

(19)



(11)

**EP 3 290 800 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**07.03.2018 Patentblatt 2018/10**

(51) Int Cl.:  
**F23N 5/12 (2006.01) F23N 5/24 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **17187654.3**

(22) Anmeldetag: **24.08.2017**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
 Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD**

(72) Erfinder:  
 • **Snijder, Ab**  
**8051 JH Hattem (NL)**  
 • **Koudijs, Jan**  
**3771 CC Barneveld (NL)**  
 • **Leerkes, Danny**  
**7391 HN Twello (NL)**  
 • **Westra, Jan**  
**8181 MG Heerde (NL)**  
 • **van Bentem, Maarten**  
**6951 BA Dieren (NL)**  
 • **Jaspers, Bram**  
**7683 WC Den Ham (NL)**  
 • **Reijke, Sjoerd**  
**7425 SH Deventer (NL)**

(30) Priorität: **02.09.2016 DE 102016216630**  
**02.09.2016 DE 102016216613**  
**02.09.2016 DE 102016216625**  
**10.03.2017 DE 102017204021**

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

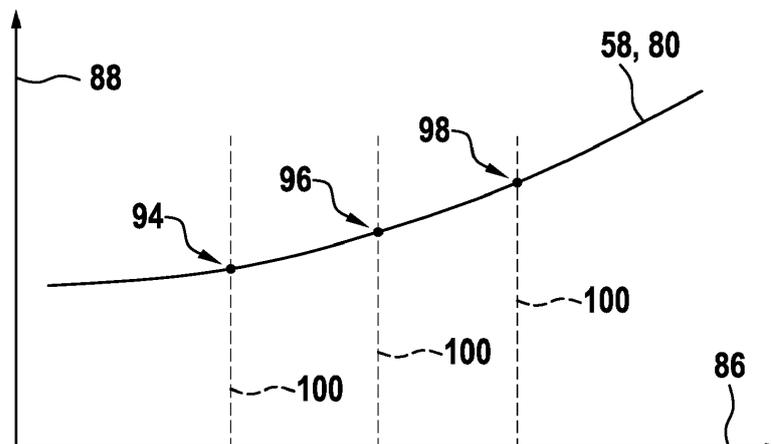
(54) **VERFAHREN ZUM AKTUALISIEREN EINER KENNLINIE IN EINEM HEIZSYSTEM SOWIE EINE STEUEREINHEIT UND EIN HEIZSYSTEM**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren (56) zum Aktualisieren einer Kennlinie (58) in einem Heizsystem (46). Es wird vorgeschlagen, dass wenigstens zwei Aktualisierungspunkte (94, 96, 98) entlang der Kennlinie (58) erfasst werden und die Kennlinie (58) in Abhängigkeit von den wenigstens zwei Aktualisierungspunkten (94,

96, 98) neu bestimmt wird.

Die Erfindung betrifft auch eine Steuereinheit (18), die zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens (56) ausgebildet ist sowie ein Heizsystem (46) mit der erfindungsgemäßen Steuereinheit (18).

**Fig. 3**



**EP 3 290 800 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aktualisieren einer Kennlinie in einem Heizsystem. Die Erfindung betrifft auch eine Steuereinheit, die zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist sowie ein Heizsystem mit der erfindungsgemäßen Steuereinheit.

## Stand der Technik

**[0002]** Die DE102011111453A1 zeigt und beschreibt ein Verfahren, bei dem eine Zuordnungsfunktion zur Einstellung einer Luftzahl in einem Heizgerät aktualisiert wird. Die Zuordnungsfunktion ist im Stand der Technik eine Wertetabelle, welche einer Verbrennungsluftmenge ein Ansteuerungssignal zur Verstellung eines Brennstoffdosierers zuordnet. Die Zuordnungsfunktion wird in Regelungsphasen aktualisiert, indem alle Wertepaare der Zuordnungsfunktion mit einem Faktor verschoben bzw. skaliert werden, falls ein erfasstes, aktuelles Wertepaar von einem Wertepaar aus der Zuordnungsfunktion zu stark abweicht. Das Verfahren hat den Nachteil, dass die auf diese Weise korrigierte Zuordnungsfunktion weiterhin die gleichen Funktionsmerkmale bzw. Funktionseigenschaften der falschen Zuordnungsfunktion aufweist. Der Verlauf der korrigierten Zuordnungsfunktion entspricht dem Verlauf der falschen Zuordnungsfunktion, die korrigierte Zuordnungsfunktion ist nur um den Faktor verschoben bzw. skaliert. Ändert sich die eigentlich benötigte Zuordnungsfunktion stark von der Charakteristik ihres Verlaufs, beispielsweise durch eine Änderung einer Steigung bzw. Krümmung, sodass die benötigte Zuordnungsfunktion nicht durch ein Verschieben um bzw. Skalieren mit einem Faktor ermittelbar ist, beispielsweise durch eine plötzliche Änderung der äußeren Bedingungen, ist es mit dem Verfahren nicht möglich, die Zuordnungsfunktion wie notwendig zu aktualisieren. Das Heizgerät kann dann nicht mehr im gewünschten Umfang optimal betrieben werden.

## Offenbarung der Erfindung

### Vorteile

**[0003]** Die Erfindung schafft ein Verfahren zum Aktualisieren einer Kennlinie in einem Heizsystem. Dadurch, dass wenigstens zwei Aktualisierungspunkte entlang der Kennlinie erfasst werden und die Kennlinie in Abhängigkeit von den wenigstens zwei Aktualisierungspunkten neu bestimmt wird ergibt sich der Vorteil, dass der Verlauf der Kennlinie vollständig neu angepasst werden kann. Auf diese Weise lässt sich die Kennlinie insbesondere auch an starke Änderungen von inneren und/oder äußeren Bedingungen anpassen. Das Heizsystem kann zuverlässig und weitgehend optimal im vorgesehenen Umfang betrieben werden.

**[0004]** Unter "Heizsystem" ist mindestens ein Gerät

zur Erzeugung von Wärmeenergie zu verstehen, insbesondere ein Heizgerät bzw. Heizbrenner, insbesondere zur Verwendung in einer Gebäudeheizung und/oder zur Warmwassererzeugung, bevorzugt durch das Verbrennen von einem gasförmigen oder flüssigen Brennstoff. Ein Heizsystem kann auch aus mehreren solchen Geräten zur Erzeugung von Wärmeenergie sowie weiteren, den Heizbetrieb unterstützenden Vorrichtungen, wie etwa Warmwasser- und Brennstoffspeichern, bestehen.

**[0005]** Unter einer "Kennlinie" soll ein Datenfeld verstanden werden, welches dazu geeignet ist, das Heizsystem zu steuern und/oder zu regeln und/oder zu kalibrieren. Die Kennlinie kann durch wenigstens zwei sie charakterisierende Werte beschrieben und/oder definiert werden. Eine Kennlinie kann beispielsweise in der Form einer Tabelle und/oder einer Funktionsvorschrift bzw. eines Algorithmus vorliegen. Vorteilhaft ordnet die Kennlinie wenigstens einem Betriebsparameter des Heizsystems mindestens einen weiteren Betriebsparameter zu. Insbesondere kann die Kennlinie vorliegenden Betriebsparametern und/oder Betriebsbedingungen einen Sollwert für einen Betriebsparameter zuordnen. Dabei sind unter "Betriebsparameter" Parameter zu verstehen, die von einer Steuereinheit des Heizsystems zum Steuern und/oder Überwachen und/oder Regeln und/oder Kalibrieren von im Heizsystem ablaufenden Prozessen verwendet werden. Beispiele für "Betriebsparameter" sind die Gebläsedrehzahl, ein Ionisationsstrom an einer Flamme des Heizsystems oder eine gewünschte Öffnungsweite eines Brennstoffregelventils. Beispiele für "Kennlinien" sind eine Gebläsedrehzahlkennlinie, welche beispielsweise einer angeforderten Leistung eine dafür nötige Gebläsedrehzahl zuordnet, oder eine Flammenionisationskennlinie, welche beispielsweise einer Gebläsedrehzahl einen Soll-Ionisationsstrom zuordnet. Eine Kennlinie kann auch ein Teil eines Kennfeldes sein. Beispielsweise kann die Wahl einer Kennlinie von einem Betriebsparameter, beispielsweise einer Brennerleistung, abhängen. In der Steuereinheit sind dann mehrere Kennlinien hinterlegt, welche jeweils abhängig vom Wert des vorliegenden Betriebsparameters ausgewählt werden. Die Menge von jeweils einem anderen Wert des Betriebsparameters zugeordneten Kennlinien bildet das Kennfeld.

