein Erfassen eines zeitlichen Verlaufs der Auslasstemperatur des aus dem Auslass des Wärmeerzeugers ausströmenden Fluids, ein Detektieren eines stationären Betriebszustandes des Wärmeerzeugers auf Basis des erfassten zeitlichen Verlaufs der Auslasstemperatur, ein Auswählen einer Auslasstemperatur aus dem erfassten zeitlichen Verlauf der Auslasstemperatur während eines detektierten stationären Betriebszustandes und ein Ausgeben der ausgewählten Auslasstemperatur als erfasste Auslasstemperatur zur Verwendung beim Ermitteln der Zulufttemperatur.

[0045] Auf diese Weise wird die Auslasstemperatur zum Ermitteln der Zulufttemperatur während eines stationären Betriebszustandes des Wärmeerzeugers ohne den unter Umständen verfälschenden Einfluss von transienten Einschwingvorgängen erfasst, wodurch sich die Genauigkeit der ermittelten Zulufttemperatur erhöht. Ein Betriebszustand ist dann als stationär zu verstehen, wenn dieser sich über einen längeren Zeitraum hinweg im Wesentlichen durch konstante Betriebsgrößen auszeichnet (zum Beispiel eine konstante Auslasstemperatur).

[0046] Ein Detektieren des stationären Betriebszustandes erfolgt dabei derart, dass ein stationärer Betriebszustand detektiert wird, falls die Auslasstemperatur für eine vorgegebene Dauer innerhalb eines um die Soll-Temperatur liegenden vorgegeben Grenzbereichs liegt. Beispielsweise und nicht beschränkend wird ein stationärer Betriebszustand detektiert, nachdem die Auslasstemperatur für 10 Sekunden innerhalb eines Grenzbereichs von $\pm 0,5^\circ\text{C}$ um die Soll-Temperatur liegt.

[0047] Alternativ kann ein Detektieren des stationären Betriebszustandes auch auf Basis einer zeitlichen Änderungsrate des erfassten zeitlichen Verlaufs der Auslasstemperatur erfolgen. Hierbei wird ein stationärer Betriebszustand detektiert, falls die zeitliche Änderungsrate für eine vorgegebene Dauer innerhalb eines Grenzbereichs um Null liegt. Beispielsweise und nicht beschränkend wird ein stationärer Betriebszustand detektiert, nachdem die zeitliche Änderungsrate für 10 Sekunden innerhalb eines Grenzbereichs von $\pm 0,5^\circ\text{C/s}$ um den Wert 0°C/s liegt.

[0048] Gemäß eines zweiten Aspekts der Erfindung wird ein Verfahren zum Steuern eines Wärmeerzeugers mit Brennvorrichtung zum Erwärmen eines Fluids bereitgestellt, das ein Ermitteln einer Zulufttemperatur eines durch den Wärmeerzeuger zu erwärmenden Fluids nach einem Verfahren gemäß des ersten Aspekts der Erfindung sowie ein Steuern des Wärmeerzeugers zumindest in Abhängigkeit der ermittelten Zulufttemperatur umfasst.

[0049] Durch Kenntnis über die Zulufttemperatur können Schwankungen der selbigen im Zuge des Steuerns des Wärmeerzeugers berücksichtigt werden, um so trotz veränderlicher Zulufttemperaturen einen robusten und stabilen Betrieb des Wärmeerzeugers zu ermöglichen.

[0050] Vorzugsweise erfolgt das Steuern des Wärmeerzeugers zusätzlich auf Basis der im Zuge des Verfahrens zum Ermitteln der Zulufttemperatur bereitgestellten Heizleistungsfunktion. Auf diese Weise können die durch die Heizleistungsfunktion bereitgestellten Informationen vorteilhaft beim Einstellen des Modulationsparameters im Zuge des Steuerns des Wärmeerzeugers eingesetzt werden.

[0051] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren weiterhin ein Bereitstellen einer Soll-Temperatur

für das aus dem Wärmeerzeuger ausströmende Fluid, wobei das Steuern des Wärmeerzeugers zusätzlich in Abhängigkeit der bereitgestellten Soll-Temperatur erfolgt und dazu zumindest ein Anpassen eines Betriebswerts des Modulationsparameters der Brennvorrichtung in Abhängigkeit der bereitgestellten Soll-Temperatur und der ermittelten Zulufttemperatur umfasst, und insbesondere in Abhängigkeit der bereitgestellten Heizleistungsfunktion.

[0052] Ausgehend von der bekannten Zulufttemperatur steht damit eine Information zur durch den Wärmeerzeuger umzusetzenden Temperaturänderung des Fluids zum Erreichen der gewünschten Soll-Temperatur bereit, auf Basis dessen ein effizientes Steuern des Wärmeerzeugers umgesetzt werden kann.

[0053] So kann beispielsweise die durch den Modulationsparameter regulierte Heizleistung derart beschränkt werden, dass ein Überhitzen des Fluids über die angesetzte Soll-Temperatur hinweg vermieden wird. Ebenso kann die Heizleistung auch derart eingestellt werden, dass eine Zeit bis zum Erreichen der Soll-Temperatur möglichst gering ausfällt.

[0054] Dadurch wird nicht nur ein Komfortempfinden bei Nutzung des Wärmeerzeugers erhöht, sondern auch die Möglichkeit eines optimierten Betriebs des Wärmeerzeugers gestattet, wodurch beispielsweise beim Betrieb entstehende Energiekosten minimiert oder eine Lebensdauer des Wärmeerzeugers erhöht werden (zum Beispiel durch Vermeidung nachteiliger Betriebszustände mit Überhitzung).

[0055] Vorzugsweise umfasst das Verfahren weiterhin ein Erfassen einer Auslasstemperatur des aus einem Auslass des Wärmeerzeugers ausströmenden Fluids, wobei das Steuern des Wärmeerzeugers zusätzlich auf Basis der erfassten Auslasstemperatur erfolgt, insbesondere erfolgt ein Anpassen des Betriebswerts des Modulationsparameters der Brennvorrichtung in Abhängigkeit der bereitgestellten Soll-Temperatur, der ermittelten Zulufttemperatur und der erfassten Auslasstemperatur.

[0056] Im Hinblick auf die Auslasstemperatur des Fluids kann dadurch eine auf einer Abweichung zwischen einer Ist-Temperatur und der bereitgestellten Soll-Temperatur basierende Regelung umgesetzt werden.

[0057] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren weiterhin ein Erfassen eines Volumenstroms des durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids, wobei das Anpassen des Betriebswerts des Modulationsparameters der Brennvorrichtung beim Steuern des Wärmeerzeugers zusätzlich in Abhängigkeit des erfassten Volumenstroms erfolgt

[0058] Dadurch steht eine weitere Eingangsgröße bereit, die im Zuge des Steuerns des Wärmeerzeugers eingesetzt werden kann.

[0059] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren ein Bereitstellen eines zum Anpassen des Betriebswerts des Modulationsparameters der Brennvorrichtung eingerichteten PI-Reglers zur Verwendung beim Steuern des Wärmeerzeugers und ein Einstellen von zumindest einem Regelungsparameter des PI-Reglers zumindest in Abhängigkeit der ermittelten Zulufttemperatur und wahlweise zusätzlich in Abhängigkeit des erfassten Volumenstroms und/oder der bereitgestellten Soll-Temperatur.

[0060] Der PI-Regler ist vorzugsweise zum Steuern der Auslasstemperatur basierend auf einer Differenz zwischen der bereitgestellten Soll-Temperatur und einer erfassten Auslasstemperatur (Ist-Temperatur) eingerichtet, um die Auslasstemperatur im Zuge des Steuerns des Wärmeerzeugers möglichst schnell auf die gewünschte Soll-Temperatur zu bringen und diese auch stabil zu halten. Ferner soll im Zuge des Erreichens der Soll-Temperatur ebenso auch ein übermäßig starkes Über- oder Unterschwingen verhindert werden.

[0061] Die Vorteile eines PI-Reglers sind hinlänglich bekannt, wobei dieser im vorliegenden Verfahren optimal auf die jeweiligen Umgebungsbedingungen (Zulufttemperatur, Volumenstrom etc.) angepasst werden kann, um so beispielsweise ein stabiles und robustes Regeln der Auslasstemperatur zu ermöglichen.

[0062] Gemäß eines dritten Aspekts der Erfindung wird ein Verfahren zum Starten eines Wärmeerzeugers mit Brennvorrichtung zum Erwärmen eines Fluids bereitgestellt, das zumindest ein Ermitteln einer Zulufttemperatur eines durch den Wärmeerzeuger zu erwärmenden Fluids nach einem Verfahren gemäß des ersten Aspekts der Erfindung und ein Abspeichern der ermittelten Zulufttemperatur zur Verwendung in einer Startphase des Wärmeerzeugers zum Zünden einer Brennerflamme der Brennvorrichtung in einer sich an die erste Betriebsphase anschließenden zweiten Betriebsphase umfasst

[0063] Durch Abspeichern der Zulufttemperatur kann diese für anschließende Betriebsphasen in vorteilhafter Weise beim Steuern des Wärmeerzeugers verwendet werden, insbesondere bei einer Startphase der zweiten Betriebsphase des Wärmeerzeugers, während der aufgrund der üblicherweise äußerst dynamischen Vorgänge keine Zulufttemperatur auf Basis des Verfahrens gemäß des ersten Aspekts ermittelt werden kann, da das Ermitteln der Zulufttemperatur eine bereits erfolgte Zündung des Brenners sowie einen erreichten stationären Zustand voraussetzt. Die Startphase der zweiten Betriebsphase kann somit vorteilhaft unter Ausnutzung der während der vorherigen Startphase ermittelten Zulufttemperatur erfolgen.

[0064] Vorzugsweise erfolgt ein Aktualisieren der abgespeicherten Zulufttemperatur im Zuge jeder sich an die erste Betriebsphase anschließenden weiteren Betriebsphase, um so beim Steuern, insbesondere bei den Startphasen, stets über aktualisierte Informationen zur Zulufttemperatur verfügen zu können.

[0065] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren ferner ein Bereitstellen einer Soll-Temperatur für das aus dem Wärmeerzeuger ausströmende Fluid für die zweite Betriebsphase, ein Bereitstellen eines Volumen-

stroms des durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids für die zweite Betriebsphase, ein Einstellen eines initialen Betriebswerts des Modulationsparameters der Brennvorrichtung für die Startphase der zweiten Betriebsphase zumindest in Abhängigkeit der abgespeicherten Zulufttemperatur sowie der bereitgestellten Soll-Temperatur und wahlweise in zusätzlicher Abhängigkeit von dem bereitgestellten Volumenstrom für die zweite Betriebsphase, und ein Zünden der Brennerflamme der Brennvorrichtung mit dem eingestellten initialen Betriebswert des Modulationsparameters.

[0066] Auf diese Weise wird eine Zündlast für die Startphase festgelegt, die eine für das Zünden der Brennerflamme bereitgestellte Brennstoffmenge festlegt. Die Zündlast ist derart zu wählen, dass zum einen eine sichere Zündung der Brennerflamme, zum Beispiel ohne Flammenabriss, erfolgt und zum anderen eine zu hohe Brennstoffmenge bei der Zündung (zu fette Verbrennung) vermieden wird, um so zum Beispiel unerwünschte Rußbildung zu vermeiden. Idealerweise sollte die Zündlast ferner derart gewählt werden, dass diese einen schnellen Start mit möglichst kurzer Zeit bis zum Erreichen des gewünschten stationären Betriebszustandes des Wärmeerzeugers ermöglicht, um so bereits nach kurzer Zeit das Fluid mit der gewünschten Auslasstemperatur bereitstellen zu können.

