



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur fehlersicheren und mageren Zündung eines Brenngas-Luft-Gemisches an einem Gasbrenner und insbesondere bei einer Heiztherme. Ferner betrifft die Erfindung eine solche Heiztherme, welche ausgebildet ist, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik ist eine Vielzahl von Heiz- bzw. Gasthermen mit entsprechenden Verfahren zur Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches im Gasbrenner der Therme bekannt, wobei die Thermen zu meist für die Verbrennung von Erdgasen ausgelegt sind.

**[0003]** Solche Heizthermen weisen in der Regel einen Gasbrenner zur Verbrennung des Brenngas-Luft-Gemisches, eine stromauf des Gasbrenners angeordnete Mischvorrichtung zur Mischung eines entlang eines Brenngas-Strömungspfad einströmenden Brenngases und einer entlang eines Luft-Strömungspfad einströmenden Luft zu dem Brenngas-Luft-Gemisch, ein entlang dem Brenngas-Strömungspfad angeordnetes Regelventil zur Regelung einer Durchflussrate des in die Mischvorrichtung einströmenden Brenngases, eine entlang des Brenngas-Strömungspfad zwischen dem Regelventil und der Mischvorrichtung angeordnete Hauptmengendrossel, ein entlang des Brenngas-Strömungspfad stromauf dem Regelventil angeordnetes Sicherheitsventil, ein Gebläse zur Förderung des Brenngas-Luft-Gemisches in den bzw. zu dem Gasbrenner und einen Differenzdrucksensor auf, welcher ausgebildet ist, eine als Offsetdruck bezeichnbare Druckdifferenz zwischen einer Messstelle entlang des Brenngas-Strömungspfad und einer Messstelle entlang des Luft-Strömungspfad zu erfassen.

**[0004]** Dabei kann die Zündung im Gasbrenner nur mit einem zündfähigen Brenngas-Luft-Gemisch erfolgen, in welchem der Anteil an Brenngas also in einem vorbestimmten Bereich liegt d.h. das Brenngas-Luft-Gemisch nicht zu mager und nicht zu fett ist.

**[0005]** Trotz möglicher Sicherheitsvorkehrungen kann es bei der Zündung jedoch zu Fehlzündungen kommen, welche insbesondere bei der Verwendung von Wasserstoff als Brenngas zu Schäden führen können.

**[0006]** Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, die vorgenannten Nachteile zu überwinden und ein Verfahren sowie eine Heiztherme bereitzustellen, durch welche eine fehlersichere und magere Zündung eines Brenngas-Luft-Gemisches ermöglicht wird.

**[0007]** Als sicher wird insbesondere eine Zündung verstanden, welche eine Flammenbildung zur Folge hat und bei welcher die Verbrennung gleichzeitig innerhalb festgelegter Luftzahlgrenzen liegt. Dies ist vor allem für den Betrieb mit 100% Wasserstoff als Brenngas oder allgemein beim Betrieb von Thermen mit Brennstoffen, die hohe Flammengeschwindigkeiten und kurze Zündverzugszeiten aufweisen, wichtig.

**[0008]** Erfindungsgemäß wird daher ein Verfahren zur fehlersicheren und mageren Zündung eines Brenngas-

Luft-Gemisches an einem Gasbrenner vorgeschlagen, durch welches also Zündungen bei nicht erwünschten Brenngas-Luft-Gemischen vermieden werden sollen. Das Brenngas-Luft-Gemisch wird in einer stromauf des Gasbrenners angeordneten Mischvorrichtung aus Brenngas und Luft gemischt. Das Brenngas, bei welchem es sich vorzugsweise zumindest anteilig und weite vorzugsweise vollständig um Wasserstoff handelt, strömt entlang eines Brenngas-Strömungspfad in die Mischvorrichtung ein und die Luft strömt entlang eines Luft-Strömungspfad in die Mischvorrichtung ein. Weiter ist entlang des Brenngas-Strömungspfad ein Regelventil zur Regelung einer Durchflussrate des in die Mischvorrichtung strömenden Brenngases vorgesehen. Das Regelventil weist einen Aktor und ein durch den Aktor bewegbares Drosselement auf, welches vorzugsweise ausgebildet ist, durch ein Zusammenwirken mit einem zu dem Drosselement korrespondierenden Gegendelement den Durchfluss des Brenngases durch das Regelventil abhängig von der Stellung des Aktors zu drosseln und mithin den Durchfluss zu regeln. Gemäß dem Verfahren ist vorgesehen, dass der Aktor in eine Aktor-Referenzstellung verfahren wird, um das Drosselement dadurch in eine Drossel-Referenzstellung zu bringen. Befindet sich der Aktor in der Aktor-Referenzstellung, wird geprüft, ob sich das Drosselement tatsächlich in der Drossel-Referenzstellung befindet. Diese Prüfung der Drossel-Referenzstellung kann auch als Plausibilisierung der Drossel-Referenzstellung bezeichnet werden. Durch die Plausibilisierung kann sichergestellt werden, dass tatsächlich nur die gewünschte Menge Brenngas bzw. die gewünschte Durchflussrate des Brenngases in die Mischvorrichtung strömt und das resultierende Brenngas-Luft-Gemisch tatsächlich ein gewünschtes Mischungsverhältnis aus Brenngas und Luft aufweist. Anschließend sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, dass das Drosselement von dem Aktor ab einem Startzeitpunkt ausgehend von der Drossel-Referenzstellung die Durchflussrate erhöhend verfahren wird, wobei eine Zündvorrichtung zur Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches am Gasbrenner aktiviert wird. Um Fehlzündungen zu vermeiden, sieht das Verfahren zudem vor, dass das die Durchflussrate erhöhende Verfahren des Drosselements gestoppt wird, sobald zumindest eine der folgenden Abbruchbedingungen eintritt:

- Der Aktor erreicht eine vorbestimmte Grenzstellung, welche auch als Aktorposition bezeichnbar ist.
- Ein Differenzdrucksensor zur Erfassung einer als Offsetdruck bezeichnbaren Druckdifferenz zwischen einer Messstelle entlang des Brenngas-Strömungspfad und einer Messstelle entlang des Luft-Strömungspfad erfasst einen vorbestimmten Grenzdruck bzw. Schwellwert.
- Ein Zündsensor zur Erkennung einer Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches erkennt eine Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches.

