



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**18.06.2014 Patentblatt 2014/25**

(51) Int Cl.:  
**F23N 5/16 (2006.01)** **F23N 5/08 (2006.01)**  
**F23N 5/24 (2006.01)** **F23N 1/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **13196789.5**

(22) Anmeldetag: **12.12.2013**

(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**

(72) Erfinder:  
 • **Oliveira, José**  
**3850-577 Branca (PT)**  
 • **Ferreira, Luis Terra**  
**3860-087 Avanca (PT)**  
 • **Moura, Joao**  
**3800-588 Cacia (PT)**  
 • **Vieira, Ricardo**  
**4470-526 Maia (PT)**  
 • **Silva, Nuno**  
**4425-188 Maia (PT)**  
 • **Simoes, Mauro**  
**3770-059 Oia (PT)**

(30) Priorität: **13.12.2012 DE 102012024348**

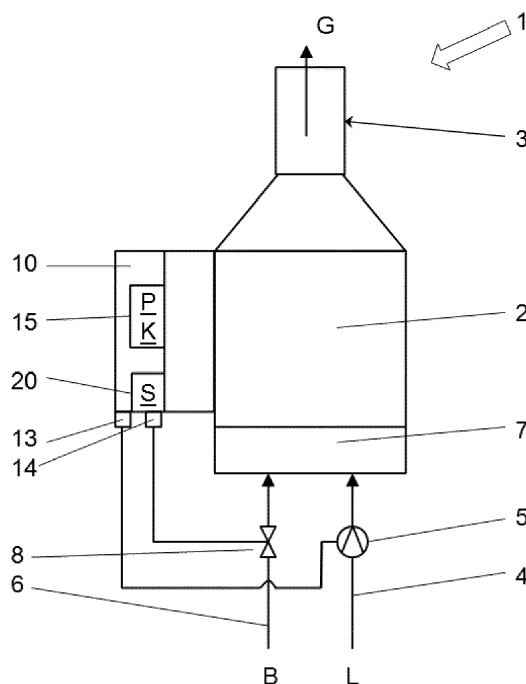
(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

(54) **Regleinrichtung mit einem Schwingungssensor, Verfahren zu deren Betrieb und Heizeinrichtung mit einer solchen Regleinrichtung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Regleinrichtung (10) zur Regelung wenigstens eines Verbrennungsparameters einer Verbrennung in einer brennstoffgefeuerten Heizeinrichtung (1), wobei an oder in der Regleinrichtung (10) ein Schwingungssensor (20) angeordnet ist,

der zur Übermittlung eines Signals (S) kommunizierend mit der Regleinrichtung verbunden ist. Außerdem betrifft die Erfindung eine Heizeinrichtung (1) mit einer solchen Regleinrichtung (10) sowie ein Verfahren zum Betrieb der Regleinrichtung (10).

Fig. 1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Regeleinrichtung nach Anspruch 1, eine Heizeinrichtung mit einer solchen Regeleinrichtung nach Anspruch 12 und ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Regeleinrichtung nach Anspruch 13.

**[0002]** Heizeinrichtungen dienen vor allem der Erwärmung von Wasser oder Luft. Sie sind als Verbrennungssysteme zu verstehen, die typischerweise eine Brennkammer mit einem einmündenden Luftzuführkanal und einem ausmündenden Abgaskanal umfassen. Im Luftzuführkanal und/oder im Abgaskanal ist ein Strömungserzeuger (beispielsweise ein Gebläse) angeordnet, um der Brennkammer Verbrennungsluft zuzuführen. Außerdem wird in die Brennkammer ein Brennstoff eingebracht. Bei fluiden Brennstoffen wie Gas oder Öl dient eine Dosiervorrichtung, z.B. ein Brennstoffventil, der Freigabe des Brennstoffs. Eine exotherme Redoxreaktion (Verbrennung) in der Brennkammer führt zur Entstehung von Wärme, die anschließend mittels eines Wärmeübertragers auf einen Wärmeträger wie Wasser oder Luft übertragbar ist.