[0067] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren weiterhin ein Bereitstellen einer Vielzahl von vorbestimmten initialen Betriebswerten des Modulationsparameters der Brennvorrichtung, wobei das Einstellen des initialen Betriebswerts des Modulationsparameters der Brennvorrichtung ein Auswählen des initialen Betriebswerts für die Startphase aus der bereitgestellten Vielzahl von vorbestimmten initialen Betriebswerten in Abhängigkeit der abgespeicherten Zulufttemperatur sowie der bereitgestellten Soll-Temperatur und wahlweise in zusätzlicher Abhängigkeit von dem bereitgestellten Volumenstrom für die zweite Betriebsphase umfasst.

[0068] Auf diese Weise wird eine Vielzahl vorgegebener Zündlasten bereitgestellt, aus denen der für die anstehende Startphase passendste ausgewählt wird. Eine Vorauswahl der Zündlasten ist insbesondere dahingehend von Vorteil, dass dadurch unter Umständen unvorteilhafte Betriebszustände vermieden werden können. Existieren zum Beispiel Betriebsbereiche, in denen es vermehrt zu unvorteilhaften Effekten kommt, wie zum Beispiel Schwingungen, Rußablagerungen, Flammenabriss etc., so wird in diesen Betriebsbereichen vorzugsweise keine auswählbare Zündlast platziert. Läge eine optimale Zündlast in einem solchen Betriebsbereich, so würde die nächstkommand vorausgewählte Zündlast für die Startphase eingesetzt werden, um das Auftreten besagter Effekte zu vermeiden.

[0069] Gemäß eines vierten Aspekts der Erfindung wird ein Wärmeerzeuger zum Erwärmen eines Fluids bereitgestellt, der zumindest eine Brennvorrichtung zum Erwärmen eines durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids, einen an einem Auslass des Wärmeerzeugers angeordnete Temperaturmessvorrichtung zum Erfassen einer Auslasstemperatur des aus dem Wärmeerzeuger ausströmenden Fluids und eine zum Steuern des Wärmeerzeugers eingerichtete Steuervorrichtung, die zumindest mit der Temperaturmessvorrichtung und der Brennvorrichtung gekoppelt ist, umfasst. Die Steuervorrichtung des Wärmeerzeugers ist dazu eingerichtet, eine Zulufttemperatur des in einen Zulauf des Wärmeerzeugers einströmenden Fluids auf Basis einer der Steuervorrichtung bereitgestellten Heizleistungsfunktion des Wärmeerzeugers, die eine Heizleistung der Brennvorrichtung zum Erwärmen des Fluids in Abhängigkeit eines die Heizleistung regulierenden Modulationsparameters der Brennvorrichtung beschreibt, sowie auf Basis eines der Steuervorrichtung bereitgestellten Volumenstroms des durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids, einer durch die Temperaturmessvorrichtung erfassten Auslasstemperatur und eines an der Brennvorrichtung vorliegenden Betriebswerts des Modulationsparameters zu ermitteln.

[0070] Der Wärmeerzeuger ist damit zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Ermitteln der Zulufttemperatur eingerichtet und bietet damit bereits im Zuge der Beschreibung des ersten Aspekts der Erfindung geschilderten Vorteile, insbesondere betreffend einen optimierten Betrieb des Wärmeerzeugers ohne den erforderlichen Einsatz eines separaten Temperatursensors.

[0071] Die Heizleistungsfunktion wird dabei vorzugsweise in einer Speichereinheit der Steuervorrichtung bereitgestellt. Die Ermittlung der Zulufttemperatur erfolgt vorzugsweise in einer Auswertungseinheit der Steuervorrichtung.

[0072] Vorzugsweise wird der Steuervorrichtung zudem eine thermodynamische Wärme Gleichung bereitgestellt, insbesondere in der Speichereinheit, die eine Temperaturänderung des Fluids in Abhängigkeit eines dem Fluid zugeführten Wärmestroms beschreibt, wobei die Steuervorrichtung eingerichtet ist, die Zulufttemperatur zusätzlich auf Basis der bereitgestellten thermodynamischen Wärme Gleichung zu ermitteln.

[0073] Vorzugsweise ist die Steuervorrichtung im Zuge des Ermitteln der Zulufttemperatur dazu eingerichtet, eine Heizleistung der Brennvorrichtung des Wärmeerzeugers auf Basis der bereitgestellten Heizleistungsfunktion und des erfassten Betriebswerts des Modulationsparameters zu ermitteln, einen dem Fluid durch den Wärmeerzeuger zugeführten Wärmestrom auf Basis der ermittelten Heizleistung zu ermitteln und eine durch den Wärmeerzeuger bewirkte Temperaturänderung des Fluids auf Basis des ermittelten Wärmestroms, der bereitgestellten thermodynamischen Wärme Gleichung und des bereitgestellten Volumenstroms zu berechnen und daraus unter Berücksichtigung der erfassten Auslasstemperatur die Zulufttemperatur zu ermitteln.

[0074] Vorzugsweise umfasst der Wärmeerzeuger einen Volumenstromsensor, der entlang eines Strömungspfad des Fluids zwischen dem Zulauf und dem Auslass angeordnet ist und mit der Steuervorrichtung gekoppelt ist, um dieser einen erfassten Volumenstrom des durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids zu übermitteln.

[0075] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Steuervorrichtung ferner dazu eingerichtet ist, den Wärmeerzeuger

ger in Abhängigkeit der durch die Steuervorrichtung ermittelten Zulufttemperatur zu steuern.

[0076] Der Wärmeerzeuger ist damit auch zum Durchführen der erfindungsgemäßen Verfahren zum Steuern und zum Starten eines Wärmeerzeugers eingerichtet und bietet damit bereits die im Zuge der Beschreibung des zweiten und dritten Aspekts der Erfindung geschilderten Vorteile.

[0077] Vorzugsweise ist die Steuervorrichtung dabei dazu eingerichtet einen Betriebswert des Modulationsparameters der Brennvorrichtung in Abhängigkeit einer der Steuervorrichtung über einen Sollwertgeber bereitgestellten Soll-Temperatur für das aus dem Wärmeerzeuger ausströmende Fluid und der ermittelten Zulufttemperatur anzupassen.

[0078] Vorzugsweise umfasst die Steuervorrichtung eine Regelungseinheit mit einem PI-Regler, die zum Anpassen des Betriebswerts des Modulationsparameters der Brennvorrichtung eingerichtet ist, wobei die Steuervorrichtung eingerichtet ist, wenigstens einen Regelungsparameter des PI-Reglers in Abhängigkeit der ermittelten Zulufttemperatur einzustellen.

[0079] Vorzugsweise ist die Steuervorrichtung dazu eingerichtet, die während einer ersten Betriebsphase des Wärmeerzeugers ermittelte Zulufttemperatur in einer Speichereinheit der Steuervorrichtung abzuspeichern. Dadurch kann die ermittelte Zulufttemperatur zur Verwendung in einer Startphase des Wärmeerzeugers zum Zünden einer Brennerflamme der Brennvorrichtung in einer sich an die erste Betriebsphase anschließenden zweiten Betriebsphase verwendet werden.

[0080] Vorzugsweise ist die Steuervorrichtung hierbei dazu eingerichtet einen initialen Betriebswert des Modulationsparameters der Brennvorrichtung für die Startphase der zweiten Betriebsphase zumindest in Abhängigkeit der in der Speichereinheit abgespeicherten Zulufttemperatur sowie einer der Steuervorrichtung bereitgestellten Soll-Temperatur und wahlweise in zusätzlicher Abhängigkeit von einem bereitgestellten oder einem erfassten Volumenstrom für die zweite Betriebsphase einzustellen und ein Zündsignal zum Zünden der Brennerflamme mit dem eingestellten initialen Betriebswert des Modulationsparameters an die Brennvorrichtung zu senden.

[0081] Gemäß eines fünften Aspekts der Erfindung wird eine Steuervorrichtung zum Einsatz in einem Wärmeerzeuger gemäß des vierten Aspekts der Erfindung bereitgestellt.

[0082] Auf diese Weise wird eine Nachrüstmöglichkeit bereitgestellt, über die ein bereits bestehender Wärmeerzeuger auf einfache und kostengünstige Weise mit der Steuervorrichtung nachgerüstet werden kann, um diesen um die vorteilhaften Funktionalitäten des Wärmeerzeugers gemäß des vierten Aspekts der Erfindung zu erweitern.

[0083] Weitere Aspekte und deren Vorteile als auch speziellere Ausführungsbeispiele der zuvor genannten Aspekte und Merkmale werden im Folgenden unter Zuhilfenahme der in den beigefügten Figuren gezeigten Zeichnungen beschrieben.

Fig. 1A bis 1C zeigen Ablaufdiagramme von Ausführungsbeispielen der erfindungsgemäßen Verfahren zum Ermitteln einer Zulufttemperatur, zum Steuern eines Wärmeerzeugers und zum Starten eines Wärmeerzeugers.

Fig. 2A zeigt beispielhafte, qualitative Zeitverläufe verschiedener Betriebsgrößen eines Wärmeerzeugers im Zuge eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Ermitteln einer Zulufttemperatur und eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Starten eines Wärmeerzeugers.

Fig. 2B zeigt beispielhafte, qualitative Zeitverläufe verschiedener Betriebsgrößen eines Wärmeerzeugers im Zuge eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Steuern eines Wärmeerzeugers.

Fig. 3A zeigt eine schematische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Wärmeerzeugers.

Fig. 3B zeigt eine schematische Ansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Wärmeerzeugers.

Fig. 4A und 4B zeigen beispielhafte, qualitative Verläufe der Heizleistungsfunktion zum Einsatz im erfindungsgemäßen Verfahren zum Ermitteln einer Zulufttemperatur.

[0084] Es wird hervorgehoben, dass die vorliegende Erfindung in keiner Weise auf die nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele und deren Ausführungsmerkmale begrenzt ist. Die Erfindung umfasst weiterhin Modifikationen der genannten Ausführungsbeispiele, insbesondere diejenigen, die aus Modifikationen und/oder Kombinationen einzelner oder mehrerer Merkmale der beschriebenen Ausführungsbeispiele im Rahmen des Schutzzumfanges der unabhängigen Ansprüche hervorgehen.

Ausführliche Figurenbeschreibung

[0085] Fig. 1A zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Ermitteln einer Zulufttemperatur eines in einem Wärmeerzeuger mit einer Brennvorrichtung zu erwärmenden Fluids.

[0086] In Schritt S1 erfolgt ein Betreiben des Wärmeerzeugers zum Erwärmen eines durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids.

[0087] In Schritt S2 erfolgt ein Bereitstellen einer Heizleistungsfunktion des Wärmeerzeugers, die eine Heizleistung der Brennvorrichtung zum Erwärmen des Fluids in Abhängigkeit des Modulationsparameters der Brennvorrichtung beschreibt, wobei der Modulationsparameter eine Heizleistung der Brennvorrichtung reguliert

[0088] In Schritt S3 erfolgt ein Erfassen einer Auslasstemperatur des aus einem Auslass des Wärmeerzeugers ausströmenden Fluids.

[0089] In Schritt S4 erfolgt ein Erfassen eines Betriebswerts des Modulationsparameters der Brennvorrichtung.

[0090] In Schritt S5 erfolgt ein Bereitstellen eines Volumenstroms des durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids, wobei Schritt S5 vorzugsweise einen Unterschritt zum Erfassen eines Volumenstroms des durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids umfasst, insbesondere mit Hilfe eine Volumenstrommessvorrichtung.

[0091] In Schritt S6 erfolgt ein Ermitteln einer Zulufttemperatur des in einen Zulauf des Wärmeerzeugers einströmenden Fluids, wobei das Ermitteln der Zulufttemperatur auf Basis der bereitgestellten Heizleistungsfunktion, des bereitgestellten Volumenstroms, der erfassten Auslasstemperatur und des erfassten Betriebswerts des Modulationsparameters erfolgt.

[0092] Auf Basis des vorstehend beschriebenen Ablaufs eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Ermitteln einer Zulufttemperatur kann eine Zulufttemperatur des im Wärmeerzeuger zu erwärmenden Fluids ohne den Einsatz einer zusätzlichen am Zulauf angeordneten Temperaturmessvorrichtung bestimmt werden, wodurch unter anderem Kosten und Bauraum eingespart werden und ein Wartungsaufwand für den Wärmeerzeuger reduziert wird.