**[0009]** Sowohl die Grenzstellung des Aktors als auch der Grenzdruck bzw. Schwellwert werden vorzugsweise so gewählt, dass in der Mischvorrichtung ein zündfähiges Brenngas-Luft-Gemisch mit einem vorbestimmten Brenngasanteil gemischt werden kann, welcher einen vorbestimmten und sicheren Wert nicht überschreitet.

**[0010]** Der Grundgedanke des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es also, das Regelventil vor einer Zündung in eine Referenzstellung zu Verfahren, in welcher der Durchfluss durch das Regelventil minimiert ist, wobei die Referenzstellung des Regelventils bzw. des Drosselements des Regelventils plausibilisiert wird. Anschließend wird die Durchflussrate durch das Regelventil erhöht, bis es im Gasbrenner zu einer fehlersicheren und mageren Zündung kommt. Um zu verhindern, dass ein "zu fettes" Gemisch im Gasbrenner zündet ist dabei ferner vorgesehen, dass die Erhöhung der Durchflussrate durch das Regelventil beendet bzw. gestoppt wird, sobald ein Abbruchkriterium von mehreren möglichen Abbruchkriterien erfüllt ist.

**[0011]** Weiter kann auch vorgesehen sein, dass zumindest eine der Abbruchbedingungen innerhalb einer vorbestimmten Sicherheitszeit eintreten muss, und dass das die Durchflussrate erhöhende Verfahren des Drosselements auch dann gestoppt wird, wenn keine der Abbruchbedingungen innerhalb der Sicherheitszeit eintritt.

**[0012]** Das Brenngas-Luft-Gemisch wird zudem vorzugsweise von einer Fördervorrichtung in den Gasbrenner gefördert, welche ein Gebläse sein kann und insbesondere stromab der Mischvorrichtung (pre-fan-mixing) oder entlang dem Luft-Strömungspfad stromauf der Mischvorrichtung (post-fan-mixing) angeordnet ist.

**[0013]** Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Durchflussrate des Brenngases durch das Regelventil in der Drossel-Referenzstellung minimiert wird bzw. ist. In der Drossel-Referenzstellung ist die Durchflussrate des Brenngases mittels des Drosselements also auf ein Minimum reduziert. Darunter wird verstanden, dass die minimierte Durchflussrate bzw. das Minimum vorzugsweise so gewählt wird, dass

- a) der Durchfluss des Brenngases durch das Regelventil vollständig gesperrt ist oder
- b) ein bei der minimalen Durchflussrate in die Mischvorrichtung strömendes Brenngas in einem sehr mageren aber noch zündfähigen Brenngas-Luft-Gemisch oder einem sehr mager und nicht zündfähigen Brenngas-Luft-Gemisch resultiert.

**[0014]** Die Zündvorrichtung kann vor dem Startzeitpunkt, zum Startzeitpunkt oder nach dem Startzeitpunkt aktiviert werden. Durch die Aktivierung der Zündvorrichtung vor und/oder zu dem Startzeitpunkt kann eventuell vorhandene Feuchtigkeit an der Zündvorrichtung beseitigt werden, sodass mit einem zündfähigen Brenngas-Luft-Gemisch an der Zündvorrichtung zu einer sauberen Zündung kommen kann. Da zum Startzeitpunkt selbst

noch kein zündfähiges Brenngas-Luft-Gemisch an der Zündvorrichtung bzw. im Gasbrenner vorhanden ist, kann die Zündvorrichtung auch nach dem Startzeitpunkt aktiviert werden. Vorzugsweise wird die Zündvorrichtung zum Startzeitpunkt aktiviert.

**[0015]** Dabei kann auch vorgesehen sein, dass die Zündvorrichtung nach einer Aktivierung zur Beseitigung der Feuchtigkeit vorübergehend deaktiviert und nach oder zum dem Startzeitpunkt wieder aktiviert wird.

**[0016]** Zur Erfassung der Grenzstellung bzw. Aktopposition des Aktors kann dieser beispielsweise ein dafür ausgebildetes Messsystem aufweisen oder als Schrittmotor ausgebildet sein.

**[0017]** Bei dem Regelventil handelt es sich vorzugsweise um ein elektronisches Regelventil, welches als Drosselement beispielsweise einen Ventilkegel aufweist, wobei der Ventilkegel zur Drosselung der Durchflussrate mit einem Ventil- oder Kegelsitz als Gegenelement zusammenwirkt. Das Drosselement ist dabei von einem Aktor, insbesondere einem Schrittmotor, verfahrbar bzw. verstellbar und die Durchflussrate durch das Regelventil dadurch einstellbar.

**[0018]** Vorzugsweise ist entlang des Brenngas-Strömungspfad stromauf des Regelventils ein Sicherheitsventil angeordnet, welches zwischen einer die Brenngasströmung entlang des Brenngas-Strömungspfad blockierenden Sperrstellung und einer die Brenngasströmung entlang des Brenngas-Strömungspfad ermöglichenden Durchlass- bzw. Durchflussstellung schaltbar ist. Ist ein Sicherheitsventil vorgesehen, kann dieses vor dem Aktivieren der Zündvorrichtung in die Sperrstellung gebracht und vor dem Startzeitpunkt oder zum Startzeitpunkt in die Durchflussstellung gebracht werden. Wird im Weiteren auf ein Sicherheitsventil bezuggenommen, handelt es sich vorzugsweise um dieses Sicherheitsventil.