**[0003]** Zur Überwachung der Verbrennung und zur Leistungsmodulation ist meist eine Regeleinrichtung vorgesehen, die durch Verändern wenigstens eines Verbrennungsparameters die Heizleistung der Heizeinrichtung an eine angeforderte Wärmemenge anpasst. Meist wird hierbei auf eine konstante Luftzahl ( $\lambda$ ) geregelt, welche das Verhältnis zwischen der tatsächlich für eine Verbrennung zur Verfügung stehenden Luftmasse und der für eine vollständige, stöchiometrische Verbrennung mindestens notwendigen Luftmasse angibt. Typische Werte sind hier Luftzahlen zwischen 1,2 und 2,0. Verbrennungsparameter sind solche Parameter, die die Verbrennung beschreiben und/oder beeinflussen und können unter anderem sein Luftzahl, Luftmenge, Lufttemperatur, Luftzusammensetzung, Luftdruck, Luftfeuchte, ebenso Brennstoffmenge, -temperatur, -zusammensetzung, -druck, -feuchte, Flammenform, Flammengröße und -temperatur, aber auch Einflüsse seitens der Brennkammer sowie der zuführenden und abführenden Leitungen wie Temperaturen von Brennkammer, Wandung, Wärmetauscher und Abgas, ferner Strömungswiderstände, Leitungsquerschnitte und Längen und vieles mehr. Nicht alle Verbrennungsparameter sind durch die Regeleinrichtung veränderbar.

**[0004]** Bei der Installation einer Heizeinrichtung an einem Bestimmungsort liegen sehr unterschiedliche Bedingungen vor. Insbesondere unterscheiden sich beispielsweise in Gebäuden regelmäßig die Verläufe und Gestaltung des Luftzuführ- und des Abgaskanals. Weiterhin variieren die Dichte und Zusammensetzung der Luft, beispielsweise in Abhängigkeit der geographischen Höhe über dem Meeresspiegel oder einer Abgasrückführung, die Temperatur der Luft und die Eigenschaften des Brennstoffs. All dies führt zu unterschiedlichen Abläufen der Redoxreaktion/Verbrennung in der Brenn-

kammer.

**[0005]** Problematisch ist insbesondere eine Resonanzschwingung der an der Verbrennung beteiligten Fluidströme (Luft, Brennstoff, Reaktions- bzw. Verbrennungsgas, Abgas) und/oder der von den Fluidströmen berührten Komponenten (zuführende und abführende Leitungen, Brennkammer, Brennkammerwandung, Wärmetauscher), die bei dem Betrieb der Heizeinrichtung bei bestimmten Konstellationen der Verbrennungsparameter entsteht, störende Betriebsgeräusche erzeugt und die Komponenten bzw. deren Verbindungen untereinander mechanisch belastet und sogar zerstören kann. Die Resonanzschwingungen sind dabei unter anderem abhängig von der vorgenannten Installation und den weiteren Einflussgrößen und damit kaum vorherbestimmbar. Sie verursachen in der Praxis neben erheblichen Betriebsgeräuschen (sogenannte thermoakustische Resonanzen) auch erhöhte Emissionen durch Flammenabheben, Flammenflackern und Flammenrückschlag. Zusätzlich entsteht durch die Resonanzschwingung auch mechanischer Verschleiß an der Heizeinrichtung, die hierdurch eine geringe Lebensdauer hat.

**[0006]** Im Stand der Technik bestehen daher Anleitungen zur Installation der Heizeinrichtung, um Resonanzschwingungen zu vermeiden. Dies schränkt die Auswahl an möglichen Leitungsverläufen und Leitungstypen jedoch erheblich ein. Außerdem ist die Installation kompliziert und aufwändig. Daher gelingt selbst versierten Fachleuten nicht immer eine Vermeidung von Resonanzschwingungen in allen Leistungsbereichen der Heizeinrichtung. Gleichzeitig wird erheblicher Entwicklungsaufwand betrieben, um überhaupt resonanzarme Heizeinrichtungen bereitzustellen und diese Anleitungen erstellen zu können und Resonanzschwingungen zu reduzieren.

**[0007]** Von DE 10 2007 059 701 A1 wird daher vorgesehen, dass mittels eines Detektors, bzw. eines Akustiksensors, Schallemissionen der Verbrennung überwacht, eine für eine thermoakustische Schwingung charakteristische Messgröße erfasst und ein entsprechendes Messsignal der Regel-/Auswerteeinheit zugeführt wird. In Abhängigkeit von dem Thermoakustik-Messsignal wird die Luftzahl anschließend so verändert, dass die thermoakustischen Schwingungen wenigstens vernachlässigbar gering sind.