[0093] Fig. 1B zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahren zum Steuern eines Wärmeerzeugers, welches auf dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Ermitteln der Zulufttemperatur aufbaut

[0094] Die Schritte S1 bis S6 des in Fig. 1B dargestellten Ablaufdiagramms entsprechen denen aus Fig. 1A. Auf eine erneute Erläuterung wird daher verzichtet

[0095] Ausgehend von Schritt S6, in dem die Zulufttemperatur des in den Wärmeerzeuger einströmenden Fluids ermittelt wurde, erfolgt in Schritt S7 ein Bereitstellen einer Soll-Temperatur für das aus dem Auslass des Wärmeerzeugers ausströmende Fluid.

[0096] In Schritt S8 erfolgt ein Steuern des Wärmeerzeugers in Abhängigkeit der ermittelten Zulufttemperatur aus Schritt S6 und der bereitgestellten Soll-Temperatur aus Schritt S7, insbesondere in Abhängigkeit einer Differenz der beiden Werte. Vorzugsweise umfasst Schritt S7 dabei einen Unterschritt eines Einstellens des Modulationsparameters der Brennvorrichtung in Abhängigkeit der ermittelten Zulufttemperatur und bereitgestellten Soll-Temperatur bzw. in Abhängigkeit von deren Differenz.

[0097] Fig. 1C zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Starten eines Wärmeerzeugers.

[0098] Die Schritte S1 bis S6 des in Fig. 1C dargestellten Ablaufdiagramms entsprechen denen aus Fig. 1A. Auf eine erneute Erläuterung wird daher verzichtet.

[0099] Ausgehend von Schritt S6, in dem die Zulufttemperatur des in den Wärmeerzeuger einströmenden Fluids im Zuge einer ersten Betriebsphase des Wärmeerzeugers ermittelt wurde, erfolgt in Schritt S7* ein Abspeichern der ermittelten Zulufttemperatur zur Verwendung in einer Startphase des Wärmeerzeugers zum Zünden einer Brennerflamme der Brennvorrichtung in einer sich an die erste Betriebsphase anschließenden zweiten Betriebsphase.

[0100] In Schritt S8* erfolgt ein Bereitstellen einer Soll-Temperatur und eines Volumenstroms für das aus dem Wärmeerzeuger ausströmende Fluid für die zweite Betriebsphase.

[0101] In Schritt S9* erfolgt ein Einstellen eines initialen Betriebswerts des Modulationsparameters der Brennvorrichtung für die Startphase der zweiten Betriebsphase, wobei der initiale Betriebswert aus einer Menge von zwei (wahlweise auch mehr) vorbestimmten initialen Betriebswerten in Abhängigkeit der abgespeicherten Zulufttemperatur aus Schritt S7* und der bereitgestellten Soll-Temperatur sowie des bereitgestellten Volumenstroms für die zweite Betriebsphase aus Schritt S8* ausgewählt wird.

[0102] In Schritt S10* erfolgt ein Zünden der Brennerflamme der Brennvorrichtung mit dem eingestellten initialen Betriebswert des Modulationsparameters aus Schritt S9*.

[0103] Auf diese Weise kann ein energetisch optimierter Start des Wärmeerzeugers erfolgen, im Zuge dessen, der initiale Betriebswert beispielsweise derart gewählt wird, dass eine Zeit bis zum Erreichen der Soll-Temperatur möglichst gering ausfällt.

[0104] Fig. 2A zeigt beispielhafte, qualitative Zeitverläufe verschiedener Betriebsgrößen eines Wärmeerzeugers im Zuge eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Ermitteln einer Zulufttemperatur und eines

Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Starten eines Wärmeerzeugers.

[0105] Als Modulationsparameter fungiert hierbei ein Öffnungsgrad α des Brennstoffventils der Brennvorrichtung, dessen Verlauf in Form einer Strich-Punkt-Linie dargestellt ist Die Auslasstemperatur T_A des Fluids am Auslass des Wärmeerzeugers ist in Form einer durchgezogenen Linie dargestellt und die ermittelte Zulufttemperatur $T_{Z,E}$ am Zulauf des Wärmeerzeugers, welche als Grundlage für das Steuern des Wärmeerzeugers dient, ist in Form einer gestrichelten Linie dargestellt Die tatsächliche Zulufttemperatur ist dagegen mit $T_{Z,ist}$ bezeichnet und liegt konstant bei $T_{Z,ist} = 25^\circ\text{C}$.

[0106] Fig. 2A stellt exemplarisch zwei Betriebsphasen mit jeweils einer Startphase und einem sich daran anschließenden stationären Betriebszustand des Wärmeerzeugers gegenüber. Die Startphase der ersten Betriebsphase erfolgt dabei auf Basis einer gegenüber der tatsächlichen Zulufttemperatur $T_{Z,ist}$ unterschätzten Zulufttemperatur, wohingegen die Startphase der zweiten Betriebsphase auf Basis einer "aktualisierten" Zulufttemperatur erfolgt, die im Zuge der ersten Betriebsphase gemäß des Verfahrens zum Ermitteln einer Zulufttemperatur ermittelt wurde.

[0107] Die erste Betriebsphase des Wärmeerzeugers erstreckt sich über den Zeitraum von $t_0^{(1)}$ bis $t_1^{(1)}$, wobei das Fluid ausgehend von der tatsächlichen Zulufttemperatur $T_{Z,ist} = 25^\circ\text{C}$ bis hin zu einer Soll-Temperatur $T_{A,Soll} = 50^\circ\text{C}$ erwärmt werden soll. Unter der Annahme, dass noch keine genaueren Informationen zur tatsächlichen Zulufttemperatur $T_{Z,ist} = 25^\circ\text{C}$ vorliegen, wird die Zulufttemperatur zum Einsatz beim Steuern des Wärmeerzeugers auf einen Default-Wert gesetzt, hier $T_{Z,E} = 10^\circ\text{C}$.

[0108] Im Zuge der Startphase von $t_0^{(1)}$ bis $t_Z^{(1)}$ erfolgt auf Basis der Differenz zwischen Soll-Temperatur $T_{A,Soll}$ und Default-Wert der Zulufttemperatur (50°C) eine Zündung der Brennerflamme der Brennvorrichtung bei $\alpha = 60\%$ (Zündlast).

[0109] Aufgrund der überschätzten Temperaturdifferenz von 50°C (tatsächlich nur 25°C) kommt es zu einem vergleichsweise starken Überhitzen des Fluids über die Soll-Temperatur $T_{A,Soll}$ hinweg, bevor durch Senkung von α ein

Einschwingen der Auslasstemperatur T_A auf einen stationären Betriebszustand bei $t_Z^{(1)}$ erreicht wird.

[0110] Bei Erreichen des stationären Betriebszustands erfolgt ein Ermitteln der Zulufttemperatur basierend auf dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Ermitteln der Zulufttemperatur, im Zuge dessen die ermittelte Zulufttemperatur auf $T_{Z,E} = 25^\circ\text{C}$ korrigiert wird.

[0111] Der Einfluss dieser Korrektur auf das Verhalten des Wärmeerzeugers zeigt sich in der anschließenden zweiten

Betriebsphase ab $t_0^{(2)}$, bei der die in der ersten Betriebsphase ermittelte und "aktualisierte" Zulufttemperatur auf $T_{Z,E}$

$= 25^\circ\text{C}$ im Zuge der Startphase von $t_0^{(2)}$ bis $t_Z^{(2)}$ verwendet wird, die im Wesentlichen der tatsächlichen Zulufttemperatur $T_{Z,ist}$ entspricht.

[0112] Basierend auf der gegenüber der ersten Betriebsphase korrigierten Differenz zwischen Soll-Temperatur $T_{A,Soll}$ und der ermittelten Zulufttemperatur $T_{Z,E}$, die nunmehr (oder zumindest im Wesentlichen) der tatsächlichen Differenz von 25°C entspricht, wird eine geringere Zündlast bei $\alpha = 40\%$ für die Zündung der Brennerflamme der Brennvorrichtung gewählt.

[0113] Infolgedessen ist kein extremes Überschwingen der Auslasstemperatur T_A mehr zu beobachten und der Wär-

meerzeuger erreicht seinen stationären Betriebszustand bei $t_Z^{(2)}$ in wesentlich kürzerer Zeit als im Fall der ersten Betriebsphase ($\Delta t^{(1)} > \Delta t^{(2)}$), wodurch unter anderem die Energiekosten im Vergleich zu ersten Startphase erheblich reduziert werden.

[0114] Fig. 2B zeigt beispielhafte, qualitative Zeitverläufe verschiedener Betriebsgrößen eines Wärmeerzeugers im Zuge eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Steuern eines Wärmeerzeugers in einer Gegenüberstellung zweier sich an hier nicht dargestellte Startphasen anschließende Betriebszustände.

[0115] Die Gegenüberstellung erfolgt zwischen einem optimalen Betriebszustands (linkes Diagramm) des Wärmeerzeugers und einem weniger optimalen Betriebszustand (rechtes Diagramm), die sich durch unterschiedliche angenommene Zulufttemperaturen $T_{Z,E}$ beim Steuern des Wärmeerzeugers unterscheiden.

[0116] Für beide Diagramme gelten dabei sowohl die Ordinate des linken Diagramms für die Auslasstemperatur T_A und die ermittelte Zulufttemperatur $T_{Z,E}$ als auch die Ordinate des rechten Diagramms für den Öffnungsgrad α des Brennstoffventils.

[0117] Die Temperatur $T_{Z,E}$ entspricht hierbei der im Zuge des Steuerns verwendeten ermittelten Zulufttemperatur, die

im linken Diagramm im Wesentlichen der tatsächlichen Zulufttemperatur $T_{Z, \text{Ist}} = 25^\circ\text{C}$ entspricht, und im rechten Diagramm um 10°C gegenüber dem tatsächlichen Wert unterschätzt wird, wodurch die Auswirkungen einer fehlerhaft ermittelten oder generell einer nicht akkurat bereitgestellten Zulufttemperaturen bei Verwendung beim Steuern des Wärmeerzeugers verdeutlicht werden sollen.

[0118] Das linke Diagramm zeigt über den gesamten Zeitraum t_0 bis t_1 hinweg ein weitestgehend konstantes Verhalten, im Zuge dessen die Auslasstemperatur T_A konstant auf der Soll-Temperatur $T_{A, \text{Soll}}$ gehalten wird.

[0119] In Gegensatz zu dem optimalen Betriebszustand aus dem linken Diagramm zeigt das rechte Diagramm einen unvorteilhaften Betriebszustand des Wärmeerzeugers, der sich aufgrund der fehlerhaften Abschätzung der Zulufttemperatur ergibt, welche zu einer im Zuge des Steuerns angenommenen Temperaturdifferenz von 50°C zwischen Soll-Temperatur $T_{A, \text{Soll}}$ und Zulufttemperatur führt, die mithin also doppelt so groß ausfällt wie die tatsächliche Temperaturdifferenz von 25°C .

[0120] Dadurch bedingt wird α ausgehend vom Wert 20% bei t_0 auf 40% erhöht, um die der höher ausfallenden Temperaturdifferenz von 50°C entsprechende Heizleistung bereitzustellen. Da diese jedoch stark überschätzt wird, kommt es zu einem Überhitzen des Fluids am Auslass, infolgedessen die Brennvorrichtung abgeschaltet wird (α fällt auf 0%).

[0121] Nach dem dadurch bedingten Abfall der Auslasstemperatur T_A erfolgt eine erneutes Zünden der Brennerflamme, wobei auch hier wieder die überschätzte Temperaturdifferenz angenommen wird und es wenig später zu einer erneuten Überhitzung mit anschließender Abschaltung kommt. Dieser Vorgang wiederholt sich und führt zu einem unvorteilhaft schwankenden Verlauf der Auslasstemperatur T_A sowie einem unvorteilhaften Betriebszustand des Wärmeerzeugers mit ständig wechselnden Phasen mit ein- und abgeschalteter Brennvorrichtung, welches auch als "Takten" bezeichnet wird (siehe rechtes Diagramm von Fig. 2B).