**[0019]** Eine vorteilhafte Weiterbildung sieht hinsichtlich der Plausibilisierung der Drossel-Referenzstellung vor, dass die Prüfung, ob sich das Drosselement in der Drossel-Referenzstellung befindet, wenn sich der Aktor in der Aktor-Referenzstellung befindet, die folgenden Schritte umfasst:

- a) Ein bzw. das Sicherheitsventil, welches entlang des Brenngas-Strömungspfad stromauf des Regelventils angeordnet ist, wird in seine Sperrstellung geschaltet.
- b) Der Aktor wird in die Aktor-Referenzstellung verfahren, um das Drosselement in die Drossel-Referenzstellung zu bringen.
- c) Das Sicherheitsventil wird in seine Durchflussstellung geschaltet.
- d) Erhöht sich ein von dem Differenzdrucksensor erfasster Offsetdruck innerhalb einer vorbestimmten Prüfzeit nicht über einen Prüfdruckgrenzwert oder fällt der von dem Differenzdrucksensor erfasste Offsetdruck nach einem Anstieg innerhalb der Prüfzeit wieder ab, befindet sich das Drosselement in der

### Drossel-Referenzstellung.

**[0020]** Schritt d) kann also auch dahingehend zusammengefasst werden, dass der von dem Differenzdrucksensor erfasste Offsetdruck nach Schritt c) ausgewertet und mittels der Auswertung bestimmt wird, ob sich das Drosselement tatsächlich in der Drossel-Referenzstellung befindet.

**[0021]** Weiter kann im Umkehrschluss darauf geschlossen werden, dass sich das Drosselement nicht in der Drossel-Referenzstellung befindet, wenn der Offsetdruck innerhalb der Prüfzeit über den Prüfdruckgrenzwert steigt ohne wieder unter diesen abzufallen.

**[0022]** Eine solche Plausibilisierung der Drossel-Referenzstellung ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn der Aktor nicht "starr", sondern beispielsweise über eine Feder mit dem Drosselement verbunden ist, was im Stand der Technik weit verbreitet ist. Zusätzlich und auch bei einer starren Verbindung kann durch die Plausibilisierung ein Defekt des Aktors oder dessen Messsystems zur Erfassung der Aktorposition ausgeschlossen werden.

**[0023]** Der Plausibilisierung liegt dabei der Gedanke zu Grunde, dass der Druck bei geöffnetem (sich in Durchlassstellung befindenden) Sicherheitsventil und einem nicht in der Referenzstellung befindenden Regelventil unzulässig schnell ansteigt. Wird also von dem Drucksensor ein Druck erfasst, welcher innerhalb der Prüfzeit unzulässig stark ansteigt, befindet sich das Regelventil nicht in der Referenzstellung.

**[0024]** Dabei ist zu beachten, dass sich das Drosselement des Regelventils bei dem Öffnen des Sicherheitsventils bzw. einem Umschalten von der Sperrstellung in die Durchlassstellung bewegen und dadurch einen kurzzeitigen Druckstoß erzeugen kann. Wird bauartbedingt ein solcher Druckstoß von dem Regelventil erzeugt, kann das berücksichtigt werden, indem der Prüfdruckgrenzwert größer der Amplitude des Druckstoßes gewählt wird oder geprüft wird, ob der Druck nach einem Anstieg durch den Druckstoß innerhalb der Prüfzeit wieder abfällt.

**[0025]** Weiter kann vorgesehen sein, dass gemäß dem Verfahren eine sichere bzw. fehlersichere und magere Zündung erkannt wird, wenn der Zündsensor ab dem Startzeitpunkt und/oder ab dem Öffnen des Sicherheitsventils innerhalb einer bzw. der vorbestimmten Sicherheitszeit eine Zündung erfasst. Alternativ oder zusätzlich dazu kann vorgesehen sein, dass ein unsicherer Zustand bzw. eine fehlerhafte Zündung erkannt wird, wenn der Zündsensor ab dem Startzeitpunkt und/oder ab dem Öffnen des Sicherheitsventils die Zündung nicht innerhalb der vorbestimmten Sicherheitszeit erfasst.

**[0026]** Der unsichere Zustand kann optional auch dann angenommen bzw. erkannt werden, wenn sich das Drosselement gemäß der Plausibilisierung nicht in der Drossel-Referenzstellung befindet.

**[0027]** Bei Erkennung des unsicheren Zustands bzw. der fehlerhaften Zündung kann/können das Drossele-

ment in die Drossel-Referenzstellung gebracht und/oder ein bzw. das entlang des Brenngas-Strömungspfad stromauf des Regelventils angeordnete(s) Sicherheitsventil in seine Sperrstellung gebracht und/oder die Zündvorrichtung deaktiviert werden.

**[0028]** Wurde die sichere Zündung erkannt kann anschließend vorgesehen sein, dass eine Regeleinrichtung ab der Erkennung der sicheren Zündung und/oder nach einer vorbestimmten Stabilisierungszeit das Regelventil in Abhängigkeit des Offsetdrucks zum Erreichen eines vorbestimmten Offsetdruck-Sollwerts ansteuert, welcher vorzugsweise 0 Pa ist (Nulldruckregelung).

**[0029]** Ferner wird die Durchflussrate bei dem Verfahren des Drosselements ab dem Startzeitpunkt vorzugsweise einem vorbestimmten stetigen Verlauf folgend erhöht, welcher insbesondere so gewählt wird, dass die vorbestimmte Grenzstellung und/oder der vorbestimmte Grenzdruck vor Ablauf der Sicherheitszeit erreichbar ist.

**[0030]** Der Differenzdrucksensor ist vorzugsweise ausgebildet, unmittelbar die Druckdifferenz zwischen der Messstelle entlang des Brenngas-Strömungspfad und der Messstelle entlang des Luft-Strömungspfad zu erfassen.

**[0031]** Alternativ kann auch vorgesehen sein die Drücke separat an den beiden Messstellen zu erfassen und aus diesen die Differenz zu bilden, was jedoch im Vergleich zu der unmittelbaren Erfassung der Druckdifferenz oftmals zu vergleichsweise ungenauen Ergebnissen führt.

**[0032]** Weiter kann der Differenzdrucksensor als ein thermischer Massenstromsensor ausgebildet sein. Dieser ist ausgebildet, die Druckdifferenz aus einem Massenstrom zwischen der Messstelle entlang des Brenngas-Strömungspfad und der Messstelle entlang des Luft-Strömungspfad zu bestimmen, wobei der Offsetdruck hierbei insbesondere aus dem erfassten Massenstrom und einem vorbekannten Strömungsquerschnitt bestimmt wird.

**[0033]** Der Zündsensor ist vorzugsweise ein Flammensensor zur Erkennung einer Flamme an dem Gasbrenner, welcher die Zündung durch die Erkennung der Flamme erfasst. Zusätzlich oder alternativ kann der Zündsensor auch der Differenzdrucksensor sein bzw. integral durch diesen gebildet werden, welcher die Zündung durch einen vorübergehenden Anstieg des Offsetdrucks erfasst.