**[0006]** Unter "Regeln des Heizsystems" soll ein Einstellen von Betriebsparametern verstanden werden, welches weitgehend während eines normalen, vorgesehenen Betriebs möglich ist und den normalen, vorgesehenen Betrieb weitgehend nicht stört. Unter Regeln des Heizsystems kann auch ein zumindest teilweises Einstellen einer Kennlinie verstanden werden. Insbesondere können beim Regeln Messwerte erfasst bzw. Betriebsparameter gemessen werden und beim Einstellen der Betriebsparameter bzw. der Kennlinie berücksichtigt werden. Beispielsweise kann unter Regeln des Heizsystems ein in der Steuereinheit ablaufender Regelprozess verstanden werden, welcher in Abhängigkeit von der erfassten Verbrennungskenngröße die Öffnungsweite des

Brennstoffventils anpasst.

**[0007]** Unter "Kalibrieren des Heizsystems" soll insbesondere eine zumindest teilweise neue Einstellung, bevorzugt eine weitgehend vollständig neue Einstellung, einer Kennlinie verstanden werden. Dazu kann das Heizgerät in einem speziellen "Kalibriermodus" betrieben werden, welcher den normalen, vorgesehenen Betrieb zumindest teilweise einschränkt oder unterbricht. Beispielsweise kann zur Prüfung einer Kennlinie ein Leistungsspektrum des Heizgeräts durchgefahren werden.

**[0008]** Unter "Steuern des Heizsystems" soll ein Betriebsmodus eines Heizsystems verstanden werden, bei dem die Komponenten des Heizsystems von der Steuereinheit weitgehend in Abhängigkeit von Betriebsparametern und/oder Kennlinien angesteuert werden. Insbesondere sollen beim Steuern weitgehend keine Messwerte erfasst werden. Insbesondere soll das Steuern nicht von Messwerten bzw. erfassten Betriebsparametern abhängen.

**[0009]** Unter "Aktualisierungspunkt" soll ein Tupel bzw. eine Menge von Werten von Betriebsparametern verstanden werden, bei welchem wenigstens ein Betriebsparameter ermittelt bzw. gemessen wird, insbesondere durch Regeln des Heizsystems, insbesondere durch einen Regelprozess. Unter "Erfassen von einem Aktualisierungspunkt entlang der Kennlinie" soll eine Ermittlung eines Aktualisierungspunkts verstanden werden, die dazu vorgesehen ist, eine Zuordnung bzw. einen Punkt der Kennlinie zu überprüfen. Ordnet beispielsweise die Kennlinie einem ersten Betriebsparameter des Heizsystems einen zweiten Betriebsparameter zu, so wird das Heizsystem mit dem ersten Betriebsparameter betrieben. Das Heizsystem wird geregelt und/oder kalibriert und der durch das Regeln und/oder Kalibrieren eingestellte zweite Betriebsparameter gemessen. Der Aktualisierungspunkt umfasst den ersten Betriebsparameter und den gemessenen zweiten Betriebsparameter. Der Aktualisierungspunkt ist dazu geeignet, den durch die Kennlinie dem ersten Betriebsparameter zugeordneten zweiten Betriebsparameter zu überprüfen, insbesondere durch einen Vergleich mit dem gemessenen zweiten Betriebsparameter des Aktualisierungspunktes.

**[0010]** Unter "neuem Bestimmen der Kennlinie in Abhängigkeit von den wenigstens zwei Aktualisierungspunkten" soll ein neues Ermitteln der Kennlinie verstanden werden, insbesondere ein Berechnungsprozess, bei dem eine Zuordnung durch Kennlinie und/oder ein Verlauf der Kennlinie wenigstens abschnittsweise angepasst wird. Wird die Kennlinie beispielsweise durch wenigstens zwei sie charakterisierende Werte bestimmt bzw. definiert, so können zum neuen Bestimmen der Kennlinie diese charakterisierenden Werte in Abhängigkeit von den wenigstens zwei Aktualisierungspunkten ermittelt werden. Ist beispielsweise die Kennlinie eine Wertetabelle, deren Wertepaare mit einem Polynom zweiter Ordnung ermittelbar sind, so kann dieses Polynom bzw. seine Funktionsvorschrift durch drei Koeffizienten definiert werden. Drei neue Koeffizienten können eindeutig

in Abhängigkeit von drei Aktualisierungspunkten bestimmt werden. Mithilfe der neuen Funktionsvorschrift können neue Wertepaare für die Kennlinie ermittelt werden.

**[0011]** Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Merkmale sind vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens nach dem Hauptanspruch möglich.

**[0012]** Werden die wenigstens zwei Aktualisierungspunkte in einem Closed-Loop-Modus erfasst, erlaubt das eine besonders präzise Erfassung der wenigstens zwei Aktualisierungspunkte. Dabei soll unter "Closed-Loop-Modus" ein Regelprozess verstanden werden, bei dem ein erster Betriebsparameter, welcher bevorzugt einem Stellsignal an eine Komponente des Heizsystems entspricht, beispielsweise zum Regeln einer Brennstoffzufuhr, so eingestellt wird, dass ein zweiter Betriebsparameter weitgehend den Wert eines Sollbetriebsparameters annimmt. Bevorzugt wird der erste Betriebsparameter iterativ angepasst. Besonders bevorzugt wird der erste Betriebsparameter in Abhängigkeit von einer Abweichung des zweiten Betriebsparameters vom Sollbetriebsparameter eingestellt. Bevorzugt wird das Heizsystem in einem Closed-Loop-Modus betrieben, wenn ein Brennerleistungsparameter weitgehend konstant ist oder sich ausreichend langsam bzw. gering ändert.

**[0013]** Unter "Brennerleistungsparameter" soll insbesondere eine Kenngröße verstanden werden, welche mit der Leistung, insbesondere einer Heizleistung, des Heizsystems korreliert ist. Vorteilhaft kann, insbesondere durch die Steuer- und/oder Regeleinheit des Heizsystems, wenigstens anhand des Brennerleistungsparameters die Leistung, insbesondere Heizleistung, des Heizsystems ermittelt werden. Vorteilhaft entspricht der Brennerleistungsparameter mindestens einem oder genau einem, die Leistung abbildenden Messwert bzw. kann einem solchen Messwert eindeutig zugeordnet werden. Ein solcher Messwert kann beispielsweise eine Temperatur, eine Luftdurchflussmenge, ein Gebläsesteuersignal oder eine Gebläsedrehzahl sein.

**[0014]** Wird die Kennlinie in Abhängigkeit davon neu bestimmt wird, wie stark die wenigstens zwei Aktualisierungspunkte von der Kennlinie abweichen, insbesondere durch Differenzbildung, ist eine besonders zuverlässige Einstellung der Kennlinie möglich. Auf diese Weise können beispielsweise zu stark abweichende Messwerte, insbesondere bedingt durch Messfehler, bei der Erfassung der wenigstens zwei Aktualisierungspunkte berücksichtigt werden. Weiterhin können auf diese Weise unnötige Aktualisierungen, beispielsweise wenn ein Aktualisierungspunkt nur im Rahmen einer Meßungenauigkeit bzw. eines Signalrausches von der Kennlinie abweicht, vermieden werden.

**[0015]** Das Verfahren ist besonders vorteilhaft, wenn die Kennlinie durch ein Polynom zweiten Grades beschreibbar ist oder von diesem abhängt und in Abhängigkeit von drei Aktualisierungspunkten neu bestimmt wird. Auf diese Weise ist es möglich, die Kennlinie besonders schnell zu aktualisieren.

**[0016]** Die Zuverlässigkeit des Verfahrens wird weiter erhöht, wenn die wenigstens zwei Aktualisierungspunkte wenigstens teilweise bei vorgegebenen Testpunkten erfasst werden. Durch ein Festlegen von Testpunkten können die technischen Eigenschaften des Heizsystems berücksichtigt werden. Das neue Bestimmen der Kennlinie ist so besonders schnell und präzise.

**[0017]** Wird das Heizsystem vorübergehend in einem Kalibrierungsmodus betrieben, sobald ein erster Aktualisierungspunkt erfasst wird, der ausreichend stark von der Kennlinie abweicht und das Heizsystem im Kalibrierungsmodus so betrieben wird, dass wenigstens ein weiterer Aktualisierungspunkt erfasst wird, hat das den Vorteil, dass auf Änderungen, welche ein neues Bestimmen der Kennlinie erforderlich machen, besonders schnell reagiert werden kann.

**[0018]** Wird das Heizsystem vorübergehend in einem Kennlinienmodus betrieben, wobei das Heizsystem in Abhängigkeit von der Kennlinie gesteuert bzw. geregelt wird, hat das den Vorteil, dass das Heizsystem weitgehend im vollen Umfang betrieben werden kann, falls eine Regelung nicht durchführbar oder nur eingeschränkt durchführbar ist. Insbesondere kann so das Heizsystem weiter betrieben werden, wenn Messwerte nicht erfasst werden können bzw. wenn Betriebsparameter nicht gemessen werden können. Dabei ist unter einem "Kennlinienmodus" ein Steuern des Heizsystems zu verstehen. Wird beispielsweise im Closed-Loop-Modus ein Steuersignal so eingestellt, dass ein erster Betriebsparameter den Wert eines Sollbetriebsparameters annimmt, so wird im Kennlinienmodus das Heizsystem mit einer Kennlinie gesteuert, welche einem Brennerleistungsparameter ein Steuersignal zuordnet.