[0122] Die Gegenüberstellung der Betriebszustände in Fig. 2B verdeutlicht die Vorteile beim Bereitstellen einer im Idealfall der tatsächlichen Zulufttemperatur entsprechenden Zulufttemperatur im Zuge des Steuerns des Wärmeerzeugers im Hinblick auf sich an eine Startphase anschließende Betriebszustände.

[0123] Fig. 3A zeigt eine schematische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Wärmeerzeugers 100.

[0124] Der Wärmeerzeuger 100 dient der Bereitstellung von Warmwasser und erwärmt dazu das in einen Zulauf 10 des Wärmeerzeugers 100 mit einem Volumenstrom Q_Z einströmende Fluid, hier Wasser, mit der Zulufttemperatur T_Z und stellt dieses als Warmwasserstrom mit einem Volumenstrom Q_A und einer Auslasstemperatur T_A an einem Auslass 40 des Wärmeerzeugers 100 bereit, zum Beispiel zur weiteren Verwendung in Sanitäreinrichtungen.

[0125] Zu Beschreibung des Volumenstroms bietet sich im Falle eines flüssigen Fluids, wie dem hier verwendeten Wasser, insbesondere die Annahme der Inkompressibilität an (konstante Dichte). Unter dieser Annahme entspricht der einströmende Volumenstrom Q_Z stets dem ausströmenden Volumenstrom Q_A . Der Volumenstrom Q_F des durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids, der unter anderem im Zuge des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Ermitteln der Zulufttemperatur eingesetzt werden kann, genügt in diesem Fall dem Zusammenhang $Q_F = Q_Z = Q_A$.

[0126] Der Wärmeerzeuger 100 umfasst hierzu eine Brennvorrichtung 20 zum Erwärmen des durch den Wärmeerzeuger 100 strömenden bzw. des durch den Wärmetauscher 30 strömenden Wassers, eine Steuervorrichtung 50 zum Steuern des Wärmeerzeugers 100 sowie einen am Auslass 40 angeordneten Temperatursensor 51 und einen am Zulauf 10 angeordneten Volumenstromsensor 52.

[0127] Die Brennvorrichtung 20 umfasst hierbei eine Vormischvorrichtung 21 für ein Luft-Brennstoff-Gemisch, eine Zuleitung 22 für besagtes Gemisch sowie einen über die Zuleitung 22 mit dem besagten Gemisch versorgten Flammenkörper 23, auf dessen Oberfläche eine Verbrennung des Luft-Brennstoff-Gemisch unter Ausbildung einer Brennerflamme 23a erfolgt, wobei die dabei freigesetzte Wärmeenergie als Wärmestrom \dot{E}_W (Angabe zum Beispiel in Watt oder Kilowatt) zum Erwärmen des durch den Wärmeerzeuger 100 strömenden Wassers eingesetzt wird.

[0128] Ferner umfasst die Brennvorrichtung 20 noch eine hier nicht dargestellte Zündelektrode zum Entzünden des aus einer perforierten Oberfläche des Flammenkörpers austretenden Luft-Brennstoff-Gemischs. Vorzugsweise umfasst die Brennvorrichtung weiterhin eine Ionisationselektrode zum Erfassen eines Ionisationsstroms in der Brennerflamme 23a, auf dessen Basis eine Brennerflam mendetektion erfolgen kann.

[0129] Der Flammenkörper 23 der Brennvorrichtung ist innerhalb eines Wärmetauschers angeordnet, der vorliegend und nicht beschränkend als Rohrwendelwärmetauscher mit einem in einem Gehäuse 31 des Wärmetauschers 30 spiralförmig verlaufenden Rohrwendel 32, der den Zulauf 10 mit dem Auslass 40 verbindet, ausgeführt ist. Die bei der Verbrennung freigesetzte Wärmeenergie wird dabei auf das im Rohrwendel 32 strömende Wasser übertragen, um dieses zu erhitzen.

[0130] Die Vormischvorrichtung 21 mischt einen dieser bereitgestellten Luftstrom Q_L und einen bereitgestellten Brennstoffstrom Q_B , hier Gas, in einem der Vormischvorrichtung 21 vorgegeben und veränderbaren Mischverhältnis β zwischen Brennstoff und Luft, das auch als Modulationsparameter der Brennvorrichtung 20 verstanden werden kann. Im Anschluss wird das Luft-Brennstoff-Gemisch über die Zuleitung 21 dem Flammenkörper 23 für die Verbrennung zugeführt.

[0131] Das Mischverhältnis β kann hierbei vorzugsweise auf Basis des stöchiometrischen Verhältnisses der Verbren-

nung angegeben werden, um so eine magerere oder eine fette Verbrennung charakterisieren zu können. Bei konstantem Mischverhältnis β kann überdies auch ein veränderlicher und durch die Vormischvorrichtung 21 einstellbarer Volumenstrom Q_{LB} des Luft-Brennstoff-Gemischs als Modulationsparameter der Brennvorrichtung 20 verstanden werden.

[0132] Unter dem Modulationsparameter der Brennvorrichtung ist dabei jedweder Betriebsparameter der Brennvorrichtung zu verstehen, über den eine Heizleistung der Brennvorrichtung reguliert werden kann, und der üblicherweise als ein Stellglied bei der Steuerung des Wärmeerzeugers fungiert.

[0133] Der Wärmeerzeuger gemäß der vorliegenden Erfindung sei dabei allerdings nicht als auf eine Brennvorrichtung 20 mit Vormischvorrichtung 21 gemäß Fig. 4 beschränkt zu verstehen. Ebenso kann beispielsweise auch ein Diffusionsbrenner eingesetzt werden, bei dem sich Luft und Brennstoff erst im Verbrennungsraum mischen. In einem solchen Fall kann beispielsweise ein die dem Verbrennungsraum zugeführte Brennstoffmenge regulierender Betriebsparameters als Modulationsparameter der Brennstoffvorrichtung aufgefasst werden.

[0134] Die Steuervorrichtung 50 zum Steuern des Wärmeerzeugers ist elektronisch mit der Vormischvorrichtung 21 der Brennvorrichtung 20, dem Volumenstromsensor 52 am Zulauf 10 und dem Temperatursensor 51 am Auslass 40 gekoppelt und umfasst im gezeigten Ausführungsbeispiel eine Steuereinheit 50a, eine Auswertungseinheit 50b sowie eine Speichereinheit 50c, die jeweils miteinander gekoppelt sind.

[0135] Die Steuereinheit 50a der Steuervorrichtung 50 ist eingerichtet, das Mischverhältnis β und/oder den Volumenstrom Q_{LB} des Luft-Brennstoff-Gemischs an der Vormischvorrichtung 21 der Brennvorrichtung 20 auf Basis der Steuerungseinheit 50a bereitgestellter Steuerungsvorgaben einzustellen; zum Beispiel auf Basis eines dort bereitgestellten PI-Reglers.

[0136] Die Auswertungseinheit 50a der Steuervorrichtung 50 ist eingerichtet, die Zulufttemperatur T_Z des in den Zulauf 10 einströmenden Wassers auf Basis einer der Steuervorrichtung 50 in der Speichereinheit 50c bereitgestellten Heizleistungsfunktion des Wärmeerzeugers 100, eines der Steuervorrichtung 50 bereitgestellten, durch den Volumenstromsensor 52 erfassten Volumenstroms Q_Z , einer durch die Temperatursensor 51 erfassten Auslasstemperatur T_A und eines an der Brennvorrichtung 20 vorliegenden Betriebswerts des Modulationsparameters zu ermitteln. Bei dem Modulationsparameter kann es sich, wie oben ausgeführt, vorliegend um das Mischverhältnis β oder den Volumenstrom Q_{LB} oder die besagten Größen regulierende Vorrichtungparameter, wie zum Beispiel Ventilstellungsparameter für Luft und Brennstoff, handeln.

[0137] Die Heizleistungsfunktion des Wärmeerzeugers 100 beschreibt dabei einen Zusammenhang zwischen einer für das Erwärmen des Fluids, hier des Wassers, bereitgestellten Heizleistung der Brennvorrichtung 20 in Abhängigkeit des Modulationsparameters der Brennvorrichtung 20.

[0138] Durch diese vorteilhafte Funktionalität der Steuervorrichtung 50 des Wärmeerzeugers 100 kann die Zulufttemperatur T_Z des Wassers ermittelt werden, ohne dabei auf einen am Zulauf 10 angeordneten Temperatursensor angewiesen zu sein. Dadurch können sowohl Bauraum als auch Herstellungskosten eingespart werden und es liegt im Vergleich zu Lösungen aus dem Stand der Technik zumindest eine wartungsbedürftige Komponente (Temperatursensor am Zulauf) weniger vor.

[0139] Nachfolgend wird im Hinblick auf das durch den Wärmeerzeuger durchführbare Verfahren zum Ermitteln der Zulufttemperatur die dazu verwendete Heizleistungsfunktion des Wärmeerzeugers unter Verweis auf die Fig. 4A und 4B näher erläutert.

[0140] Die in der Speichereinheit 50c bereitgestellte Heizleistungsfunktion kann beispielsweise unter Maßgabe obiger Gleichung 10 den auf das Fluid im Wärmeerzeuger 100 übertragbaren Wärmestrom \dot{E}_W in Abhängigkeit des hier als Modulationsparameter MP angesetzten Mischverhältnisses β beschreiben (siehe auch Fig. 4A).

[0141] Gemäß obiger Gleichung 11 kann ein Ermitteln der Zulufttemperatur T_Z durch die Auswertungseinheit 50a auf Basis der nachfolgenden Gleichung 12 erfolgen, wobei \dot{m}_F den Massenstrom des Fluids und Q_F den Volumenstrom des Fluids bezeichnen, die über die Dichte ρ_F des Fluids miteinander verknüpft sind. c_p bezeichnet die spezifische Wärmekapazität des Fluids und $g(\beta)$ die vom Mischverhältnis β abhängige Heizleistungsfunktion. Die Dichte ρ_F ist vorzugsweise bereits mit der für Wasser konstant angenommenen Dichte von 1g/cm^3 belegt

$$T_Z = T_A - \frac{g(\beta)}{\dot{m}_F c_p} = T_A - \frac{g(\beta)}{Q_F \rho_F c_p} . \quad [\text{Gleichung 12}]$$

[0142] Alternativ kann die Heizleistungsfunktion unter Maßgabe obiger Gleichung 4 auch als Temperaturdifferenz zwischen Auslasstemperatur T_A und (noch unbekannter) Zulufttemperatur T_Z bei einem Referenzfluidstrom in Abhängigkeit des hier als Modulationsparameter angesetzten Mischverhältnisses β angegeben werden (siehe auch Fig. 4B).

[0143] Gemäß obiger Gleichung 8 kann ein Ermitteln der Zulufttemperatur T_Z durch die Auswertungseinheit 50a dabei auf Basis der nachfolgenden Gleichung 13 erfolgen, wobei das hier verwendete Fluid Wasser einem Referenzfluid entspricht und als inkompressibel angenommen wird. Q_{ref} bezeichnet dabei den Referenzvolumenstrom, dem die vom

Mischverhältnis β abhängige Heizleistungsfunktion $f(\beta)$ zugrunde liegt.

$$T_Z = T_A - \frac{Q_{\text{ref}}}{Q_F} f(\beta) \quad [\text{Gleichung 13}]$$

[0144] Vorstehend wurden lediglich zwei Beispiele für eine Heizleistungsfunktion des Wärmeerzeugers 100 angegeben, wobei die Heizleistungsfunktion allgemein nicht als auf diese Beispiele beschränkt verstanden werden soll. Darüber hinaus versteht sich das Argument β dabei als allgemeiner und nicht auf das Mischverhältnis beschränkter Modulationsparameter.