**[0034]** Dabei kann der vorübergehende Anstieg des Offsetdrucks bzw. ein Druckstoß einen vorbestimmten Verlauf und/oder eine vorbestimmte Dauer aufweisen, sodass durch Auswertung des von dem Differenzdrucksensor erfassten Drucks bzw. Druckverlaufs die Zündung erfassbar ist.

**[0035]** Bei einer Variante des Regelventils, bei welcher das Drosselement ein Ventilkegel ist, welcher in der Drossel-Referenzstellung gefedert auf einen zu dem Ventilkegel korrespondierenden Ventilsitz des Regelventils verfahren ist, wird der Ventilkegel beim Schalten des Sicherheitsventils in die Durchflussstellung durch die

sich ändernden Druckverhältnisse einen Druckstoß erzeugend bewegt. Hierbei ist gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens vorgesehen, dass das Schalten des Sicherheitsventils in die Durchflussstellung erkannt wird, wenn ein solcher Anstieg des Offsetdrucks d.h. ein Druckstoß unmittelbar nach dem Schalten des Sicherheitsventils von dem Differenzdrucksensor erfasst wird.

**[0036]** Entsprechend kann durch eine solche Auswertung die Funktionsfähigkeit des Sicherheitsventils plausibilisiert werden, wobei eine solche Plausibilisierung der Funktionsfähigkeit des Sicherheitsventils vorzugsweise integral mit der Plausibilisierung der Drossel-Referenzstellung erfolgt.

**[0037]** Wird erkannt, dass das Sicherheitsventil nicht wie beabsichtigt schaltet, kann ein Fehler erkannt werden und entsprechende weitere Schritte eingeleitet werden. Ist das Sicherheitsventil beispielsweise stromlos, dann wird es im Stand der Technik durch eine Feder geschlossen, um einen unsicheren Zustand zu vermeiden. Dabei sind zur Erhöhung der Sicherheit meist zwei Sicherheitsventile verbaut. Ist das Sicherheitsventil trotz Signal zum Öffnen stromlos, also schaltet nicht wie beabsichtigt, fließt kein Gas und das Offsetdrucksignal ändert sich nicht wie erwartet. Somit kann ein Fehler erkannt werden (z.B. Kabel nicht angeschlossen).

**[0038]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Heiztherme mit einem Gasbrenner zur Verbrennung eines Brenngas-Luft-Gemisches, einer stromauf des Gasbrenners angeordneten Mischvorrichtung zur Mischung eines entlang eines Brenngas-Strömungspfad einströmenden Brenngases und einer entlang eines Luft-Strömungspfad einströmenden Luft zu dem Brenngas-Luft-Gemisch. Ferner weist die Heiztherme eine stromab der Mischvorrichtung oder entlang des Luft-Strömungspfad stromauf der Mischvorrichtung angeordnete Förder Vorrichtung zur Förderung des Brenngas-Luft-Gemisches zum Gasbrenner, ein entlang des Brenngas-Strömungspfad angeordnetes Regelventil und eine entlang des Brenngas-Strömungspfad zwischen dem Regelventil und der Mischvorrichtung angeordnete Hauptmengendrossel auf. Das Regelventil, bei welchem es sich insbesondere um ein elektronisches Regelventil handelt, verfügt über einen Aktor und ein durch den Aktor bewegbares Drosselement zur Regelung einer Durchflussrate des entlang des Brenngas-Strömungspfad in die Mischvorrichtung strömenden Brenngases. Weiter verfügt die Heiztherme über ein entlang des Brenngas-Strömungspfad stromauf des Regelventils angeordnetes Sicherheitsventil und über einen Differenzdrucksensor, welcher ausgebildet ist, eine als Offsetdruck bezeichnbare Druckdifferenz zwischen einer Messstelle entlang des Brenngas-Strömungspfad und einer Messstelle entlang des Luft-Strömungspfad zu erfassen. Die Messstelle entlang des Brenngas-Strömungspfad liegt vorzugsweise zwischen dem Regelventil und der Hauptmengendrossel. Ferner weist die Heiztherme eine Steuereinheit auf, welche die zuvor genannte Regeleinrichtung umfassen kann und welche ausgebildet

ist, das erfindungsgemäße Verfahren zur fehlersicheren und mageren Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches durchzuführen.

**[0039]** Die vorstehend offenbarten Merkmale sind beliebig kombinierbar, soweit dies technisch möglich ist und diese nicht im Widerspruch zueinander stehen.

**[0040]** Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet bzw. werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführung der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine beispielhafte schematische Darstellung einer Heiztherme;

Fig. 2 Zustände und Messwerte bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0041]** Die Figuren sind beispielhaft schematisch. Gleiche Bezugszeichen in den Figuren weisen auf gleiche funktionale und/oder strukturelle Merkmale hin.

**[0042]** Figur 1 zeigt schematisch einen Teil bzw. einen Ausschnitt einer erfindungsgemäßen Gas- bzw. Heiztherme. Als Mischvorrichtung 4 ist ein Venturi-Mischer vorgesehen, in welchen Luft entlang eines Luft-Strömungspfad durch einen Lufteinlass L von einer als Gebläse 5 ausgebildeten Förder Vorrichtung 5 gesaugt wird. In der Mischvorrichtung 4 werden die einströmende Luft und ein Brenngas, welches entlang eines Brenngas-Strömungspfad durch einen Brenngaseinlass G einströmt, zu einem Brenngas-Luft-Gemisch vermischt.

**[0043]** Das Brenngas, bei welchem es sich insbesondere um reinen Wasserstoff handelt, durchströmt dabei entlang des Brenngas-Strömungspfad ein Sicherheitsventil 1, ein Regelventil 2 zur Regelung einer Durchflussrate des in die Mischvorrichtung 4 strömenden Brenngases sowie eine Hauptmengendrossel 3. Mittels der Regelung der Durchflussrate des Brenngases durch das Regelventil 2 ist das Mischungsverhältnis des Brenngas-Luft-Gemisches d.h. der Anteil des Brenngases an dem Brenngas-Luft-Gemisch einstellbar.