**[0019]** Die Zuverlässigkeit des Verfahrens wird weiter erhöht, wenn das Heizsystem im Kennlinienmodus betrieben wird, wenn eine Variation eines Brennerleistungsparameters größer ist als eine Grenzvariation und/oder wenn eine Variationsgeschwindigkeit des Brennerleistungsparameters größer ist als eine Grenzgeschwindigkeit. Bei zu starken Variationen und/oder Variationsgeschwindigkeiten des Brennerleistungsparameters ist es möglich, dass die Regelung des Heizsystems, insbesondere in einem Closed-Loop-Modus, eine gewisse Zeit benötigt, um sich auf den neuen Brennerleistungsparameter einzustellen. In dieser Zeit ist es denkbar, dass das Heizsystem bzw. die Verbrennung nicht optimal betrieben wird. Es kann vorteilhaft sein, insbesondere in Hinsicht auf Emissionen, wenn in der Phase der Änderung des Brennerleistungsparameters das Heizsystem im Kennlinienmodus betrieben wird.

**[0020]** Wird die Kennlinie im Kennlinienmodus in Abhängigkeit von den wenigstens zwei Aktualisierungspunkten neu bestimmt, hat das den Vorteil, dass die Kennlinie nicht zu schnell ermittelt wird. Möglicherweise können weitere Aktualisierungspunkte erfasst werden, bevor die Kennlinie im Kennlinienmodus benötigt wird. Auf diese Weise wird weitgehend ein unnötiges neues Bestimmen der Kennlinie vermieden.

**[0021]** Wird im Closed-Loop-Modus eine Fluidzufuhrkenngröße so eingestellt, dass eine Verbrennungskenngröße weitgehend einer Sollverbrennungskenngröße gleicht, erlaubt das einen besonders effizienten Verbrennungsprozess. Auf diese Weise werden Emissionen weitgehend auf ein Minimum reduziert.

**[0022]** Unter einer "Fluidzufuhrkenngröße" soll insbesondere eine skalare Kenngröße verstanden werden, welche insbesondere mit zumindest einem, insbesondere einer Brenneinheit des Heizsystems zugeführten, Fluid, insbesondere einem Verbrennungsluftstrom, einem Brennstoffstrom und/oder einem Gemischstrom, insbesondere aus einer Verbrennungsluft und dem Brennstoff, korreliert ist. Vorteilhaft kann, insbesondere durch eine Steuer- und/oder Regeleinheit des Heizsystems, wenigstens anhand der Fluidzufuhrkenngröße auf einen Volumenstrom und/oder einen Massenstrom des zumindest einen Fluids geschlossen werden und/oder der Volumenstrom und/oder der Massenstrom des zumindest einen Fluids ermittelt werden. Ein Beispiel für eine Fluidzufuhrkenngröße ist die Angabe einer Öffnungsweite eines Brennstoffventils oder eines Ventilsteuersignals an das Brennstoffventil.

**[0023]** Unter einer "Verbrennungskenngröße" soll insbesondere eine skalare Kenngröße verstanden werden, welche insbesondere mit einer Verbrennung, insbesondere des Gemischs, insbesondere aus der Verbrennungsluft und dem Brennstoff, korreliert ist. Ein Beispiel für eine Verbrennungskenngröße ist ein Ionisationsstrom, welcher an einer Flamme des Heizsystems gemessen wird. Vorteilhaft kann, insbesondere durch die Steuer- und/oder Regeleinheit des Heizsystems, wenigstens anhand der Verbrennungskenngröße auf ein Vorhandensein und/oder eine Güte der Verbrennung geschlossen werden und/oder das Vorhandensein und/oder die Güte der Verbrennung ermittelt werden. Vorteilhaft entspricht die Verbrennungskenngröße zumindest einem oder genau einem, die Verbrennung abbildenden und/oder charakterisierenden Messwert bzw. kann die Verbrennungskenngröße einem solchen Messwert eindeutig zugeordnet werden. Beispiele für einen die Verbrennung abbildenden und/oder charakterisierenden Messwert sind ein Verbrennungssignal, insbesondere einer Lichtintensität, ein Schadstoffausstoß, eine Temperatur und/oder vorteilhaft ein Ionisationssignal.

**[0024]** Eine "Sollverbrennungskenngröße" ist ein gewünschter Wert der Verbrennungskenngröße. Nimmt die Verbrennungskenngröße den Wert der Sollverbrennungskenngröße an, soll die Verbrennung weitgehend optimal verlaufen, insbesondere in Hinsicht auf Emissionen. Die Sollverbrennungskenngröße kann insbesondere zum Regeln eines Heizsystems, insbesondere in einem Closed-Loop-Modus, verwendet werden. Die Sollverbrennungskenngröße kann von weiteren Betriebsparametern abhängen, beispielsweise vom Brennerleistungsparameter. Insbesondere kann eine Sollverbrennungskenngrößenkennlinie wenigstens einem weiteren Betriebsparameter, beispielsweise dem Brennerleis-

tungsparameter, die benötigte Sollverbrennungskenngröße zuordnen.

**[0025]** Weist ein Aktualisierungspunkt eine im Closed-Loop-Modus eingestellte Stell-Fluidzufuhrkenngröße und einen bzw. den dazugehörigen Brennerleistungsparameter auf, kann auf diese Weise die Kennlinie besonders einfach und zuverlässig neu bestimmt werden. Unter einer "Stell-Fluidzufuhrkenngröße" soll ein Wert der Fluidzufuhrkenngröße verstanden werden, bei dem im Closed-Loop-Modus unter dem dazugehörigen Brennerleistungsparameter die Verbrennungskenngröße weitgehend der Sollverbrennungskenngröße gleicht.

**[0026]** Ordnet die Kennlinie einem bzw. dem Brennerleistungsparameter eine Soll-Fluidzufuhrkenngröße zu, wird auf diese Weise ein weitgehend optimaler Verbrennungsprozess ermöglicht, insbesondere im Kennlinienmodus. Die "Soll-Fluidzufuhrkenngröße" ist ein gewünschter Wert, den die Fluidzufuhrkenngröße annehmen soll.

**[0027]** Ist die Fluidzufuhrkenngröße ein Ventilsteuer-signal für ein Brennstoffventil und/oder eine bzw. die Verbrennungskenngröße ein Ionisationsstrom und/oder ein bzw. der Brennerleistungsparameter eine Gebläsedrehzahl, so ist das Verfahren besonders zuverlässig. Insbesondere ist ein besonders stabiler Closed-Loop-Modus möglich. Insbesondere ist ein effizienter Kennlinienmodus möglich.

**[0028]** Ist die Fluidzufuhrkenngröße ein Ventilsteuer-signal für ein Brennstoffventil, hat das den zusätzlichen Vorteil, dass auf diese Weise eine besonders zuverlässige und präzise Einstellung einer Fluidzufuhr bzw. eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses möglich ist.

**[0029]** Ist die Verbrennungskenngröße ein Ionisationsstrom, hat das den Vorteil, dass der Ionisationsstrom einen funktionalen und besonders günstig auswertbaren Zusammenhang zum Brennstoff-Luft-Verhältnis hat. Das erlaubt eine genaue und sichere Regelung und/oder Steuerung des Heizsystems in Hinsicht auf die Verbrennungsqualität bzw. auf Emissionen. Ein "Ionisationsstrom" wird durch eine Ionisationsstrommessung an einer Flamme des Heizsystems bestimmt.

**[0030]** Eine Gebläsedrehzahl ist ein besonders einfach erfassbares und verlässliches Maß für eine Leistung des Heizsystems.

**[0031]** Die Verwendung einer Steuereinheit für ein Heizsystem, wobei die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung auszuführen, hat den Vorteil, dass durch das Heizsystem selbst unter sich schnell ändernden inneren und/oder äußeren Bedingungen zuverlässig betrieben werden kann. Das ermöglicht es, das Heizsystem weitgehend ohne Nutzereingriffe zu betreiben. Das erhöht den Bedienungskomfort sowie die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit des Heizsystems.

**[0032]** Ein Heizsystem mit einer Steuereinheit gemäß der vorliegenden Erfindung, mit mindestens einem Brennstoffventil für einen Brennstoff, mit einer Ionisationssonde an einer Flamme und mit einem Gebläse mit

variierbarer Gebläsedrehzahl hat den Vorteil, dass ein bequemer, sicherer und wartungsarmer Betrieb des Heizsystems ermöglicht wird.

## 5 Zeichnungen

**[0033]** In den Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele des Verfahrens zum Aktualisieren einer Kennlinie in einem Heizsystem gemäß der vorliegenden Erfindung, sowie eine Steuereinheit gemäß der vorliegenden Erfindung und ein Heizsystem gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

15 Figur 1 eine schematische Darstellung des Heizsystems mit einer Steuereinheit,

Figur 2 das Verfahren zum Aktualisieren einer Kennlinie im Heizsystem und

20 Figuren 3 und 4 schematische Darstellungen von Kennlinien.

## Beschreibung

**[0034]** In den verschiedenen Ausführungsvarianten erhalten gleiche Teile bzw. Schritte die gleichen Bezugszahlen.

**[0035]** In Figur 1 ist ein Heizgerät 10 schematisch dargestellt, das im Ausführungsbeispiel auf einem Speicher 12 angeordnet ist. Das Heizgerät 10 weist ein Gehäuse 14 auf, das je nach Ausstattungsgrad unterschiedliche Komponenten aufnimmt.