[0145] Die Auswertungseinheit 50a ermittelt unter Verwendung der Heizleistungsfunktion die Zulufttemperatur T_Z ; je nach Heizleistungsfunktion zum Beispiel über Gleichung 12 oder Gleichung 13. Die Auswertungseinheit ist dabei vorzugsweise eingerichtet, die ermittelte Zulufttemperatur T_Z in der Speichereinheit 50c abzuspeichern und/oder diese direkt der Steuereinheit 50a bereitzustellen.

[0146] Vorzugsweise ist die Steuereinheit 50a der Steuervorrichtung 50 dazu eingerichtet, die durch die Auswertungseinheit 50b ermittelte Zulufttemperatur T_Z , die wahlweise in der Speichereinheit 50c abgespeichert und durch die Steuereinheit 50a abgerufen werden kann, im Zuge des Steuerns des Wärmeerzeugers 100 zu nutzen.

[0147] Hierzu ist die Steuereinheit 50a vorzugsweise dazu eingerichtet, den Modulationsparameter der Brennvorrichtung 20, also das Mischverhältnis β oder den Volumenstrom Q_{LB} oder die die besagten Größen regulierenden Vorrichtungparameter der Vormischvorrichtung 21, zumindest in Abhängigkeit der ermittelten und der Steuereinheit 50a bereitgestellten Zulufttemperatur T_Z einzustellen. Insbesondere erfolgt ein Einstellen des Modulationsparameters in Abhängigkeit einer Differenz zwischen der ermittelten Zulufttemperatur T_Z und einer der Steuervorrichtung 50 in der Speichereinheit 50c bereitgestellten Soll-Temperatur des aus dem Auslass 40 strömenden Wassers.

[0148] Insbesondere während einer Startphase des Wärmeerzeugers 100 mit einem Zünden der Brennerflamme 23a der Brennvorrichtung ist die Steuereinheit 50a der Steuervorrichtung 50 vorzugsweise eingerichtet, einen initialen Wert des Modulationsparameters für die Startphase in Abhängigkeit der Differenz zwischen der ermittelten Zulufttemperatur T_Z und der bereitgestellten Soll-Temperatur einzustellen, um so im Hinblick auf den hierfür nötigen Energieaufwand ein schnellstmögliches und stabiles (ohne extrem ausfallendes Überspringen) Erreichen besagter Soll-Temperatur am Auslass 40 zu erreichen.

[0149] Fig. 3B zeigt eine schematische Ansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Wärmeerzeugers 100.

[0150] Der Wärmeerzeuger 100 dient, wie auch im Falle des ersten Ausführungsbeispiels, der Bereitstellung von Warmwasser und erwärmt dazu das in einen Zulauf 10 des Wärmeerzeugers 100 mit einem Volumenstrom Q_Z einströmende Fluid, hier Wasser, mit der Zulufttemperatur T_Z und stellt dieses als Warmwasserstrom mit einem Volumenstrom Q_A und einer Auslasstemperatur T_A an einem Auslass 40 des Wärmeerzeugers 100 bereit, zum Beispiel zur weiteren Verwendung in Sanitäreinrichtungen. Der Wärmeerzeuger 100 gemäß des zweiten Ausführungsbeispiels umfasst hierzu analog zum ersten Ausführungsbeispiel aus Fig. 3A eine Brennvorrichtung 20, einen mit der Brennvorrichtung 20 gekoppelten Wärmetauscher 30, eine Steuervorrichtung 50 zum Steuern des Wärmeerzeugers 100 sowie einen am Auslass 40 angeordneten Temperatursensor 51 und einen am Zulauf 10 angeordneten Volumenstromsensor 52. Zusätzlich zum Wärmeerzeuger gemäß des ersten Ausführungsbeispiels umfasst der vorliegende Wärmeerzeuger 100 noch einen Plattenwärmeübertrager 60.

[0151] Der Aufbau des Wärmeerzeugers 100 gemäß des zweiten Ausführungsbeispiels unterscheidet sich dahingehend vom Wärmeerzeuger aus Fig. 3A, dass hier das in den Zulauf 10 einströmende, zu erwärmende Fluid nicht direkt über die Brennvorrichtung 20 erwärmt wird.

[0152] Das zu erwärmende Fluid strömt vorliegend in einem Brauchwassersystem 70, welches räumlich von der Brennvorrichtung 20 getrennt ist. Die Brennvorrichtung 20 erwärmt dabei ein in einem geschlossenen Brennvorrichtungskreislauf 80 strömendes Energietransportmedium, zum Beispiel Wasser, welches über einen Auslass 62 der Brennvorrichtung 20 in den Plattenwärmeübertrager 60 einströmt und dort einen Wärmestrom \dot{E}_W auf das ebenfalls durch den Plattenwärmeübertrager 60 strömende, zu erwärmende Fluid im Brauchwassersystem 70 überträgt, um dieses ausgehend vom Zulauf 10 bis hin zum Auslass 40 entsprechend zu erwärmen. Das sich dadurch abkühlende Energietransportmedium fließt anschließend über den Zulauf 60 wieder in die Brennvorrichtung 20, um dort wieder erwärmt zu werden. Um ein Durchströmen des Energietransportmediums im Brennvorrichtungskreislauf 80 zu gewährleisten, umfasst die Brennvorrichtung 20 eine hier nicht dargestellte Pumpenvorrichtung.

[0153] Die weiteren Komponenten des Wärmeerzeugers 100 gemäß des zweiten Ausführungsbeispiels entsprechen im Wesentlichen denen des Wärmeerzeugers aus Fig. 3A, weswegen auf eine erneute Erläuterung der Funktionalitäten an dieser Stelle verzichtet wird.

[0154] Ein Vorteil des Ausführungsbeispiels mit getrennten Fluidsystemen (Brauchwassersystem 70 und Brennvor-

richtungskreislauf 80) besteht unter anderem darin, dass im Brennvorrichtungskreislauf 80 ein anderes Fluid bzw. eine für den Betrieb der Brennvorrichtung optimiertes Fluid als Energietransportmedium verwendet werden kann, zum Beispiel entkalktes Wasser, um so die Menge an Kalkablagerungen oder Verschmutzungen in den Rohrwendeln 32 zu reduzieren, wodurch wiederum der Wärmetausch im Wärmetauscher 30 verbessert wird.

[0155] Fig. 4A zeigt qualitative Verläufe beispielhafter Heizleistungsfunktionen $g(MP)$ zum Einsatz im erfindungsgemäßen Verfahren zum Ermitteln einer Zulauftemperatur anhand der Beispiele 1 und 2, die eine auf das Fluid im Wärmezeuger übertragbare Heizleistung in Form eines Wärmestroms in Abhängigkeit eines Modulationsparameters MP beschreiben (siehe auch Wärmestrom \dot{E}_W in Fig. 3A/3B).

[0156] Die Heizleistungsfunktion ist dabei wärmeerzeugerspezifisch, sodass unterschiedliche Wärmezeuger in der Regel auch unterschiedliche Heizleistungsfunktionen aufweisen. So beziehen sich Beispiel 1 und Beispiel 2 auf zwei unterschiedliche Wärmezeuger mit unterschiedlichen Heizleistungsfunktionen, wobei es sich im Falle von Beispiel 1 um einen linearen Zusammenhang und im Falle von Beispiel 2 um einen quadratischen Zusammenhang zwischen Modulationsparameter MP und Heizleistung handelt.

[0157] Zum Bereitstellen der Heizleistungsfunktion kann das erfindungsgemäße Verfahren überdies ein Ermitteln der Heizleistungsfunktion des Wärmezeugers umfassen, welches bevorzugt ein Ermitteln von Heizleistungswerten der Brennvorrichtung des Wärmezeugers für eine Vielzahl von an der Brennvorrichtung eingestellten Werten des Modulationsparameters umfasst. Besagte Heizleistungswerte sind jeweils als Punktverteilungen (Kreis oder Viereck) in Fig. 4A angegeben. Vorzugsweise liegt die Vielzahl der Werte des Modulationsparameters dabei zumindest in dem später im Betrieb des Wärmezeugers verwendeten Wertebereich des Modulationsparameters, um so eine Abschätzung der Heizleistung zumindest für den relevanten Wertebereich zu erhalten, der vorliegend exemplarisch und nicht beschränkend zwischen 15 und 85% liegt.

[0158] Das Ermitteln der Heizleistungsfunktion kann für jeden einzelnen Wärmezeuger separat durchgeführt werden, um so Abweichungen bei der Fertigung zwischen einzelnen Wärmezeugern berücksichtigen zu können oder einmalig an einem Referenzwärmeerzeuger durchgeführt werden, wobei die dadurch ermittelte Heizleistungsfunktion im Anschluss baugleichen Wärmezeugern bereitgestellt wird, zum Beispiel in Speichereinheiten von deren Steuervorrichtungen.

[0159] Basierend auf den ermittelten Heizleistungswerten für die jeweiligen Werte des Modulationsparameters kann eine Definition der Heizleistungsfunktion $g(MP)$ vorzugsweise auf Basis eines Regressionsverfahrens erfolgen (Beispiel 1: lineare Regression, Beispiel 2: quadratische Regression), bei dem die Heizleistungsfunktionen mit dem Modulationsparameter MP als Funktionsargument die nachfolgende Formen mit den im Zuge der Regression zu bestimmenden Parametern m , d , a , b und c annehmen:

$$\text{Beispiel 1: } g(MP) = m(MP) + d; \quad \text{Beispiel 2: } g(MP) = a(MP)^2 + b(MP) + c.$$

[0160] Das Bereitstellen der Heizleistungsfunktion ist dabei nicht auf die exemplarischen Regressionskurven bzw. Regressionsfunktionen beschränkt, sondern kann überdies in Form einer Wertetabelle, darauf basierender Extra- oder Interpolation, oder anhand einer lediglich grafischen Kennlinie angegeben werden.

[0161] Fig. 4B zeigt qualitative Verläufe beispielhafter Heizleistungsfunktionen $f(MP)$ zum Einsatz im erfindungsgemäßen Verfahren zum Ermitteln einer Zulauftemperatur anhand der Beispiele 3 und 4, die eine für ein spezifisches Fluid, hier Wasser, durch den Wärmezeuger realisierbare Temperaturänderung (in Kelvin) zwischen Auslass und Zulauf für einen Referenzvolumenstrom Q_{ref} mit einer Referenzdichte ρ_F von Wasser in Abhängigkeit eines Modulationsparameters MP beschreiben.

[0162] Der Referenzvolumenstrom Q_{ref} kann dabei beispielsweise einem Volumenstrom am Zulauf, am Auslass oder einen Mittelwert daraus beschreiben. Statt einem Referenzvolumenstrom kann alternativ auch ein Referenzmassenstrom des durch den Wärmezeuger strömenden Fluids angegeben werden.

[0163] Zum Bereitstellen der Heizleistungsfunktion kann das erfindungsgemäße Verfahren in diesem Fall ein Ermitteln der Heizleistungsfunktion des Wärmezeugers umfassen, welches bevorzugt ein Ermitteln von Temperaturdifferenzen zwischen Zulauf und Auslass des mit dem Referenzvolumenstrom strömenden Referenzfluids für eine Vielzahl von an der Brennvorrichtung eingestellten Werten des Modulationsparameters umfasst. Vorzugsweise liegt die Vielzahl der Werte des Modulationsparameters dabei zumindest in dem später im Betrieb des Wärmezeugers verwendeten Wertebereich des Modulationsparameters, um so eine Abschätzung der Heizleistung zumindest für den relevanten Wertebereich zu erhalten, der vorliegend exemplarisch und nicht beschränkend zwischen 15 und 85% liegt.