**[0044]** Weiter ist zumindest ein Differenzdrucksensor 8 vorgesehen, welcher ausgebildet ist, eine als Offsetdruck bezeichnbare Druckdifferenz zwischen einer Messstelle p2 entlang des Brenngas-Strömungspfad und einer Messstelle p1, p0 entlang des Luft-Strömungspfad zu erfassen. Die Messstelle p2 entlang des Brenngas-Strömungspfad ist dabei vorzugsweise zwischen dem Regelventil 2 und der Hauptmengendrossel 3 angeordnet. Die Messstelle entlang des Luft-Strömungspfad kann beispielsweise zwischen stromauf der Mischvorrichtung 4 und stromab des Lufteinlass L (Messstelle p1) oder stromauf des Lufteinlasses L (Messstelle p0) vorgesehen sein.

**[0045]** Das Brenngas-Luft-Gemisch wird von dem Gebläse 5 zu einem Gasbrenner 6 der Heiztherme gefördert, an welchem das Brenngas-Luft-Gemisch gezündet und verbrannt werden soll. Hierfür ist an dem Gasbrenner

6 eine Zündvorrichtung 7 zur Zündung eines zündfähigen Brenngas-Luft-Gemisches vorgesehen. Das Gebläse 5 ist vorliegend stromab der Mischvorrichtung 4 angeordnet, kann jedoch alternativ auch stromauf der Mischvorrichtung 4 angeordnet sein.

**[0046]** Das Regelventil 2 weist einen Aktor 21 auf, welcher vorliegend als Schrittmotor ausgeführt ist und ausgebildet ist, ein als Ventilkegel 23 ausgebildetes Drosselement 23 des Regelventils 2 zu verfahren. Das Drosselement 23 wirkt mit einem Gegenelement zusammen, welches vorliegend als zu dem Ventilkegel 23 korrespondierender Ventilsitz ausgebildet ist, sodass der Durchfluss des Brenngases durch das Regelventil regelbar ist. Dabei ist der Aktor 21 über eine Feder 22 mit dem Drosselement 23 verbunden. Beispielsweise durch einen Defekt des Aktors 21, einen Defekt des Messsystems zur Erfassung der Position des Aktors 21 oder durch ein Verkleben oder Brechen der Feder 22 kann es dazu kommen, dass die Stellung des Aktors 21 nicht zu der Stellung des Drosselementes 23 korrespondiert.

**[0047]** Liegt also ein solcher oder ein anderer Fehler vor, kann es dazu kommen, dass sich das Drosselement 23 nicht in der Drossel-Referenzstellung befindet, wenn sich der Aktor 21 in der Aktor-Referenzstellung befindet bzw. wenn angenommen wird, dass sich der Aktor 21 in der Aktor-Referenzstellung befindet.

**[0048]** Liegt ein solcher Fehler vor, kann es bei der Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches zu einer Fehlzündung kommen, da das tatsächlich vorliegende Brenngas-Luft-Gemisch nicht dem angenommenen bzw. gewünschten Brenngas-Luft-Gemisch entspricht.

**[0049]** Figur 2 zeigt schematisch verschiedene sich aus dem Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens ergebende Zustände und Messwerte der Komponenten der Heiztherme.

**[0050]** Der Graph A bildet den Zustand des Sicherheitsventils 1 ab. Der Graph B bildet den Zustand der Zündvorrichtung 7 ab. Der Graph C bildet die von dem Differenzdrucksensor 8 gemessene Druckdifferenz bzw. den Offsetdruck ab. Der Graph D bildet die Schrittmotorstellung bzw. einen dazu korrespondierenden Wert und mithin die Stellung des Aktors 21 des Regelventils 2 und damit die dazu korrespondierende Durchflussrate des Brenngases durch das Regelventil 2 ab.

**[0051]** Zum Zeitpunkt tA wird das Gebläse 5 aktiviert, sodass von dem Differenzdrucksensor 8 durch das geschlossene d.h. sich in seiner Sperrstellung befindliche Sicherheitsventil 1 ein Unterdruck an der Messstelle p2 erfasst wird.

**[0052]** Zum Zeitpunkt tB wird die Zündvorrichtung 7 aktiviert.

**[0053]** Vorliegend ist der Aktor 21 des Regelventils 2 bereits in die Aktor-Referenzstellung verfahren, in welcher die Durchflussrate durch das Regelventil 2 gemäß Graph D auf 0 reduziert ist. Das Verfahren des Aktors 21 des Regelventils 2 in die Aktor-Referenzstellung kann jedoch auch später und bis zum Zeitpunkt tC erfolgen.

**[0054]** Um eine besonders fehlersichere und magere

Zündung gewährleisten zu können, wird gemäß dem beispielhaft dargestellten Verfahren nun geprüft bzw. plausibilisiert, ob das Drosselement 23 durch das Verfahren des Aktors 21 in die Aktor-Referenzstellung tatsächlich in die Drossel-Referenzstellung gebracht wurde.

**[0055]** Hierfür wird das Sicherheitsventil 1 zum Zeitpunkt tC geöffnet bzw. in seine Durchlassstellung gebracht.

**[0056]** Befindet sich das Drosselement 23 in der Drossel-Referenzstellung, in welcher der Durchfluss durch das Regelventil minimiert ist, sollte durch den Differenzdrucksensor 8 keine unzulässige Änderung des Offsetdrucks erfasst werden.

**[0057]** Ist der Aktor 21 mittels einer Feder 22 mit dem Drosselement 23 verbunden, kann es durch die Federlagerung zu einem kurzen "Iüpfen" des Drosselementes 23 und mithin zu einem kurzen Druckstoß kommen, welcher - wie in Figur 2 dargestellt - von dem Differenzdrucksensor 8 erfasst wird. Bei einem solchen Druckstoß handelt es sich also um eine zulässige Änderung des Offsetdrucks, welche beispielsweise dadurch berücksichtigt werden kann, dass der Prüfdruckgrenzwert pG, über welchen der Offsetdruck nicht steigen darf, so gewählt ist, dass der erwartete Druckstoß darunterliegt. Alternativ kann auch geprüft werden, ob der Offsetdruck bei Überschreiten des Prüfdruckgrenzwerts pG aufgrund des Druckstoßes anschließend wieder unter den Prüfdruckgrenzwert pG fällt.