**[0008]** Nachteilhaft an der Ausgestaltung nach DE 10 2007 059 701 A1 ist jedoch, dass der Detektor unmittelbar in der Heißzone des Brenners angeordnet wird. Er muss daher temperaturfest sein, was erhöhte Kosten verursacht. Trotzdem ist seine Lebensdauer gering. Eine vorgeschlagene Verlagerung des Detektors in einen kühleren Abschnitt des Abgaskanals geht einher mit gedämpften Schwingungen, die nur mit besonders sensiblen Detektoren erfassbar sind. Weiterhin fallen Kosten für die zu verlegenden Kabelverbindungen zwischen der Regeleinrichtung und dem Detektor an.

**[0009]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, diese und weitere Nachteile des Standes der Technik

zu beseitigen und eine Regeleinrichtung, ein Regelverfahren sowie eine Heizeinrichtung bereitzustellen, mit der Resonanzschwingungen beim Betrieb der Heizeinrichtung vermieden werden, sodass weniger Verbrennungsemissionen und Lärmemissionen entstehen und die Lebensdauer der Heizeinrichtung hoch ist. Zu beachten ist außerdem eine flexible Leistungsmodulation der Heizeinrichtung sowie eine kostengünstige, konstruktiv einfache und zuverlässige Umsetzung.

**[0010]** Erfindungsgemäß wird dies mit den Merkmalen der Patentansprüche 1, 12 und 13 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

**[0011]** Die Erfindung betrifft eine Regeleinrichtung zur Regelung wenigstens eines Verbrennungsparameters einer Verbrennung in einer brennstoffgefeuerten Heizeinrichtung, wobei an oder in der Regeleinrichtung ein Schwingungssensor angeordnet ist, der zur Übermittlung eines Signals kommunizierend mit der Regeleinrichtung verbunden ist.

**[0012]** Damit kann eine mit einer solchen Regeleinrichtung ausgestattete Heizeinrichtung stets ohne Resonanzschwingungen betrieben werden, indem die Schwingungen der Regeleinrichtung erfasst und bei Bedarf durch Anpassung eines Verbrennungsparameters Einfluss auf die Schwingungen genommen wird. Bevorzugt regelt das Regelprogramm eine Luftzahl möglichst dicht an eine vorgegebene Luftzahl heran, ohne jedoch Verbrennungsparameterkombinationen zuzulassen, welche Resonanzschwingungen verursachen. Die verschiedenen Einbausituationen der Heizeinrichtung und die weiteren Einflussparameter müssen bei der Installation der Heizeinrichtung nur in geringerem Umfang berücksichtigt werden, wodurch deren Installation sehr einfach und sicher durchführbar ist. Mithin werden Verbrennungs- und Lärmemissionen vermieden und die Lebensdauer der Heizeinrichtung ist hoch. Dennoch kann eine sehr flexible Leistungsmodulation der Heizeinrichtung durchgeführt werden. Hierfür sollte der Schwingungssensor kinematisch fest zumindest mit Teilen der Regeleinrichtung und somit auch mit der Brennkammer und/oder dem Luftzuführkanal und/oder dem Abgaskanal verbunden sein.

**[0013]** Indem der Schwingungssensor an oder in der Regeleinrichtung angeordnet ist, ist die Heizeinrichtung wenig komplex und besonders kostengünstig. Geeignet ist eine solche Heizeinrichtung vor allem zur Erwärmung von Wasser, wie es in Gebäuden erforderlich ist. Ein weiterer Vorteil ist eine einfache Nachrüstbarkeit bestehender Heizeinrichtungen mit einer erfindungsgemäßen Regeleinrichtung.

**[0014]** Von einer näheren Ausgestaltung der Regeleinrichtung ist vorgesehen, dass in ihr eine Korrelation zwischen wenigstens einem Verbrennungsparameter und einer Schwingung hinterlegt ist. Durch eine solche Korrelation ist bekannt, ob der vorliegende Verbrennungsparameter zumindest geeignet ist, in der vorliegenden Betriebssituation eine Resonanz zu verursachen

oder zu begünstigen. Eine entsprechende Anpassung des Verbrennungsparameters verhindert das Auftreten von Resonanzschwingungen. Die Korrelation ist vorab bei der technischen Entwicklung bzw. im Herstellwerk ermittelbar. Zusätzlich oder alternativ kann eine Erstellung der Korrelation durch eine z.B. selbstlernende Einrichtungsroutine in der vorgesehenen Einbausituation erfolgen. Hierdurch werden die Einbausituation und die anderen Einflussgrößen bestmöglich berücksichtigt.