**[0036]** Als wesentliche Komponenten befinden sich eine Wärmeszelle 16, eine Steuereinheit 18, eine oder mehrere Pumpen 20 sowie Verrohrungen 22, Kabel oder Busleitungen 24 und Haltemittel 26 im Heizgerät 10. Auch bei den einzelnen Komponenten hängt deren Anzahl und Komplexität vom Ausstattungsgrad des Heizgeräts 10 ab.

**[0037]** Die Wärmeszelle 16 weist einen Brenner 28, einen Wärmetauscher 30, ein Gebläse 32, ein Dosierer 34 sowie ein Zuluftsystem 36, ein Abgassystem 38 und, wenn die Wärmeszelle 16 in Betrieb ist, eine Flamme 40 auf. In die Flamme 40 ragt eine Ionisationssonde 42. Der Dosierer 34 ist als Brennstoffventil 44 ausgebildet. Eine Gebläsedrehzahl 54 des Gebläses 32 ist variabel einstellbar. Das Heizgerät 10 und der Speicher 12 bilden zusammen ein Heizsystem 46. Die Steuereinheit 18 weist einen Datenspeicher 48, eine Recheneinheit 50 und eine Kommunikationsschnittstelle 52 auf. Über die Kommunikationsschnittstelle 52 sind die Komponenten des Heizsystems 46 ansteuerbar. Die Kommunikationsschnittstelle 52 ermöglicht einen Datenaustausch mit externen Geräten. Externe Geräte sind beispielsweise Steuergeräte, Thermostate und/oder Geräte mit Computerfunktionalität, beispielsweise Smartphones.

**[0038]** Figur 1 zeigt ein Heizsystem 46 mit einer Steuereinheit 18. In alternativen Ausführungsformen befindet sich die Steuereinheit 18 außerhalb des Gehäuses 14

des Heizgeräts 10. Die externe Steuereinheit 18 ist in besonderen Varianten als Raumregler für das Heizsystem 46 ausgeführt. In bevorzugten Ausführungsformen ist die Steuereinheit 18 mobil. Die externe Steuereinheit 18 weist eine Kommunikationsverbindung zum Heizgerät 10 und/oder anderen Komponenten des Heizsystems 46 auf. Die Kommunikationsverbindung kann kabelgebunden und/oder kabellos sein, bevorzugt eine Funkverbindung, besonders bevorzugt über WLAN, Z-Wave, Bluetooth und/oder ZigBee. Die Steuereinheit 18 kann in weiteren Varianten aus mehreren Komponenten bestehen, insbesondere nicht physisch verbundenen Komponenten. In besonderen Varianten können zumindest eine oder mehrere Komponenten der Steuereinheit 18 teilweise oder ganz in der Form von Software vorliegen, die auf internen oder externen Geräten, insbesondere auf mobilen Recheneinheiten, beispielsweise Smartphones und Tablets, oder Servern, insbesondere einer Cloud, ausgeführt wird. Die Kommunikationsverbindungen sind dann entsprechende Softwareschnittstellen.

**[0039]** Figur 2 zeigt ein Verfahren 56 zum Aktualisieren einer Kennlinie 58 in einem Heizsystem 46. Das Verfahren 56 wird im Ausführungsbeispiel meistens, bevorzugt weitgehend, in einem Closed-Loop-Modus 60 betrieben. Im Closed-Loop-Modus 60 wird die Gebläsedrehzahl 54 weitgehend konstant gehalten oder ausreichend langsam geändert oder ausreichend schwach geändert.

Die Gebläsedrehzahl 54 ist im Ausführungsbeispiel ein Brennerleistungsparameter 62. Im Closed-Loop-Modus 60 wird ein Ventilsteuersignal 64 so eingestellt, dass ein Ionisationsstrom 66 weitgehend den Wert einer Sollionisation 68 annimmt.

**[0040]** Das Ventilsteuersignal 64 ist ein Steuersignal welches an das Brennstoffventil 44 gesendet wird und eine gewünschte Öffnungsweite des Brennstoffventils 44 beschreibt. Das Ventilsteuerungssignal 64 kann durch eine Angabe der gewünschten Öffnungsweite des Brennstoffventils 44 charakterisiert werden. Die gewünschte Öffnungsweite des Brennstoffventils 44 wird im Ausführungsbeispiel mit einer Prozentangabe zwischen 0 % und 100 % beschrieben, wobei eine Öffnungsweite von 0 % einem vollständig geschlossenen Brennstoffventil 44 entspricht und eine Öffnungsweite von 100 % einem vollständig geöffneten Brennstoffventil 44 entspricht. Mit "erhöhen bzw. senken des Ventilsteuersignals 64" ist gemeint, dass das Ventilsteuersignal 64 so geändert wird, dass die gewünschte Öffnungsweite des Brennstoffventils 44 im Vergleich zur letzten gewünschten Öffnungsweite des Brennstoffventils 44 erhöht bzw. gesenkt wird. Das Ventilsteuersignal 64 ist eine Fluidzufuhrkenngröße 70.

**[0041]** Der Ionisationsstrom 66 ist ein von der Ionisationssonde 42 an der Flamme 40 des Brenners 28 gemessener elektrischer Strom. Der Ionisationsstrom 66 ist eine Verbrennungskenngröße 72. Der erfasste Ionisationsstrom 66 wird von der Steuereinheit 18 empfangen. Im Closed-Loop-Modus 60 wird der erfasste Ionisationsstrom 66 weitgehend kontinuierlich mit der Sollioni-

sation 68 verglichen. In alternativen Ausführungsformen wird der aktuelle Ionisationsstrom 66 in Zeitintervallen mit der Sollionisation 68 verglichen, bevorzugt periodisch. Bevorzugt sind die Zeitintervalle kurz gegenüber für eine Regelung und/oder Steuerung des Heizsystems 46 typischen Zeitskalen, beispielsweise zwischen 10 ms und 10.000 ms, insbesondere zwischen 100 ms und 1000 ms. Die Sollionisation 68 hängt von der Gebläsedrehzahl 54 ab. Im Ausführungsbeispiel wird die benötigte Sollionisation 68 abhängig von der Gebläsedrehzahl 54 durch eine in der Steuereinheit 18 hinterlegte Sollionisationkennlinie ermittelt. Die Sollionisationskennlinie wird durch Laborversuche ermittelt und an die Anforderungen des Heizsystems 46 angepasst. Es ist denkbar, dass die Sollionisationkennlinie bzw. die Sollionisation 68 durch besondere Verfahren im Betrieb des Heizsystems 46 ermittelt wird, insbesondere durch Verfahren zum Kalibrieren des Heizsystems 46. Die Sollionisation 68 ist eine Sollverbrennungskenngröße 74.

**[0042]** Ist der aktuelle Ionisationsstrom 66 kleiner als die Sollionisation 68, wird im Ausführungsbeispiel das Ventilsteuersignal 64 erhöht. Ist der aktuelle Ionisationsstrom 66 größer als die Sollionisation 68, wird das Ventilsteuersignal 64 gesenkt. Im Ausführungsbeispiel wird das Ventilsteuersignal 64 umso stärker erhöht bzw. gesenkt, je größer die Abweichung des aktuellen Ionisationsstroms 66 von der Sollionisation 68 ist. In der Steuereinheit 18 ist ein linearer Zusammenhang hinterlegt, welche einer Differenz des Ionisationsstroms 66 zur Sollionisation 68 eine Änderung des Ventilsteuersignals 64 zuordnet. Ist ein Betrag der Differenz des Ionisationsstroms 66 zur Sollionisation 68 kleiner als eine Ionisationsschwelle, wird das Ventilsteuersignal 64 nicht verändert. Die Ionisationsschwelle ist ein in der Steuereinheit 18 hinterlegter Wert zur Berücksichtigung von Messungenauigkeiten bzw. eines Signalrauschen des erfassten Ionisationsstroms 66. Im Ausführungsbeispiel hängt die Ionisationsschwelle vom Brennerleistungsparameter 62 ab.

**[0043]** In Varianten der Ausführungsform hat der in der Steuereinheit 18 hinterlegte Zusammenhang zwischen der Differenz des Ionisationsstrom 66 zur Sollionisation 68 und der Änderung des Ventilsteuersignals 64 die Form einer beliebigen, monoton steigenden Funktion, insbesondere linear und/oder quadratisch und/oder exponentiell und/oder einer Potenzfunktion. In bevorzugten Ausführungsformen wird die Fluidzufuhrkenngröße 70 umso stärker verändert und/oder erhöht bzw. gesenkt, je größer die Abweichung der aktuelle erfassten Verbrennungskenngröße 72 von der Sollverbrennungskenngröße 74 ist.