**[0058]** Der Zeitraum zwischen den Zeitpunkten tC und tD entspricht vorliegend der Prüfzeit, innerhalb welcher plausibilisiert wird, ob sich das Drosselement 23 tatsächlich in der Drossel-Referenzstellung befindet.

**[0059]** Da der von dem Differenzdrucksensor 8 erfasste Offsetdruck innerhalb der vorbestimmten Prüfzeit (Zeitintervall zwischen den Zeitpunkten tC und tD) nicht über den Prüfdruckgrenzwert pG steigt, befindet sich das Drosselement 23 in der Drossel-Referenzstellung.

**[0060]** Die Drossel-Referenzstellung wurde mithin plausibilisiert und es liegt kein Fehler vor, sodass das Verfahren fortgesetzt wird.

**[0061]** Zum Startzeitpunkt tD wird begonnen, das Regelventil 2 gemäß dem vorbestimmten stetigen und hier rampenartigen Verlauf zu öffnen, sodass die Durchflussrate durch das Regelventil 2, wie in Graph D dargestellt, erhöht wird. Das durch die Mischeinrichtung 4 erzeugte Brenngas-Luft-Gemisch wird mit einem sich stetig erhöhenden Brennstoff- bzw. Brenngasanteil gemischt und wird "fetter".

**[0062]** Das Regelventil 2 wird ab dem Startzeitpunkt tD jedoch nicht beliebig lange weiter geöffnet, sondern lediglich bis eines von mehreren möglichen Abbruchkriterien erkannt wird. Bei den Abbruchkriterien handelt es sich um das Erreichen einer Grenzstellung (sA) durch den Aktor 21, um das Erreichen bzw. Erfassen eines Grenzdrucks (pA) durch den Differenzdrucksensor 8 oder um die Detektion einer Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches mittels eines Züandsensors, welcher beispielsweise durch einen Flammensensor zur Erfassung der

Flamme an dem Gasbrenner 6 oder integral durch den Differenzdrucksensor 8 gebildet ist.

**[0063]** Vorliegend ist beispielhaft dargestellt, das die Grenzstellung sA und der Grenzdruck pA zum Zeitpunkt tE zeitgleich erreicht werden und dadurch ein Öffnen bzw. Verstellen des Regelventils 2 beendet wird. Grenzstellung sA und Grenzdruck pA müssen jedoch nicht zeitgleich erreicht werden. Vielmehr ist vorgesehen, dass das Öffnen des Regelventils 2 beendet bzw. gestoppt wird, sobald einer der Grenzwerte erreicht oder eine Zündung detektiert wird.

**[0064]** Wie beschrieben wird zum Zeitpunkt tE das Öffnen des Regelventils 2 gestoppt und das Regelventil 2 verharzt zumindest zunächst in seiner Stellung.

**[0065]** Um von einer sicheren Zündung ausgehen zu können, muss ein Züandsensor ab dem Zeitpunkt tC des Öffnens des Sicherheitsventils 1 und innerhalb der Sicherheitszeit tS eine Flammenbildung am Gasbrenner d.h. eine Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches erfassen.

**[0066]** Vorliegend ist vorgesehen, dass der Differenzdrucksensor 8 zugleich der Züandsensor ist. Zum Zeitpunkt tF wird ein Druckstoß, welcher durch die Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches an dem Gasbrenner 6 erzeugt wurde, von dem Differenzdrucksensor 8 erfasst.

**[0067]** Nach der zum Zeitpunkt tF erkannten erfolgreichen Zündung und hier zum Zeitpunkt tG wird die Zündvorrichtung 7 deaktiviert.

**[0068]** Weiter kann das Regelventil 2 nach dem Erkennen der erfolgreichen Zündung zum Zeitpunkt tF sofort oder nach einer Stabilisierungszeit tJ zur Stabilisierung der Verbrennung und vorliegend zum Zeitpunkt tH auf einen gewünschten bzw. vorgegebenen Offsetdruck geregelt werden.

**[0069]** Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf die vorstehend angegebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch macht.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur fehlersicheren und mageren Zündung eines Brenngas-Luft-Gemisches an einem Gasbrenner (6), welches in einer stromauf des Gasbrenners (6) angeordneten Mischvorrichtung (4) aus einem entlang eines Brenngas-Strömungspfad einströmenden Brenngas und einer entlang eines Luft-Strömungspfad einströmenden Luft gemischt wird, wobei ein entlang des Brenngas-Strömungspfad vorgesehenes Regelventil (2) einen Aktor (21) und ein durch den Aktor (21) bewegbares Drosselement (23) zur Regelung einer Durchflussrate des in die Mischvorrichtung (4) strömenden Brenngases aufweist, wobei der Aktor (21) in eine Aktor-Referenzstellung verfahren wird, um das Drosselement (23) in eine Drossel-Referenzstellung zu bringen, wobei geprüft wird, ob sich das Drosselement (23) in der Drossel-Referenzstellung befindet, wenn sich der Aktor (21) in der Aktor-Referenzstellung befindet, wobei das Drosselement (23) von dem Aktor (21) ab einem Startzeitpunkt (tD) ausgehend von der Drossel-Referenzstellung die Durchflussrate erhöhend verfahren wird, wobei eine Zündvorrichtung (7) zur Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches am Gasbrenner (6) aktiviert wird, wobei das die Durchflussrate erhöhende Verfahren des Drosselements (23) gestoppt wird, sobald zumindest eine der folgenden Abbruchbedingungen eintritt:

• der Aktor (21) erreicht eine vorbestimmte Grenzstellung (sA);  
• ein Differenzdrucksensor (8) zur Erfassung einer als Offsetdruck bezeichnbaren Druckdifferenz zwischen einer Messstelle (p2) entlang des Brenngas-Strömungspfad und einer Messstelle (p1, p0) entlang des Luft-Strömungspfad erfasst einen vorbestimmten Grenzdruck (pA);  
• ein Züandsensor zur Erkennung einer Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches erkennt eine Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches.