**[0015]** Besonders vorteilhafterweise ist das Verfahren dadurch ergänzt, dass die Korrelation mit Hilfe von Vergangenheitsdaten der gemessenen Schwingungen und des Verbrennungsparameters optimiert wird. Eine solche laufende Überwachung berücksichtigt auch auftretende Veränderungen wie die Zusammensetzung des Brennstoffs, die Zusammensetzung der Verbrennungsluft, ein Verstopfen eines Luftfilters, einen Leistungsverlust des Strömungserzeugers oder eine Verschmutzung der Brennstoffdüse, der Brennkammer und des Abgaskanals. Die Resonanzfreiheit wird so dauerhaft sichergestellt.

**[0016]** Die Korrelation ist bevorzugt in Form eines Algorithmus in der Regeleinrichtung hinterlegt. Alternativ bieten sich graphische oder tabellarische Korrelationen an.

**[0017]** Als Verbrennungsparameter umfasst die Korrelation bevorzugt die Menge an zugeführter Luft. Durch Anpassen der zugeführten Luftmenge pro Zeit lässt sich die Redoxreaktion in der Brennkammer verändern und die Heizeinrichtung resonanzfrei betreiben. Die Anpassung der Luftmenge kann näherungsweise durch Anpassung der Leistung des Strömungserzeugers erfolgen. In einer Variante der Erfindung weist die Regeleinrichtung daher eine Regelschnittstelle zur Regelung eines Strömungserzeugers auf. Über diese Regelschnittstelle wird die Regeleinheit in der Einbausituation regelnd mit einem Strömungserzeuger verbunden.

**[0018]** Gemäß einer weiteren Variante weist die Regeleinrichtung eine Regelschnittstelle zur Regelung einer Dosiervorrichtung für Brennstoff auf. In der Einbausituation ist die Regeleinrichtung dann über diese Schnittstelle regelnd mit einer in die Brennkammer mündenden Dosiervorrichtung für Brennstoff verbunden. Mithin kann zur Resonanzvermeidung die zugeführte Brennstoffmenge angepasst werden. Als Dosiervorrichtung ist bevorzugt ein Brennstoffventil für fluiden Brennstoff vorgesehen. Gerade mit fluiden Brennstoffen, insbesondere mit gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen betriebene Heizeinrichtungen neigen im Stand der Technik verstärkt zu Resonanzschwingungen, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren vermieden werden können. Seltener treten Resonanzschwingungen auch bei einer Feststoffverbrennung auf, beispielsweise bei der Verbrennung von Biomasse wie Holzpellets und Holz. Grundsätzlich ist die Heizeinrichtung daher auch für die Verfeuerung solcher Brennstoffe einsetzbar.

**[0019]** Weiterhin bietet sich eine Entwicklungsstufe der Regeleinrichtung besonders an, bei welcher der

Schwingungssensor auf einer Leiterplatte der Regeleinrichtung angeordnet ist. In diesem Fall kann auf drahtförmige Leiter zwischen dem Schwingungssensor und der Regeleinrichtung verzichtet werden, wodurch die Regeleinrichtung sehr kompakt und die Lebensdauer besonders hoch ist. Bevorzugt ist ein Prozessor der Regeleinrichtung auf derselben Leiterplatte angeordnet. Dies ist eine kompakte, kostengünstige und platzsparende Lösung. Als Prozessor der Regeleinrichtung bietet sich ein Microcontroller an. Microcontroller sind hinreichend leistungsstark, kompakt und preiswert.

**[0020]** Um verschiedene Resonanzen sicher erfassen zu können und eine hohe Einbauflexibilität des Schwingungssensors zu erreichen, ist eine Weiterentwicklung günstig, bei welcher der Schwingungssensor ein Drei-Achsen-Schwingungssensor ist.

**[0021]** Besonders gute Messergebnisse werden erzielt, wenn wenigstens ein Teil des Schwingungssensors an oder auf einem Schwingungsbalken angeordnet ist. Ein solcher Schwingungsbalken hat eine hohe Schwingungsamplitude, sodass genauere Messergebnisse auch bei kleinen Schwingungsamplituden der Luftzuführung, dem Abgaskanal oder der Brennkammer erreicht werden. Der Schwingungsbalken sollte in der Einbausituation kinematisch mit der Regeleinrichtung und/oder der Platine und/oder der Brennkammer und/oder dem Luftzuführkanal und/oder dem Abgaskanal verbunden sein. Die Verbindung kann direkt oder auch indirekt über andere Bauteile der Regeleinrichtung ausgebildet sein. Sie sollte jedoch möglichst ungedämpft sein.