**[0044]** Durch eine Veränderung des Ventilsteuersignals 64 ändert sich ein Brennstoff-Luft-Verhältnis in einer dem Brenner 28 zugeführten Brennstoff-Luft-Mischung. Der erfasste Ionisationsstrom 66 ändert sich in Abhängigkeit von der Veränderung des Ventilsteuersignals 64. Auf diese Weise kann das Ventilsteuersignal 64 iterativ so verändert werden, dass der erfasste Ionisationsstrom

66 weitgehend der Sollionisation 68 gleicht. Das eingestellte Ventilsteuersignal 64, bei dem der erfasste Ionisationsstrom 66 weitgehend der Sollionisation 68 gleicht, wird von der Steuereinheit 18 als Stell-Ventilsteuersignal 76 erfasst. Das Stell-Ventilsteuersignal 76 ist eine Stell-Fluidzufuhrkenngröße 78.

**[0045]** Die Kennlinie 58 ist in der Steuereinheit 18 hinterlegt. Im Ausführungsbeispiel ist die Kennlinie 58 eine Ventilsteuersignalkennlinie 80. Die Kennlinie 58 ordnet dem Brennerleistungsparameter 62 ein Soll-Ventilsteuersignal 82 zu. Das Soll-Ventilsteuersignal 82 hat den Wert eines Ventilsteuersignals 64. Das Soll-Ventilsteuersignal 82 ist eine Soll-Fluidzufuhrkenngröße 84. In Figur 3 ist die Ventilsteuersignalkennlinie 80 abgebildet. Auf der Abszissenachse 86 ist der Brennerleistungsparameter 62 dargestellt. Auf der Ordinatenachse 88 ist das Soll-Ventilsteuersignal 82 abgebildet. Das Soll-Ventilsteuersignal 82 steigt monoton mit dem Brennerleistungsparameter 62. Im Ausführungsbeispiel ist die Abhängigkeit des Soll-Ventilsteuersignal 82 vom Brennerleistungsparameter 62 weitgehend quadratisch bzw. proportional zu einem Polynom zweiten Grades.

**[0046]** Im Ausführungsbeispiel ist die Kennlinie 58 ein in der Steuereinheit 18 hinterlegter funktionaler Zusammenhang. Die Kennlinie 58 wird durch drei Koeffizienten des Polynoms zweiten Grades bestimmt. Die Soll-Fluidzufuhrkenngröße 84 wird dem Brennerleistungsparameter 62 zugeordnet, in dem der Wert des Brennerleistungsparameters 62 in den in der Steuereinheit 18 hinterlegten funktionalen Zusammenhang, welcher die Kennlinie 58 repräsentiert, eingesetzt wird und ein Funktionswert der Kennlinie 58 ermittelt wird. Der Funktionswert der Kennlinie 58 ist die Soll-Fluidzufuhrkenngröße 84.

**[0047]** In Varianten des Ausführungsbeispiels wird die Kennlinie 58 durch einen beliebigen anderen in der Steuereinheit 18 hinterlegten funktionalen Zusammenhang repräsentiert. Bevorzugt ist der die Kennlinie 58 repräsentierende funktionale Zusammenhang ein Polynom, bevorzugt eines Grades kleiner als zehn, besonders bevorzugt eines Grades kleiner als fünf, insbesondere eine lineare Funktion, und/oder eine exponentielle Funktion und/oder eine rationale Funktion und/oder eine Potenzfunktion. Insbesondere können diese Funktionstypen kombiniert werden, beispielsweise ein Polynom multipliziert mit einer exponentiellen Funktion. In weiteren Ausführungsformen kann die Kennlinie 58 durch eine Tabelle und/oder ein Datenfeld repräsentiert werden. Beispielsweise kann die Kennlinie 58 eine endliche Anzahl an Datenpunkten aufweisen welche jeweils einem Brennerleistungsparameter 62 eine Soll-Fluidzufuhrkenngröße 84 zuordnen. Bevorzugt sind die Datenpunkte weitgehend gleichmäßig auf einem Definitionsbereich des Brennerleistungsparameters 62 verteilt. Soll eine Soll-Fluidzufuhrkenngröße 84 für einen Brennerleistungsparameter 62 ermittelt werden, welcher nicht durch einen Datenpunkt beschrieben wird bzw. nicht ausreichend nahe an einen Datenpunkt liegt, so kann die benötigte Soll-Fluidzufuhrkenngröße 84 aus wenigstens zwei nahe gelege-

nen Datenpunkten ermittelt werden, insbesondere interpoliert oder extrapoliert werden. Es ist auch denkbar, dass ein Datenpunkt einem Intervall des Brennerleistungsparameters 62 eine Soll-Fluidzufuhrkenngröße 84 zuordnet. Vorteilhaft decken die Datenpunkte weitgehend den Definitionsbereich des Brennerleistungsparameters 62 ab.

**[0048]** Im Ausführungsbeispiel im Closed-Loop-Modus 60 das Stell-Ventilsteuersignal 76 mit dem zugehörigen Soll-Ventilsteuersignal 82 verglichen. Im Ausführungsbeispiel wird das Stell-Ventilsteuersignal 76 mit dem zugehörigen Soll-Ventilsteuersignal 82 während des Closed-Loop-Modus 60 weitgehend kontinuierlich verglichen. Das zugehörige Soll-Ventilsteuersignal 82 ist das Soll-Ventilsteuersignal 82 welches der Gebläsedrehzahl 54, bei welcher das Stell-Ventilsteuersignal 76 ermittelt wurde, durch die Kennlinie 58 zugeordnet wird. In Varianten des Ausführungsbeispiels wird die Stell-Fluidzufuhrkenngröße 78 in Zeitintervallen mit der Soll-Fluidzufuhrkenngröße 84 verglichen, bevorzugt in periodischen Zeitintervallen, beispielsweise weitgehend in den Zeitintervallen, in denen die Verbrennungskenngröße 72 mit der Sollverbrennungskenngröße 74 verglichen wird.

**[0049]** Im Ausführungsbeispiel wird eine Differenz zwischen dem Stell-Ventilsteuersignal 76 und dem Soll-Ventilsteuersignal 82 gebildet und überprüft, ob ein Betrag dieser Differenz eine Toleranzgrenze überschreitet. Im Ausführungsbeispiel beträgt die Toleranzgrenze 2 %. In Varianten des Ausführungsbeispiels liegt die Toleranzgrenze zwischen 0.1 % und 5 %. Im Ausführungsbeispiel ist die Toleranzgrenze ein konstanter, in der Steuereinheit 18 hinterlegter Wert. In weiteren Varianten des Ausführungsbeispiels kann die Toleranzgrenze von Betriebsparametern des Heizsystems 46 abhängen, insbesondere von einer Verbrennungskenngröße 72. Im Ausführungsbeispiel wird der Absolutwert der Differenz zwischen dem Stell-Ventilsteuersignal 76 und dem Soll-Ventilsteuersignal 82 überprüft.

**[0050]** In alternativen Ausführungsformen wird eine relative Abweichung zwischen dem Stell-Ventilsteuersignal 76 und dem Soll-Ventilsteuersignal 82 überprüft. Beispielsweise kann überprüft werden, ob das Stell-Ventilsteuersignal 76 geteilt durch das Soll-Ventilsteuersignal 82 einen Wert liefert, der zwischen einer unteren Toleranzgrenze und einer oberen Toleranzgrenze liegt. Die untere Toleranzgrenze kann insbesondere Werte in einem Bereich zwischen 0.9 und 0.99, insbesondere zwischen 0.95 und 0.98 annehmen. Die obere Toleranzgrenze kann insbesondere Werte in einem Bereich zwischen 1.01 und 1.1, insbesondere zwischen 1.02 und 1.05 annehmen.

**[0051]** Überschreitet der Betrag der Differenz zwischen dem Stell-Ventilsteuersignal 76 und dem Soll-Ventilsteuersignal 82 die Toleranzgrenze, wird im Closed-Loop-Modus 60 ein Kalibrierungsmodus 92 durchgeführt (siehe Figur 2). In der Steuereinheit 18 wird ein erster Aktualisierungspunkt 94 gespeichert. Der erste Aktualisierungspunkt weist im Ausführungsbeispiel die

Stell-Fluidzufuhrkenngroße 78 und den dazugehörigen Brennerleistungsparameter 62 auf. Im Kalibrierungsmodus 92 werden ein zweiter Aktualisierungspunkt 96 und ein dritter Aktualisierungspunkt 98 erfasst. Dazu werden in der Steuereinheit 18 hinterlegte Testpunkte 100 verwendet. Im Ausführungsbeispiel sind in der Steuereinheit 18 drei Testpunkte 100 hinterlegt. Die drei Testpunkte 100 liegen im Ausführungsbeispiel bei Werten der Gebläsedrehzahl 54 von 2800, 4100 und 5500. Die Werte der Gebläsedrehzahl 54 beschreiben die Anzahl der Umdrehungen pro Minute eines Laufrads des Gebläses 32. Die drei Testpunkte 100 entsprechen Heizleistungen von jeweils 6.2 kW, 9.8 kW und 13.4 kW. In alternativen Ausführungsformen können die Testpunkte 100 beliebige andere Werte annehmen. Bevorzugt decken die Testpunkte 100 weitgehend einen gesamten Parameterbereich des Brennerleistungsparameters 62 ab oder wenigstens einen für den Betrieb des Heizsystems 46 relevanten Parameterbereich des Brennerleistungsparameters 62 ab. Bevorzugt sind die Testpunkte 100 gleichmäßig über einen Parameterbereich des Brennerleistungsparameters 62 verteilt.