[0164] Obgleich die Heizleistungsfunktionen nach den Beispielen 1 und 2 in Fig. 4A von allgemeinerer Natur, unabhängig von einem spezifischen Fluid und einem Referenzvolumenstrom sind, hat das Vorgehen gemäß der Beispiele 3 und 4 den Vorteil, dass zum einen keine komplexen energetischen Umrechnungen aus den im Zuge eines Einmessens des Wärmezeugers gewonnenen Messungen erforderlich sind und zum anderen die Heizleistungsfunktion durch besag-

tes Erfassen einer Temperaturdifferenz zwischen Zulauf und Auslass verhältnismäßig einfach und schnell angegeben werden kann. Beispiele 3 und 4 sind dabei allerdings nicht für unterschiedliche, zu erwärmende Fluide einsetzbar, sondern auf das zu der Heizleistungsfunktion zugehörige Fluid, in Fig. 4B Wasser, beschränkt

[0165] Analog zu den Beispielen 1 und 2 aus Fig. 4A erfolgt das Bereitstellen der Heizleistungsfunktion $f(MP)$ auch in den Beispielen 3 und 4 durch Definition auf Basis eines Regressionsverfahrens (Beispiel 3: lineare Regression, Beispiel 4: quadratische Regression).

[0166] Vorstehend wurden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sowie deren Vorteile detailliert unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben.

[0167] Abschließend wird erneut hervorgehoben, dass die vorliegende Erfindung in keiner Weise auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele und deren Ausführungsmerkmale begrenzt ist. Die Erfindung umfasst weiterhin Modifikationen der genannten Ausführungsbeispiele, insbesondere diejenigen, die aus Modifikationen und/oder Kombinationen einzelner oder mehrerer Merkmale der beschriebenen Ausführungsbeispiele im Rahmen des Schutzzumfangs der unabhängigen Ansprüche hervorgehen.

Liste der Bezugszeichen

[0168]

10	Zulauf
20	Brennervorrichtung
21	Vormischvorrichtung
22	Zuleitung für Luft-Brennstoff-Gemisch
23	Flammenkörper
23a	Brennerflamme
30	Wärmetauscher
31	Gehäuse
32	Rohrwendel
40	Auslass
50	Steuervorrichtung
50a	Steuereinheit
50b	Auswertungseinheit
50c	Speichereinheit
51	Temperatursensor
52	Volumenstromsensor
60	Plattenwärmeübertrager
61	Zulauf Brennervorrichtung
62	Auslass Brennervorrichtung
70	Brauchwassersystem
80	Brennervorrichtungskreislauf
100	Wärmeerzeuger
α	Öffnungsgrad Brennstoffventil
β	Mischverhältnis Vormischung
MP	Modulationsparameter (allgemein)
Q_Z, Q_A	Volumenstrom am Zulauf (Z), Volumenstrom am Auslass (A)
Q_F	Volumenstrom des durch den Wärmeerzeuger strömenden Fluids
Q_L, Q_B, Q_{LB}	Volumenströme für Luft (L), Brennstoff (B) und Luft-Brennstoff-Gemisch (LB)
T_Z, T_A	Zulauftemperatur (Z), Auslasstemperatur (A)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln einer Zulauftemperatur (T_Z) eines in einem Wärmeerzeuger (100) mit einer Brennervorrichtung (20) zu erwärmenden Fluids, umfassend:

- Betreiben des Wärmeerzeugers (100) zum Erwärmen eines durch den Wärmeerzeuger (100) strömenden Fluids;
- Erfassen einer Auslasstemperatur (T_A) des aus einem Auslass (40) des Wärmeerzeugers (100) ausströmenden Fluids;

- Erfassen eines Betriebswerts eines Modulationsparameters (α ; β ; MP) der Brennvorrichtung (20), der eine Heizleistung der Brennvorrichtung (20) reguliert;
- Ermitteln einer Zulufttemperatur (T_Z) des in einen Zulauf (10) des Wärmeerzeugers (100) einströmenden Fluids;

dadurch gekennzeichnet, dass

das Verfahren weiterhin umfasst:

- Bereitstellen einer Heizleistungsfunktion des Wärmeerzeugers (100), die eine Heizleistung der Brennvorrichtung (20) zum Erwärmen des Fluids in Abhängigkeit des Modulationsparameters (α ; β ; MP) der Brennvorrichtung (20) beschreibt; und
- Bereitstellen eines Volumenstroms (Q_F) des durch den Wärmeerzeuger (100) strömenden Fluids,

wobei das Ermitteln der Zulufttemperatur (T_Z) auf Basis der bereitgestellten Heizleistungsfunktion, des bereitgestellten Volumenstroms (Q_F), der erfassten Auslasstemperatur (T_A) und des erfassten Betriebswerts des Modulationsparameters (α ; β ; MP) erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das Verfahren weiterhin umfasst:

- Bereitstellen einer thermodynamischen Wärme Gleichung, die eine Temperaturänderung des Fluids in Abhängigkeit eines dem Fluid zugeführten Wärmestroms beschreibt;

wobei das Ermitteln der Zulufttemperatur (T_Z) zusätzlich auf Basis der bereitgestellten thermodynamischen Wärme Gleichung erfolgt

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das Ermitteln der Zulufttemperatur (T_Z) umfasst:

- Ermitteln einer Heizleistung der Brennvorrichtung (20) des Wärmeerzeugers (100) auf Basis der bereitgestellten Heizleistungsfunktion und des erfassten Betriebswerts des Modulationsparameters (α ; β ; MP);
- Ermitteln eines dem Fluid durch den Wärmeerzeuger (100) zugeführten Wärmestroms auf Basis der ermittelten Heizleistung;
- Ermitteln einer durch den Wärmeerzeuger (100) bewirkten Temperaturänderung des Fluids auf Basis des ermittelten Wärmestroms, der bereitgestellten thermodynamischen Wärme Gleichung und des bereitgestellten Volumenstroms (Q_F); und
- Ermitteln der Zulufttemperatur (T_Z) auf Basis der erfassten Auslasstemperatur (T_A) und der ermittelten Temperaturänderung.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das Bereitstellen des Volumenstroms (Q_F) des durch den Wärmeerzeuger (100) strömenden Fluids umfasst:

- Erfassen eines Volumenstroms (Q_F) des durch den Wärmeerzeuger (100) strömenden Fluids.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das Erfassen der Auslasstemperatur (T_A) des aus dem Auslass des Wärmeerzeugers (100) ausströmenden Fluids umfasst:

- Erfassen eines zeitlichen Verlaufs der Auslasstemperatur (T_A) des aus dem Auslass des Wärmeerzeugers (100) ausströmenden Fluids;
- Detektieren eines stationären Betriebszustandes des Wärmeerzeugers (100) auf Basis des erfassten zeitlichen Verlaufs der Auslasstemperatur (T_A);
- Auswählen einer Auslasstemperatur (T_A) aus dem erfassten zeitlichen Verlauf der Auslasstemperatur (T_A) während eines detektierten stationären Betriebszustandes;
- Ausgeben der ausgewählten Auslasstemperatur (T_A) als erfasste Auslasstemperatur (T_A) zur Verwendung beim Ermitteln der Zulufttemperatur (T_Z).

6. Verfahren zum Steuern eines Wärmeerzeugers (100) mit Brennvorrichtung (20) zum Erwärmen eines Fluids, umfassend:

- Ermitteln einer Zulauftemperatur (T_Z) eines durch den Wärmeerzeuger (100) zu erwärmenden Fluids gemäß eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5; und
- Steuern des Wärmeerzeugers (100) zumindest in Abhängigkeit der ermittelten Zulauftemperatur (T_Z).

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das Verfahren weiterhin umfasst:

- Bereitstellen einer Soll-Temperatur für das aus dem Wärmeerzeuger (100) ausströmende Fluid;

wobei das Steuern des Wärmeerzeugers (100) zusätzlich in Abhängigkeit der bereitgestellten Soll-Temperatur erfolgt und dazu zumindest umfasst:

- Anpassen eines Betriebswerts des Modulationsparameters (α ; β ; MP) der Brennvorrichtung (20) in Abhängigkeit der bereitgestellten Soll-Temperatur und der ermittelten Zulauf-temperatur (T_Z).

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das Verfahren weiterhin umfasst:

- Erfassen eines Volumenstroms (Q_F) des durch den Wärmeerzeuger (100) strömenden Fluids;

wobei das Anpassen des Betriebswerts des Modulationsparameters (α ; β ; MP) der Brennvorrichtung (20) beim Steuern des Wärmeerzeugers (100) zusätzlich in Abhängigkeit des erfassten Volumenstroms (Q_F) erfolgt

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das Verfahren weiterhin umfasst:

- Bereitstellen eines zum Anpassen des Betriebswerts des Modulationsparameters (α ; β ; MP) der Brennvorrichtung (20) eingerichteten PI-Reglers zur Verwendung beim Steuern des Wärmeerzeugers (100); und
- Einstellen von wenigstens einem Regelungsparameter des PI-Reglers in Abhängigkeit der ermittelten Zulauf-temperatur (T_Z).

10. Verfahren zum Starten eines Wärmeerzeugers (100) mit Brennvorrichtung (20) zum Erwärmen eines Fluids, umfassend:

- Ermitteln einer Zulauftemperatur (T_Z) eines durch den Wärmeerzeuger (100) zu erwärmenden Fluids gemäß eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 während einer ersten Betriebsphase des Wärmeerzeugers (100); und
- Abspeichern der ermittelten Zulauftemperatur (T_Z) zur Verwendung in einer Startphase des Wärmeerzeugers (100) zum Zünden einer Brennerflamme (23a) der Brennvorrichtung (20) in einer sich an die erste Betriebsphase anschließenden zweiten Betriebsphase.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das Verfahren weiterhin umfasst:

- Bereitstellen einer Soll-Temperatur für das aus dem Wärmeerzeuger (100) ausströmende Fluid für die zweite Betriebsphase;
- Bereitstellen eines Volumenstroms (Q_F) des durch den Wärmeerzeuger (100) strömenden Fluids für die zweite Betriebsphase;
- Einstellen eines initialen Betriebswerts des Modulationsparameters (α ; β ; MP) der Brennvorrichtung (20) für die Startphase der zweiten Betriebsphase zumindest in Abhängigkeit der abgespeicherten Zulauftemperatur (T_Z) sowie der bereitgestellten Soll-Temperatur und wahlweise in zusätzlicher Abhängigkeit von dem bereitgestellten Volumenstrom (Q_F) für die zweite Betriebsphase; und
- Zünden der Brennerflamme (23a) der Brennvorrichtung (20) mit dem eingestellten initialen Betriebswert

des Modulationsparameters (α ; β).

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass

das Verfahren weiterhin umfasst:

- Bereitstellen einer Vielzahl von vorbestimmten initialen Betriebswerten des Modulationsparameters (α ; β ; MP) der Brennvorrichtung (20);

wobei das Einstellen des initialen Betriebswerts des Modulationsparameters (α ; β ; MP) der Brennvorrichtung (20) umfasst:

- Auswählen des initialen Betriebswerts für die Startphase aus der bereitgestellten Vielzahl von vorbestimmten initialen Betriebswerten in Abhängigkeit der abgespeicherten Zulufttemperatur (T_Z) sowie der bereitgestellten Soll-Temperatur und wahlweise in zusätzlicher Abhängigkeit von dem bereitgestellten Volumenstrom (Q_F) für die zweite Betriebsphase.

13. Wärmeerzeuger (100) zum Erwärmen eines Fluids, zumindest umfassend:

- eine Brennvorrichtung (20) zum Erwärmen eines durch den Wärmeerzeuger (100) strömenden Fluids;
- einen an einem Auslass (10) des Wärmeerzeugers (100) angeordnete Temperaturmessvorrichtung (51) zum Erfassen einer Auslasstemperatur (T_A) des aus dem Wärmeerzeuger (100) ausströmenden Fluids; und
- eine zum Steuern des Wärmeerzeugers (100) eingerichtete Steuervorrichtung (50), die zumindest mit der Temperaturmessvorrichtung (51) und der Brennvorrichtung (20) gekoppelt ist;

dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuervorrichtung (50) des Wärmeerzeugers (100) dazu eingerichtet ist, eine Zulufttemperatur (T_Z) des in einen Zulauf (10) des Wärmeerzeugers (100) einströmenden Fluids auf Basis einer der Steuervorrichtung (50) bereitgestellten Heizleistungsfunktion des Wärmeerzeugers (100), die eine Heizleistung der Brennvorrichtung (20) zum Erwärmen des Fluids in Abhängigkeit eines die Heizleistung regulierenden Modulationsparameters (α ; β ; MP) der Brennvorrichtung (20) beschreibt, sowie auf Basis eines der Steuervorrichtung (50) bereitgestellten Volumenstroms (Q_F) des durch den Wärmeerzeuger (100) strömenden Fluids, einer durch die Temperaturmessvorrichtung (51) erfassten Auslasstemperatur (T_A) und eines an der Brennvorrichtung (20) vorliegenden Betriebswerts des Modulationsparameters (α ; β ; MP) zu ermitteln.