- der Aktor (21) erreicht eine vorbestimmte Grenzstellung (sA);
- ein Differenzdrucksensor (8) zur Erfassung einer als Offsetdruck bezeichnbaren Druckdifferenz zwischen einer Messstelle (p2) entlang des Brenngas-Strömungspfad und einer Messstelle (p1, p0) entlang des Luft-Strömungspfad erfasst einen vorbestimmten Grenzdruck (pA);
- ein Züandsensor zur Erkennung einer Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches erkennt eine Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Durchflussrate des Brenngases durch das Regelventil (2) in der Drossel-Referenzstellung minimiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Prüfung, ob sich das Drosselement (23) in der Drossel-Referenzstellung befindet, wenn sich der Aktor (21) in der Aktor-Referenzstellung befindet, die folgenden Schritte umfasst:

- a) ein Sicherheitsventil (1), welches entlang des Brenngas-Strömungspfad stromauf des Regelventils (2) angeordnet ist, wird in seine Sperrstellung geschaltet,
- b) der Aktor (21) wird in die Aktor-Referenzstellung verfahren, um das Drosselement (23) in die Drossel-Referenzstellung zu bringen,
- c) das Sicherheitsventil (1) wird in seine Durchflussstellung geschaltet,
- d) erhöht sich ein von dem Differenzdrucksensor (8) erfasster Offsetdruck innerhalb einer vorbestimmten Prüfzeit nicht über einen Prüfdruckgrenzwert (pG) oder fällt der von dem Differenzdrucksensor (8) erfasste Offsetdruck nach einem Anstieg innerhalb der Prüfzeit wieder ab, befindet sich das Drosselement (23) in der Drossel-Referenzstellung.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-

che,

wobei eine sichere Zündung erkannt wird, wenn der Zündsensor ab dem Startzeitpunkt (tD) und/oder ab dem Zeitpunkt (tC) des Öffnens des Sicherheitsventils (1) innerhalb einer vorbestimmten Sicherheitszeit (tS) eine Zündung erfasst,

und/oder ein unsicherer Zustand erkannt wird, wenn der Zündsensor ab dem Startzeitpunkt (tD) und/oder ab dem Zeitpunkt (tC) des Öffnens des Sicherheitsventils (1) die Zündung nicht innerhalb der vorbestimmten Sicherheitszeit (tS) erfasst.

5. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei bei Erkennung des unsicheren Zustands das Drosselelement (23) in die Drossel-Referenzstellung gebracht und/oder ein entlang des Brenngas-Strömungspfad stromauf des Regelventils (2) angeordnetes Sicherheitsventil (1) in seine Sperrstellung gebracht und/oder die Zündvorrichtung (7) deaktiviert wird.

6. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Regeleinrichtung ab der Erkennung der sicheren Zündung und/oder nach einer vorbestimmten Stabilisierungszeit das Regelventil (2) in Abhängigkeit des Offsetdrucks zum Erreichen eines vorbestimmten Offsetdruck-Sollwerts ansteuert.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Durchflussrate bei dem Verfahren des Drosselelements (23) ab dem Startzeitpunkt (tD) einem vorbestimmten stetigen Verlauf folgend erhöht wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei der Differenzdrucksensor (8) ausgebildet ist, unmittelbar die Druckdifferenz zwischen der Messstelle (p2) entlang des Brenngas-Strömungspfad und der Messstelle (p1, p0) entlang des Luft-Strömungspfad zu erfassen, oder wobei der Differenzdrucksensor (8) ein thermischer Massenstromsensor ist, welcher ausgebildet ist, die Druckdifferenz aus einem Massenstrom zwischen der Messstelle (p2) entlang des Brenngas-Strömungspfad und der Messstelle (p1, p0) entlang des Luft-Strömungspfad zu bestimmen.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei der Zündsensor ein Flammensensor zur Erkennung einer Flamme an dem Gasbrenner (6) ist, welcher die Zündung durch die Erkennung der Flamme erfasst

und/oder wobei der Zündsensor der Differenzdrucksensor (8) ist, welcher die Zündung durch einen vorübergehenden Anstieg des Offsetdrucks erfasst.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Brenngas zumindest anteilig und insbesondere vollständig Wasserstoff ist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 3 bis 10,

wobei das Drosselelement (23) ein Ventilkegel (23) ist, welcher in der Drossel-Referenzstellung gefedert auf einen zu dem Ventilkegel (23) korrespondierenden Ventilsitz des Regelventils (2) verfahren ist,

wobei der Ventilkegel (23) beim Schalten des Sicherheitsventils (1) in die Durchflussstellung einen Druckstoß erzeugend bewegt wird, und wobei das Schalten des Sicherheitsventils (1) in die Durchflussstellung erkannt wird, wenn der Anstieg des Offsetdrucks von dem Differenzdrucksensor (8) erfasst wird.

12. Heiztherme mit einem Gasbrenner (6) zur Verbrennung eines Brenngas-Luft-Gemisches, einer stromauf des Gasbrenners (6) angeordneten Mischvorrichtung (4) zur Mischung eines entlang eines Brenngas-Strömungspfad einströmenden Brenngases und einer entlang eines Luft-Strömungspfad einströmenden Luft zu dem Brenngas-Luft-Gemisch, einem stromab der Mischvorrichtung (4) oder entlang des Luft-Strömungspfad stromauf der Mischvorrichtung (4) angeordnete Fördervorrichtung (5) zur Förderung des Brenngas-Luft-Gemisches zum Gasbrenner (6), einem entlang des Brenngas-Strömungspfad angeordneten Regelventil (2) mit einem Aktor (21) und einem durch den Aktor (21) bewegbaren Drosselelement (23) zur Regelung einer Durchflussrate des in die Mischvorrichtung (4) strömenden Brenngases, einer entlang des Brenngas-Strömungspfad zwischen dem Regelventil (2) und der Mischvorrichtung (4) angeordneten Hauptmengendrossel (3), einem entlang des Brenngas-Strömungspfad stromauf des Regelventils (2) angeordneten Sicherheitsventil (1) und einem Differenzdrucksensor (8), welcher ausgebildet ist, eine als Offsetdruck bezeichnbare Druckdifferenz zwischen einer Messstelle (p2) entlang des Brenngas-Strömungspfad und einer Messstelle (p1, p0) entlang des Luft-Strömungspfad zu erfassen, wobei die Heiztherme ferner eine Steuereinheit aufweist,



welche ausgebildet ist, ein Verfahren zur fehlersicheren und mageren Zündung des Brenngas-Luft-Gemisches gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