**[0052]** Im Ausführungsbeispiel werden im Kalibrierungsmodus 92 die beiden Testpunkte 100 ausgewählt, welche sich am stärksten vom Brennerleistungsparameter 62 des ersten Aktualisierungspunktes 94 unterscheiden. Diese beiden Testpunkte 100 liefern einen ersten Brennerleistungsparameter und einem zweiten Brennerleistungsparameter. Anschließend wird das Heizsystem 46 so betrieben, dass der Brennerleistungsparameter 62 nacheinander die Werte des ersten Brennerleistungsparameters und des zweiten Brennerleistungsparameters annimmt. Dabei wird der Brennerleistungsparameter 62 so lange weitgehend konstant gehalten, bis das Heizsystem 46 auf eine Stell-Fluidzufuhrkenngroße 78 geregelt wird. Der zweite Aktualisierungspunkt 96 wird gespeichert und weist den ersten Brennerleistungsparameter zusammen mit der dazugehörigen Stell-Fluidzufuhrkenngroße 78 auf. Der dritte Aktualisierungspunkt 98 wird gespeichert und weist den zweiten Brennerleistungsparameter zusammen mit der dazugehörigen Stell-Fluidzufuhrkenngroße 78 auf.

**[0053]** In Figur 3 weist der erste Aktualisierungspunkt 94 ein Stell-Ventilsteuersignal 76 von 34 %. Der zweite Aktualisierungspunkt 96 weist ein Stell-Ventilsteuersignal 76 von 29 % auf. Der dritte Aktualisierungspunkt 98 weist ein Stell-Ventilsteuersignal 76 von 40 % auf.

**[0054]** In einer Variante des Ausführungsbeispiels wird der Kalibrierungsmodus 92 durchgeführt, wenn der Betrag der Differenz zwischen dem Stell-Ventilsteuersignal 76 und dem Soll-Ventilsteuersignal 82 die Toleranzgrenze überschreitet. In dieser Variante werden im Kalibrierungsmodus 92 nacheinander alle drei durch die Testpunkte 100 vorgegebenen Brennerleistungsparameter 62 angefahren. Bei jedem der Testpunkte 100 wird der Brennerleistungsparameter 62 weitgehend konstant gehalten, bis eine Stell-Fluidzufuhrkenngroße 78 ermittelt werden kann. Es werden der erste Aktualisierungspunkt

94, der zweite Aktualisierungspunkt 96 und der dritte Aktualisierungspunkt 98 gespeichert, welche jeweils einen durch die drei Testpunkte 100 vorgegebenen Brennerleistungsparameter 62 mit der dazugehörigen Stell-Fluidzufuhrkenngroße 78 aufweisen.

**[0055]** Anschließend wird die Kennlinie 58 neu bestimmt. Im Ausführungsbeispiel wird die Kennlinie 58 durch die drei Koeffizienten des Polynoms zweiten Grades bestimmt. Die Steuereinheit 18 bestimmt die drei Koeffizienten neu. Die drei Koeffizienten werden durch ein analytisches Berechnungsverfahren so ermittelt, dass die drei Aktualisierungspunkte 94, 96 und 98 weitgehend durch das Polynom zweiten Grades beschrieben werden bzw. weitgehend auf einem Graphen des Polynoms zweiten Grades liegen. Der Kalibrierungsmodus 92 wird beendet. In Varianten des Ausführungsbeispiels wird der Kalibrierungsmodus 92 beendet, sobald alle Aktualisierungspunkte 94, 96 und 98 erfasst worden sind. Die Kennlinie 58 wird anschließend im Closed-Loop-Modus 60 bestimmt.

**[0056]** Während des Betriebs werden an das Heizsystem 46 Brennerleistungsanforderungen, welche eine Anforderung an den Brennerleistungsparameter 62 beschreiben, gestellt. Eine Brennerleistungsanforderung kann eine Benutzereingabe sein und/oder aus einem Heizzeitplan folgen. Die Steuereinheit 18 prüft im Ausführungsbeispiel, ob eine zum Umsetzen der Brennerleistungsanforderung benötigte Variation des Brennerleistungsparameters 62 eine Grenzvariation überschreitet und eine benötigte Variationsgeschwindigkeit des Brennerleistungsparameters 62 eine Grenzgeschwindigkeit überschreitet. Wird die Grenzvariation oder die Grenzgeschwindigkeit überschritten, wird der Closed-Loop-Modus 60 unterbrochen, und das Heizsystem 46 in einem Kennlinienmodus 102 betrieben (siehe Figur 3). Im Kennlinienmodus 102 wird das Heizgerät 46 in Abhängigkeit von der Kennlinie 58 gesteuert. Im Kennlinienmodus 102 wird zum aktuell vorliegenden Brennerleistungsparameter 62 mithilfe der Kennlinie 58 das Soll-Ventilsteuersignal 82 ermittelt. Das Soll-Ventilsteuersignal 82 wird an das Brennstoffventil 44 gesendet. Auf diese Weise kann bei einer vorliegenden Brennerleistung sofort die Öffnungsweite des Brennstoffventils 44 angepasst werden. Im Closed-Loop-Modus 60 vergeht eine gewisse Zeit, bis sich eine Änderung des Ventilsteuersignals 64 auf den erfassten Ionisationsstrom 66 auswirkt. Aus diesem Grund kann es möglich sein, dass bei einer zu starken und/oder zu schnellen Änderung des Brennerleistungsparameters 62 das Ventilsteuersignal 64 nicht schnell genug auf das benötigte Stell-Ventilsteuersignal 76 geregelt wird. Aus diesem Grund wird bei einer zu starken und/oder zu schnellen Änderung des Brennerleistungsparameters 62 das Heizsystem 46 bevorzugt im Kennlinienmodus 102 betrieben. Ist der durch die Brennerleistungsanforderung angeforderte Brennerleistungsparameter 62 erreicht, wird der Kennlinienmodus 102 beendet und das Verfahren im Closed-Loop-Modus 60 fortgesetzt.

**[0057]** Im Ausführungsbeispiel wird die Kennlinie 58 durch drei Koeffizienten beschrieben bzw. definiert. Im Verfahren 56 werden drei Aktualisierungspunkte 94, 96 und 98 bestimmt. Durch die drei Aktualisierungspunkte 94, 96 und 98 lassen sich die drei Koeffizienten eindeutig ermitteln. In Varianten des Ausführungsbeispiels entspricht die Zahl der Aktualisierungspunkte der Zahl der Koeffizienten bzw. Funktionsparameter, welche die Kennlinie 58 beschreiben bzw. definieren. In weiteren Ausführungsformen übersteigt die Zahl der Aktualisierungspunkte die Zahl der Koeffizienten bzw. Funktionsparameter, welche die Kennlinie 58 beschreiben bzw. definieren. In diesen Ausführungsformen kann die Kennlinie 58 an die Aktualisierungspunkte angefügt werden, insbesondere durch statistische Optimierungsmethoden und/oder eine Ausgleichsrechnung und/oder eine Regressionsrechnung. Auf diese Weise können insbesondere statistische Abweichungen bzw. Ausreißer, beispielsweise bedingt durch Messfehler, in den Aktualisierungspunkten entfernt bzw. berücksichtigt werden.

**[0058]** Im Ausführungsbeispiel wird der erste Aktualisierungspunkt 94 erfasst, sobald eine ausreichende Abweichung der Stell-Fluidzufuhrkenngroße 78 von der Soll-Fluidzufuhrkenngroße 84 festgestellt wurde. In alternativen Ausführungsformen wird ein Aktualisierungspunkt erfasst, sobald eine Stell-Fluidzufuhrkenngroße 78 ermittelt wird. Der Aktualisierungspunkt weist die ermittelte Stell-Fluidzufuhrkenngroße 78 und den zugehörigen Brennerleistungsparameter 62 auf. Die so erfassten Aktualisierungspunkte können zumindest zeitweise im Speicher 12 der Steuereinheit 18 hinterlegt werden. In diesen Ausführungsformen können zur neuen Bestimmung der Kennlinie 58 die wenigstens zwei zuletzt erfassten Aktualisierungspunkte verwendet werden. Alternativ können zur neuen Bestimmung der Kennlinie 58 die wenigstens zwei zuletzt erfassten Aktualisierungspunkt verwendet werden, die weit genug im Parameterbereich des Brennerleistungsparameters 62 auseinanderliegen. Dazu kann beispielsweise überprüft werden, ob die Aktualisierungspunkt jeweils einen gewissen Abstand zueinander bezüglich des Brennerleistungsparameters 62 haben. Es kann auch überprüft werden, ob die Aktualisierungspunkte einen gewissen Parameterbereich des Brennerleistungsparameters 62 abdecken.