14. Wärmeerzeuger (100) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuervorrichtung (50) ferner dazu eingerichtet ist, den Wärmeerzeuger (100) in Abhängigkeit der durch die Steuervorrichtung (50) ermittelten Zulufttemperatur (T_Z) zu steuern.

15. Steuervorrichtung (50) zum Einsatz in einem Wärmeerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 13 oder 14.

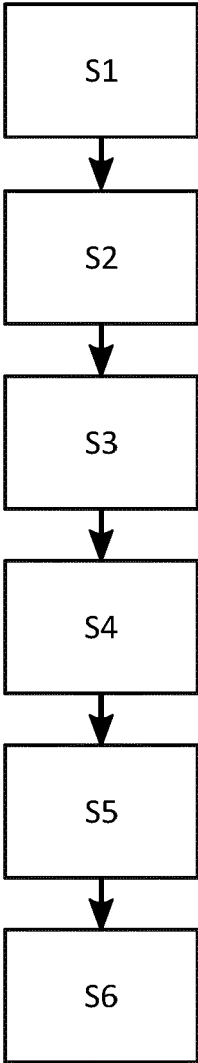


Fig. 1A

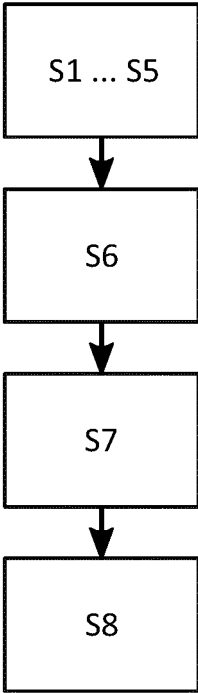


Fig. 1B

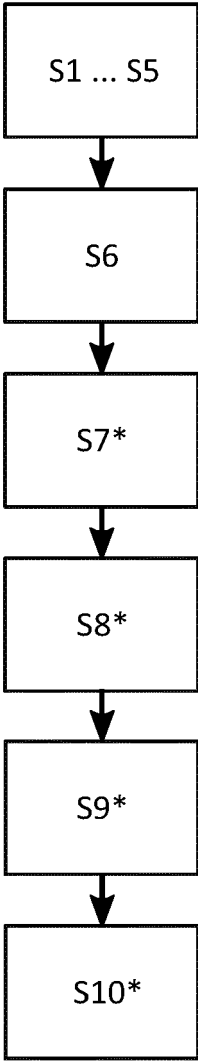


Fig. 1C

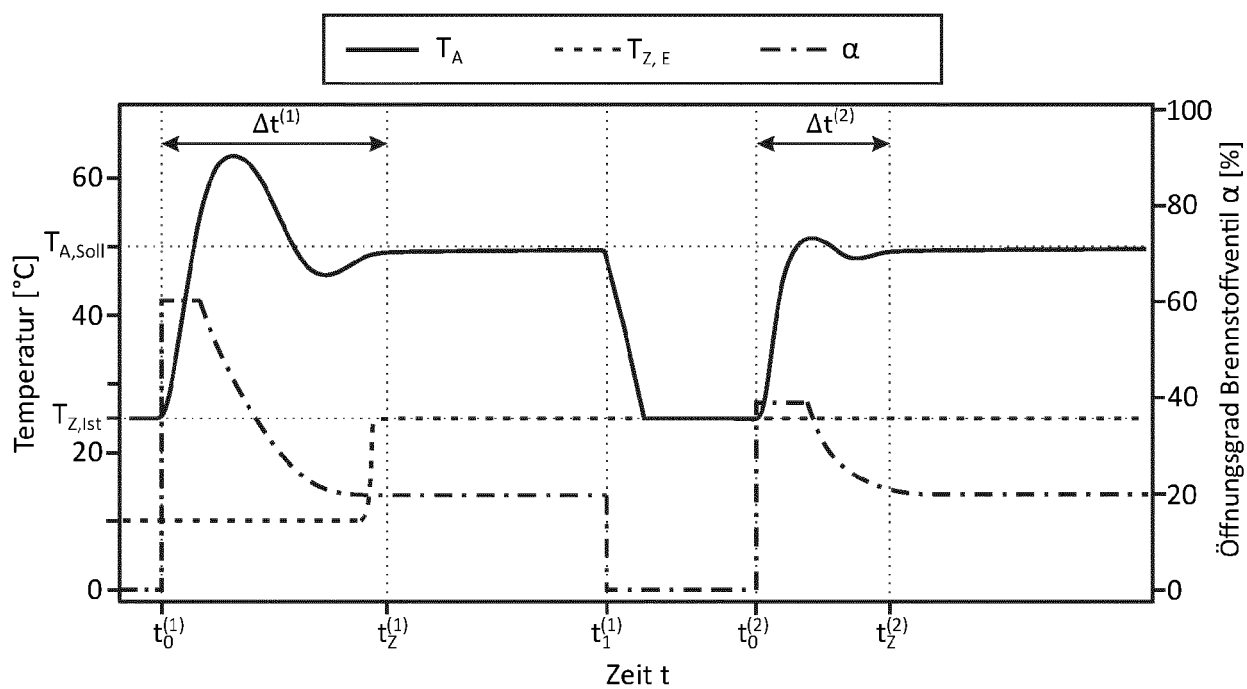


Fig. 2A

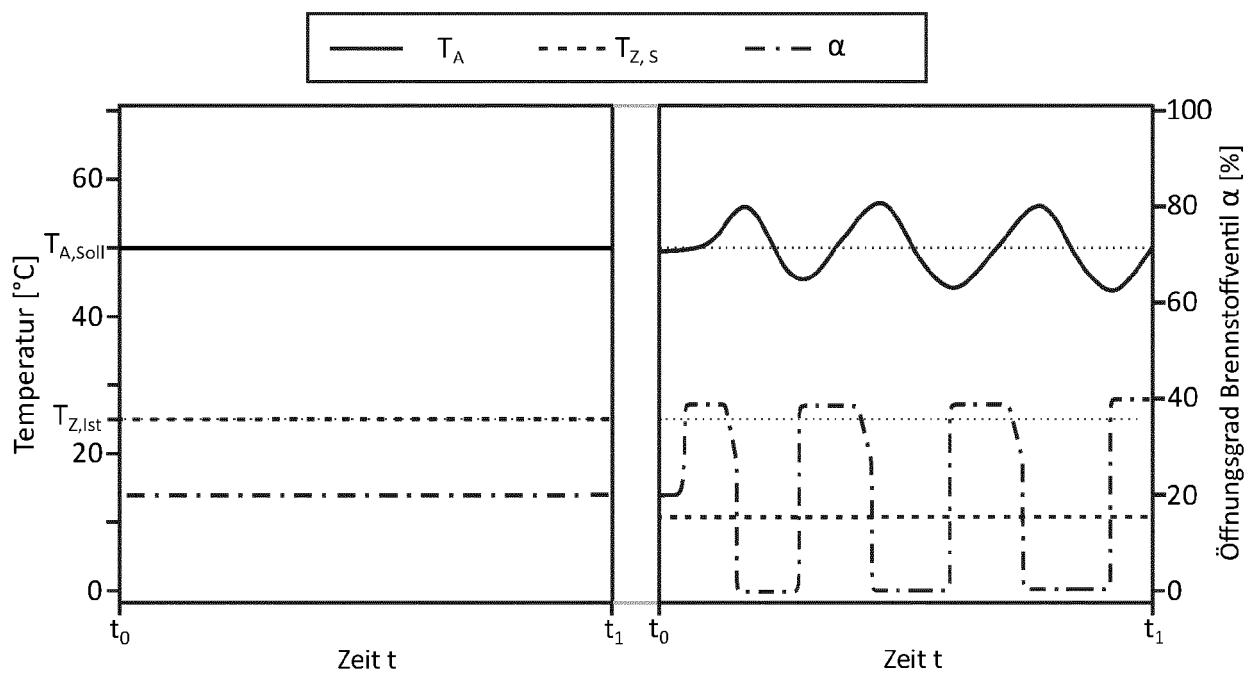


Fig. 2B

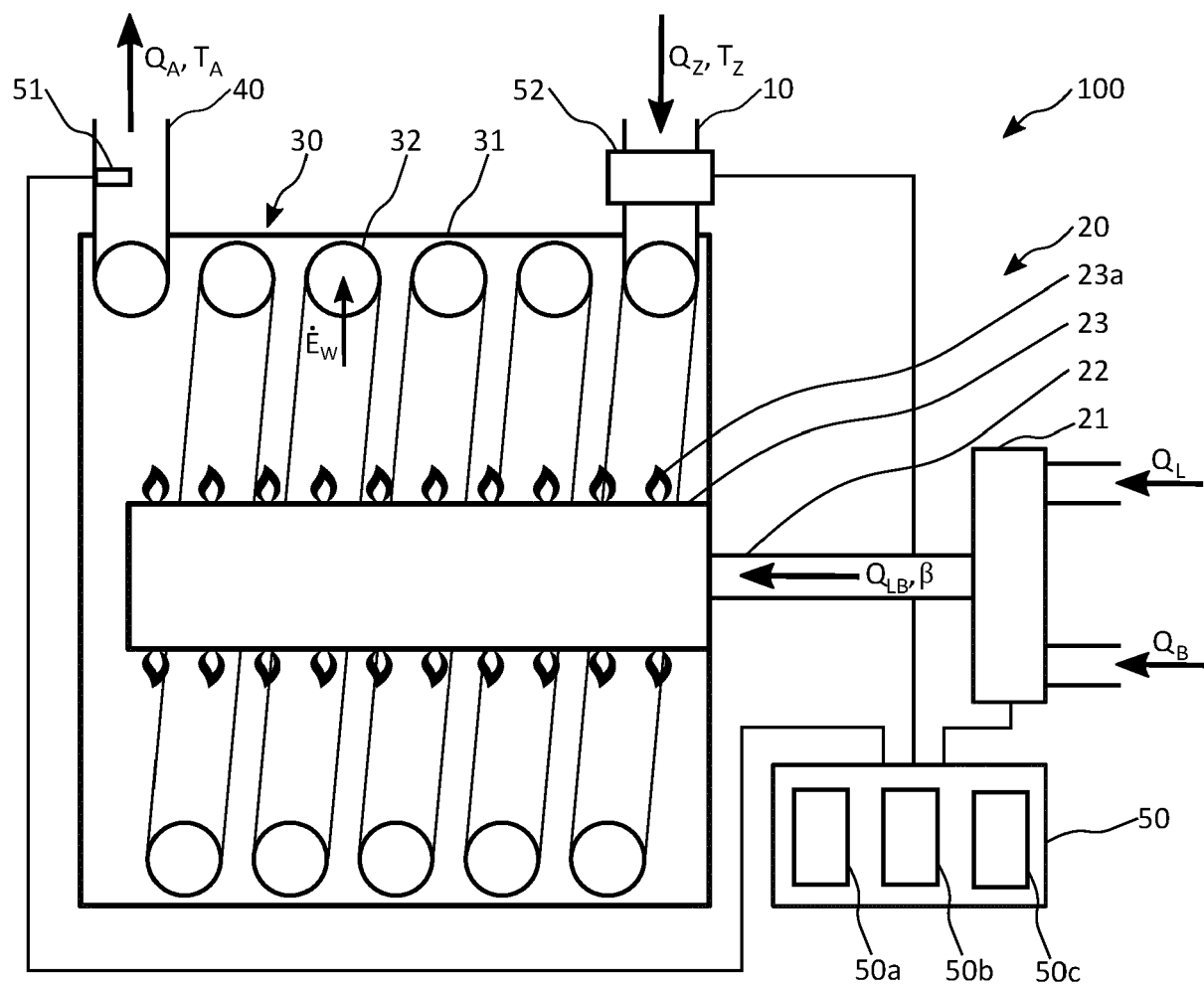


Fig. 3A

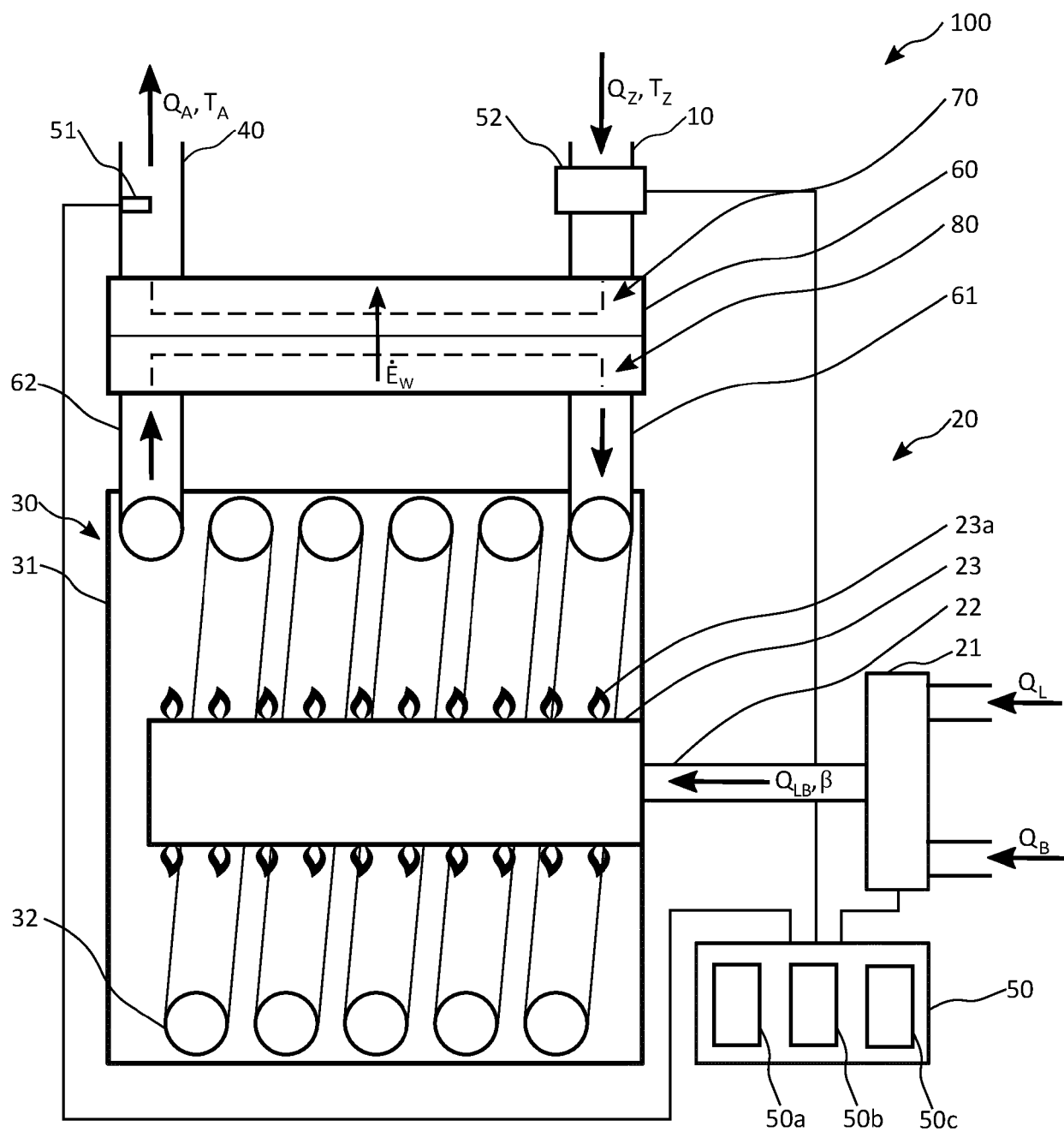


Fig. 3B

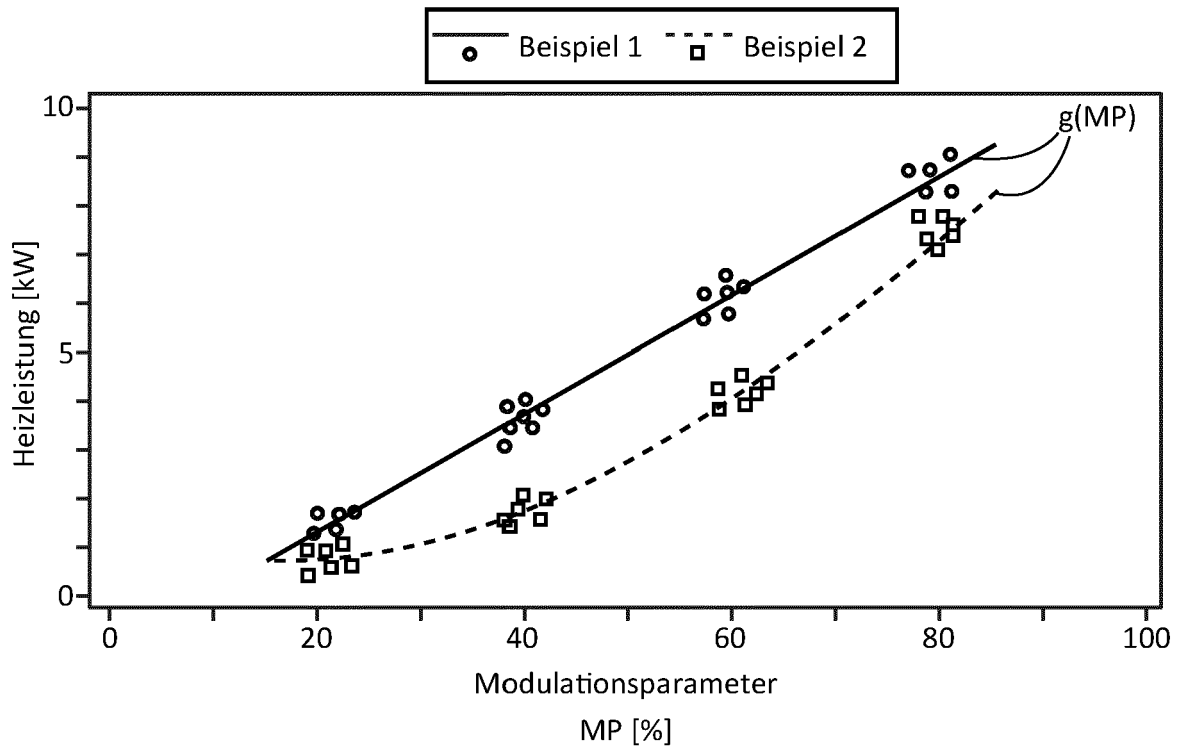


Fig. 4A

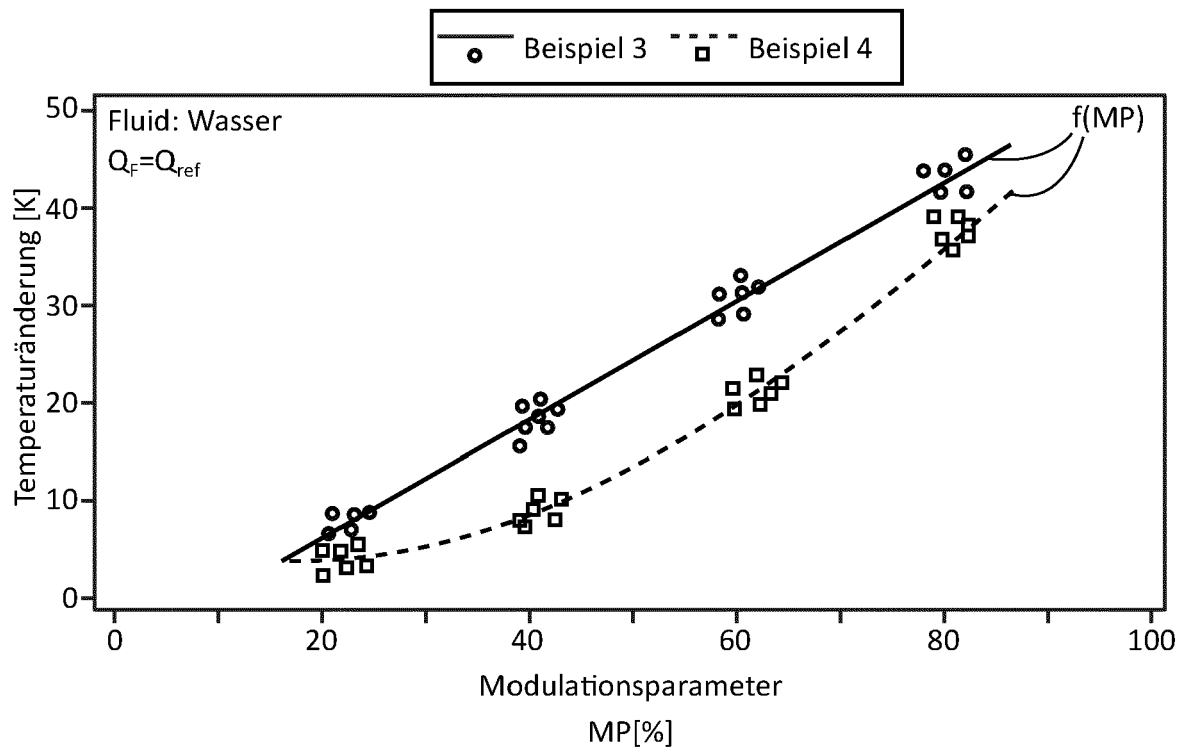


Fig. 4B



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 16 2053

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	FR 2 955 923 A1 (THEOBALD SA A [FR]) 5. August 2011 (2011-08-05) * Absatz [0037] *	1-15	INV. F24D17/00 F24H1/43 F24H9/20
A	CN 109 210 795 A (QINGDAO ECONOMIC & TECH DEV ZONE HAIER WATER HEATER CO LTD) 15. Januar 2019 (2019-01-15) * Absatz [0011] - Absatz [0013] * * Absatz [0033] - Absatz [0037] *	1-15	