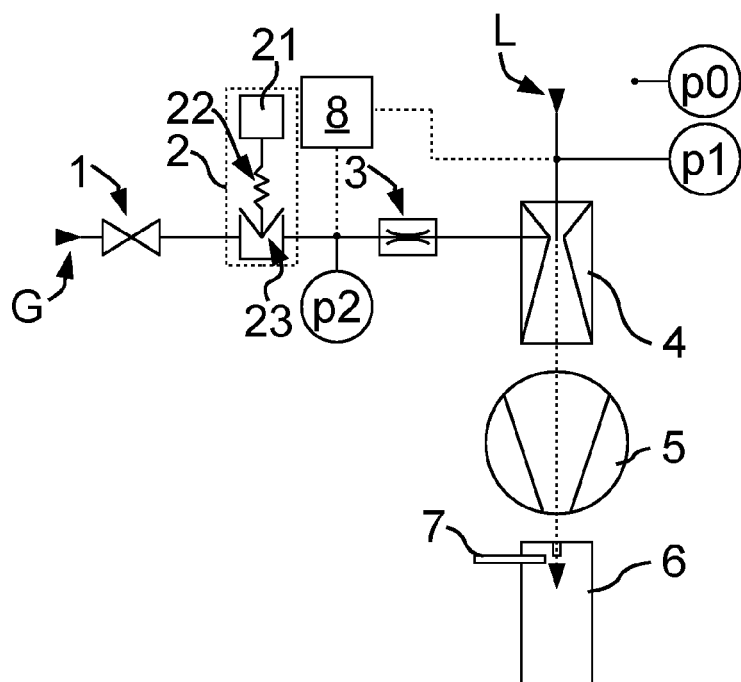


Fig. 1

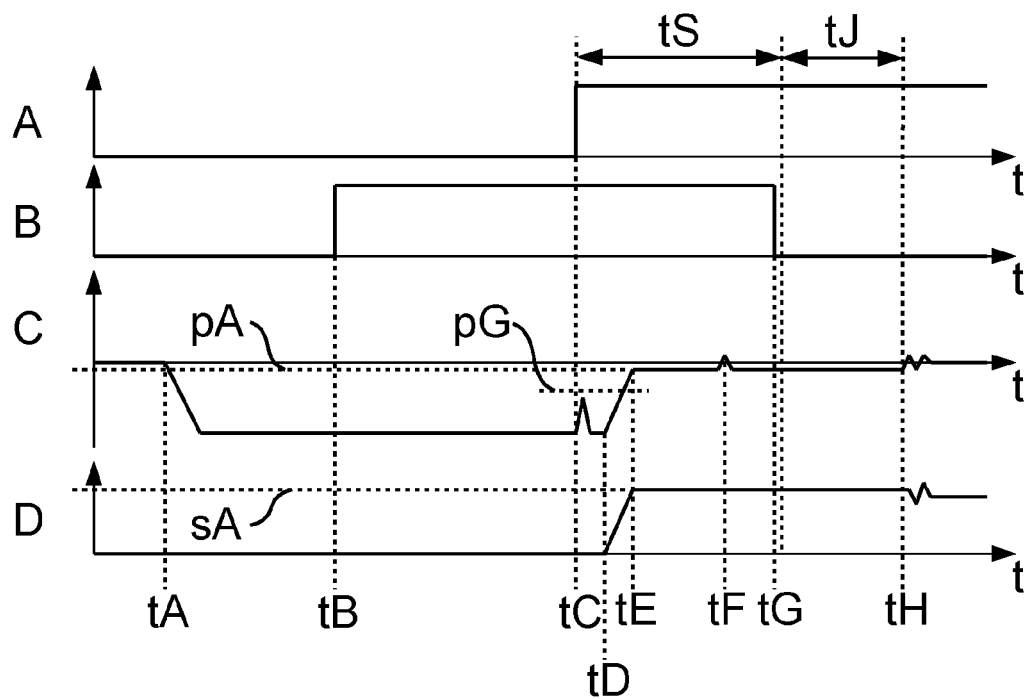


Fig. 2



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 15 0998

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	EP 2 405 198 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 11. Januar 2012 (2012-01-11) * Seite 3, Absatz 15 - Seite 4, Absatz 28 * * Abbildungen 1, 2 *	1-12	INV. F23D14/02 F23D14/60 F23N1/02
A	DE 101 13 468 A1 (SIEMENS BUILDING TECH AG [CH]) 14. März 2002 (2002-03-14) * Spalte 2, Absatz 17 - Spalte 5, Absatz 58 * * Abbildungen 1-3 *	1-12	
A	US 2012/178031 A1 (ROY WILLIAM J [US]) 12. Juli 2012 (2012-07-12) * Seite 2, Absatz 17 - Seite 3, Absatz 25 * * Abbildungen 1, 3, 6 *	1-12	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23D F23C F23N F23K
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>14. Juni 2023</b>	Prüfer <b>Rudolf, Andreas</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 : 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 15 0998

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.

14-06-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>EP 2405198 A1</b>	<b>11-01-2012</b>	<b>AT 510075 A1</b>	<b>15-01-2012</b>
		<b>EP 2405198 A1</b>	<b>11-01-2012</b>
		<b>ES 2403338 T3</b>	<b>17-05-2013</b>
-----			
<b>DE 10113468 A1</b>	<b>14-03-2002</b>	<b>AT 256844 T</b>	<b>15-01-2004</b>
		<b>DE 10113468 A1</b>	<b>14-03-2002</b>
		<b>EP 1186831 A1</b>	<b>13-03-2002</b>
		<b>JP 2002130667 A</b>	<b>09-05-2002</b>
		<b>US 2002048737 A1</b>	<b>25-04-2002</b>
-----			
<b>US 2012178031 A1</b>	<b>12-07-2012</b>	<b>KEINE</b>	
-----			

EPO FORM P0461

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