**[0059]** In alternativen Ausführungsformen wird die Kennlinie 58 im Kennlinienmodus 102 neu bestimmt. In diesen Ausführungsformen ist es besonders vorteilhaft, wenn eine ausreichende Zahl an Aktualisierungspunkten schon vorliegt. In besonders vorteilhaften Varianten dieser Ausführungsformen wird die Kennlinie 58 zu Beginn des Kennlinienmodus 102 neu bestimmt.

**[0060]** In weiteren Ausführungsformen sind in der Steuereinheit 18 unterschiedliche Kennlinie 58 hinterlegt, wobei die verwendete Kennlinie 58 in Abhängigkeit von vorliegenden Betriebsparametern und/oder inneren Bedingungen und/oder äußeren Bedingungen gewählt wird. Figur 4 zeigt drei unterschiedliche Kennlinien 58 welche jeweils für drei unterschiedliche Gassorten ver-

wendet werden. Auf der Abszissenachse 86 ist der Brennerleistungsparameter 62 dargestellt. Auf der Ordinatenachse 88 ist das Soll-Ventilsteuersignal 82 abgebildet.

5

## Patentansprüche

10

1. Verfahren (56) zum Aktualisieren einer Kennlinie (58) in einem Heizsystem (46), **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Aktualisierungspunkte (94, 96, 98) entlang der Kennlinie (58) erfasst werden und die Kennlinie (58) in Abhängigkeit von den wenigstens zwei Aktualisierungspunkten (94, 96, 98) neu bestimmt wird.

15

2. Verfahren (56) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens zwei Aktualisierungspunkte (94, 96, 98) in einem Closed-Loop-Modus (60) erfasst werden.

20

3. Verfahren (56) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kennlinie (58) in Abhängigkeit davon neu bestimmt wird, wie stark die wenigstens zwei Aktualisierungspunkte (94, 96, 98) von der Kennlinie (58) abweichen, insbesondere durch Differenzbildung.

25

30

4. Verfahren (56) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kennlinie (58) durch ein Polynom zweiten Grades beschreibbar ist oder von diesem abhängt und in Abhängigkeit von drei Aktualisierungspunkten (94, 96, 98) neu bestimmt wird.

35

5. Verfahren (56) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens zwei Aktualisierungspunkte (94, 96, 98) wenigstens teilweise bei vorgegebenen Testpunkten (100) erfasst werden.

40

6. Verfahren (56) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Heizsystem (46) vorübergehend in einem Kalibrierungsmodus (92) betrieben wird, sobald ein erster Aktualisierungspunkt (94) erfasst wird, der ausreichend stark von der Kennlinie (58) abweicht und das Heizsystem (46) im Kalibrierungsmodus (92) so betrieben wird, dass wenigstens ein weiterer Aktualisierungspunkt (96, 98) erfasst wird.

45

50

7. Verfahren (56) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Heizsystem (46) vorübergehend in einem Kennlinienmodus (102) betrieben wird, wobei das Heizsystem (46) in Abhängigkeit von der Kennlinie (58) gesteuert bzw. geregelt wird.

55

8. Verfahren (56) nach Anspruch 7, **dadurch gekenn-**

- zeichnet, dass** das Heizsystem (46) im Kennlinienmodus (102) betrieben wird, wenn eine Variation eines Brennerleistungsparameters (62) größer ist als eine Grenzvariation und/oder wenn eine Variationsgeschwindigkeit des Brennerleistungsparameters (62) größer ist als eine Grenzgeschwindigkeit. 5
9. Verfahren (56) nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kennlinie (58) im Kennlinienmodus (102) in Abhängigkeit von den wenigstens zwei Aktualisierungspunkten (94, 96, 98) neu bestimmt wird. 10
10. Verfahren (56) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Closed-Loop-Modus (60) eine Fluidzufuhrkenngroße (70) so eingestellt wird, dass eine Verbrennungskenngröße (72) weitgehend einer Sollverbrennungskenngröße (74) gleicht. 15  
20
11. Verfahren (56) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Aktualisierungspunkt (94, 96, 98) eine im Closed-Loop-Modus (60) eingestellte Stell-Fluidzufuhrkenngroße (78) und einen bzw. den dazugehörigen Brennerleistungsparameter (62) aufweist. 25
12. Verfahren (56) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kennlinie (58) einem bzw. dem Brennerleistungsparameter (62) eine Soll-Fluidzufuhrkenngroße (84) zuordnet. 30
13. Verfahren (56) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine bzw. die Fluidzufuhrkenngroße (70) ein Ventilsteuersignal (64) für ein Brennstoffventil (44) ist und/oder eine bzw. die Verbrennungskenngröße (72) ein Ionisationsstrom (66) ist und/oder ein bzw. der Brennerleistungsparameter (62) eine Gebläsedrehzahl (54) ist. 35  
40
14. Steuereinheit (18) für ein Heizsystem (46), wobei die Steuereinheit (18) dazu eingerichtet ist, dass ein Verfahren (56) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausführbar ist. 45
15. Heizsystem (46) mit einer Steuereinheit (18) nach Anspruch 14, mit mindestens einem Brennstoffventil (44) für einen Brennstoff, mit einer Ionisationssonde (42) an einer Flamme (40) und mit einem Gebläse (32) mit variierbarer Gebläsedrehzahl (54). 50