A	CN 111 981 697 A (GREE ELECTRIC APPLIANCES INC ZHUHAI) 24. November 2020 (2020-11-24) * Absatz [0059] *	1-15	
A	DE 195 10 475 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2. Oktober 1996 (1996-10-02) * Spalte 2, Zeile 25 - Zeile 55; Abbildung 2 *	1-15	
A	US 10 281 173 B2 (PURPOSE CO LTD [JP]) 7. Mai 2019 (2019-05-07) * Absatz [0049] * * Absatz [0182] - Absatz [0192] *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F24H
A	CN 111 426 070 A (GREE ELECTRIC APPLIANCES INC ZHUHAI) 17. Juli 2020 (2020-07-17) * Absatz [0051] *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. August 2023	Prüfer Arndt, Markus
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 23 16 2053

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

02-08-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	FR 2955923	A1	05-08-2011	KEINE		

15	CN 109210795	A	15-01-2019	KEINE		

	CN 111981697	A	24-11-2020	KEINE		

20	DE 19510475	A1	02-10-1996	DE 19510475 A1	02-10-1996	
				EP 0735331 A2	02-10-1996	
				ES 2141399 T3	16-03-2000	

	US 10281173	B2	07-05-2019	US 2014000534 A1	02-01-2014	
				US 2018135888 A1	17-05-2018	

25	CN 111426070	A	17-07-2020	KEINE		

30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

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

- US 5322216 A1 [0006]