55

Fig. 1

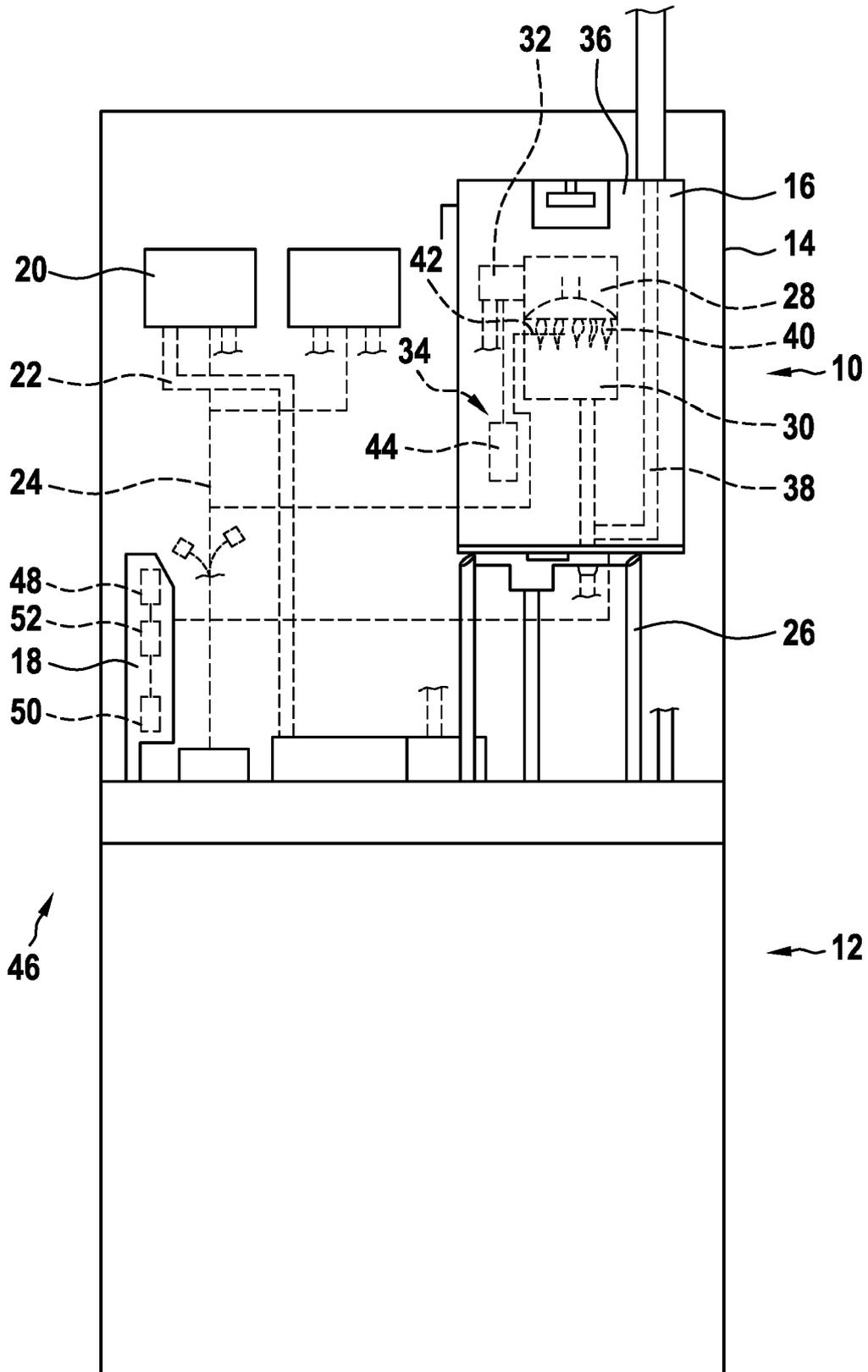


Fig. 2

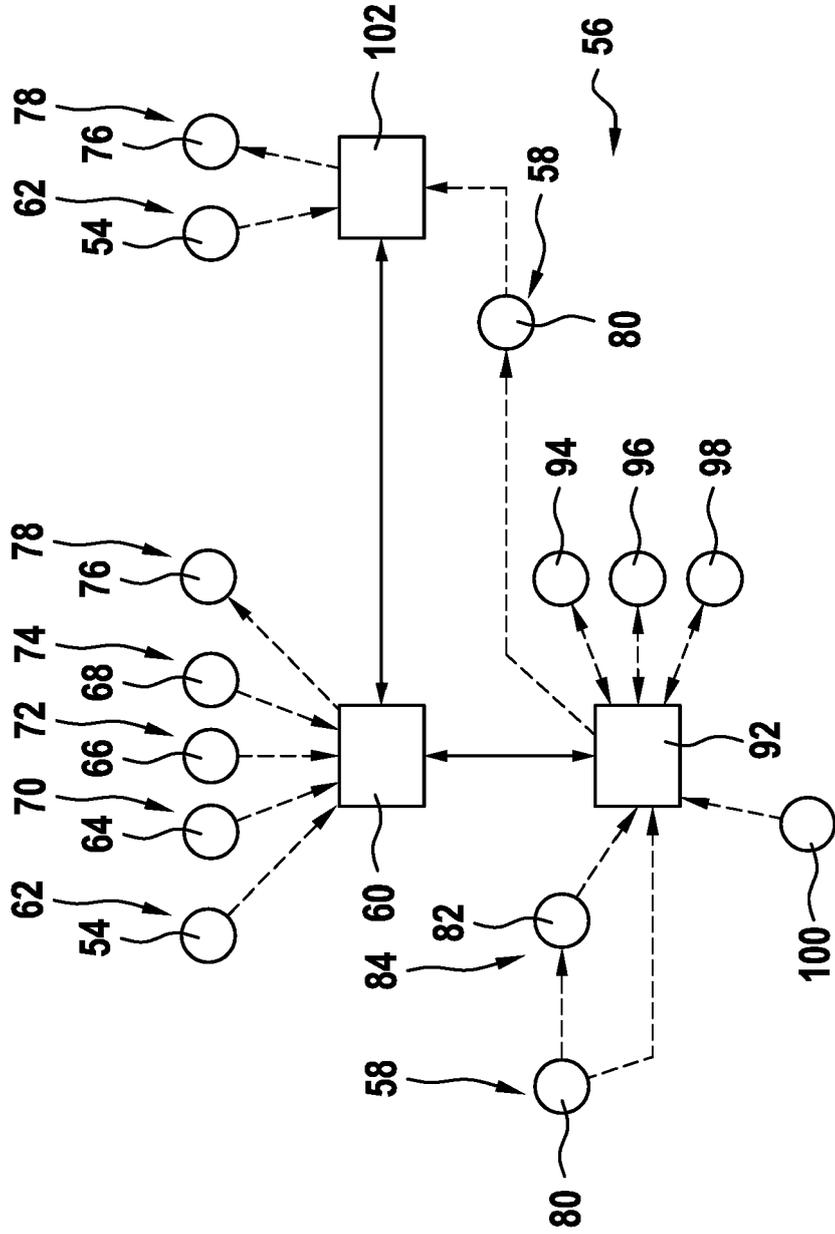


Fig. 3

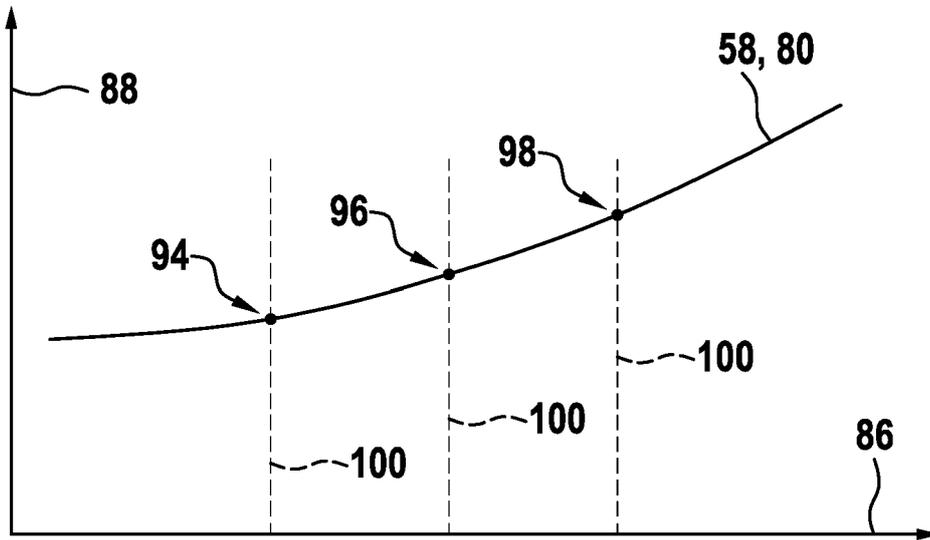
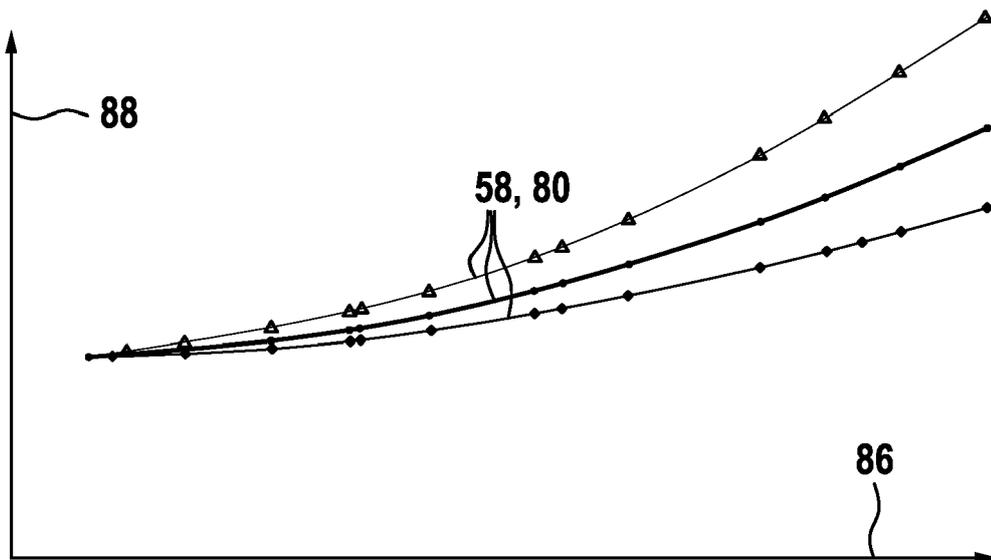


Fig. 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 17 18 7654

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 1 944 549 A2 (HONEYWELL TECHNOLOGIES SARL [CH]) 16. Juli 2008 (2008-07-16) * Absätze [0012], [0014], [0016]; Abbildung 3 *	1-15	INV. F23N5/12 F23N5/24
A,D	DE 10 2011 111453 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 28. Februar 2013 (2013-02-28) * Absätze [0012], [0013] *	1-15	
A	EP 1 154 202 A2 (SIEMENS BUILDING TECH AG [CH]) 14. November 2001 (2001-11-14) * Absätze [0017], [0018], [0031], [0053], [0054]; Abbildungen 2, 3 *	1-15	
A	EP 3 029 375 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 8. Juni 2016 (2016-06-08) * Absätze [0003], [0009], [0031] - [0041]; Anspruch 10; Abbildung 5 *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>12. Januar 2018</b>	Prüfer <b>Coli, Enrico</b>
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 18 7654

5 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.

12-01-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1944549 A2	16-07-2008	DE 102007002847 A1 EP 1944549 A2	17-07-2008 16-07-2008
DE 102011111453 A1	28-02-2013	KEINE	
EP 1154202 A2	14-11-2001	AT 269515 T DE 10025769 A1 DE 50102575 D1 DK 1154202 T3 EP 1154202 A2 JP 4897150 B2 JP 2001355841 A US 2001051107 A1	15-07-2004 15-11-2001 22-07-2004 25-10-2004 14-11-2001 14-03-2012 26-12-2001 13-12-2001
EP 3029375 A1	08-06-2016	DE 102014224891 A1 EP 3029375 A1	09-06-2016 08-06-2016

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**

- DE 102011111453 A1 [0002]