**[0022]** Gemäß einer näheren Ausgestaltung der Regeleinrichtung ist der Schwingungsbalken kinematisch mit der Brennkammer und/oder dem Luftzuführkanal und/oder dem Abgaskanal verbunden. Damit kann eine Schwingung des kinematisch verbundenen Bauteils schon bei sehr geringen Amplituden ermittelt werden.

**[0023]** Besonders bevorzugt ist der Schwingungsbalken Teil einer Leiterplatte, insbesondere der Leiterplatte auf welcher der Prozessor angeordnet ist. Damit können der Schwingungssensor und die Leiterplatte besonders günstig hergestellt werden. Der Schwingungsbalken ist dann bevorzugt ein auskragender Arm an oder in der Leiterplatte. Durch Auslegung der Armgeometrie (Länge, Breite, Dicke, Material) sind deren Schwingungseigenschaften definierbar. Gleichzeitig können auf diese Weise der Prozessor und der Schwingungssensor inklusive eines Schwingungsbalkens auf einer einzigen Leiterplatte angeordnet sein. Selbstverständlich können in einer Regeleinrichtung und/oder auf einer Leiterplatte auch zwei oder mehrere Schwingungsbalken mit je einem Schwingungssensor angeordnet sein, wodurch die messtechnische Auflösung der zu detektierenden Schwingung präziser ist.

**[0024]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist der Schwingungssensor ein Beschleunigungssensor (Accelerometer) oder eine Piezoelektronik oder ein Akustiksensoren. Mit diesen Schwingungssensoren lassen sich die auftretenden Schwingungen erfassen. Be-

schleunigungssensor und Piezoelektronik zeichnen sich insbesondere durch ihre Messgenauigkeit und die Möglichkeit der Kombination mit einem Schwingungsbalken aus. Ein Akustiksensoren ist jedoch auch ausreichend, um eine sich nähernde Resonanz zu erkennen und hat den Vorteil geringerer Kosten.

**[0025]** Bei einer anderen Version der erfindungsgemäßen Regeleinrichtung ist der Schwingungssensor ein optischer Schwingungssensor. Ein solcher ist kostengünstig, liefert gute Messergebnisse und kann sehr gut mit einem Schwingungsbalken kombiniert werden.

**[0026]** Eine Fortentwicklung des optischen Schwingungssensors sieht vor, dass dieser einen Strahlungsemittenten und einen Strahlungsdetektor aufweist, die jeweils auf einem Trägerelement angeordnet sind. Damit sind der Strahlungsemittent und der Strahlungsdetektor getrennt gelagert und können sich angeregt durch Schwingungen asynchron bewegen. Der Strahlungsemittent sendet hierbei eine Strahlung aus. Die ausgesendete Strahlung wird bei einem Unterschreiten eines Grenzwertes der vorliegenden Schwingungen vom Strahlungsdetektor empfangen, insbesondere vollständig. Der Strahlungsdetektor sendet dann ein kontinuierliches Signal an den Prozessor, der ein Unterschreiten des Grenzwertes detektiert. Überschreitet die vorliegende Schwingung hingegen den Grenzwert, empfängt der Strahlungsdetektor die ausgesendete Strahlung nur bruchteilhaft. Er sendet dann ein diskontinuierliches Signal an den Prozessor, welcher dann ein Überschreiten des Grenzwertes detektiert. Ein auf dem Prozessor hinterlegtes Regelprogramm löst dann eine dem Signal entsprechende Veränderung wenigstens eines Verbrennungsparameters aus.

**[0027]** Zur Erzielung einer asynchronen Schwingung des Strahlungsemittenten und des Strahlungsdetektors, hat das Trägerelement des Strahlungsemittenten gemäß einer besonderen Weiterentwicklung eine andere Eigenfrequenz als das Trägerelement des Strahlungsdetektors.

**[0028]** Die Erfindung betrifft weiterhin eine brennstoffgefeuere Heizeinrichtung mit einer Brennkammer sowie einem Abgaskanal und einem Luftzuführkanal, die jeweils mit der Brennkammer strömungsverbunden sind, wobei im Abgaskanal und/oder im Luftzuführkanal ein Strömungserzeuger angeordnet ist, und eine Dosiervorrichtung für Brennstoff in die Brennkammer oder, zum Beispiel zusammen mit dem Luftzuführkanal, in eine Vormischkammer mündet, und mit einer zuvor beschriebenen Regeleinrichtung zur Regelung wenigstens eines Verbrennungsparameters einer Verbrennung in der Heizeinrichtung, wobei an oder in der Regeleinrichtung ein Schwingungssensor angeordnet ist, der zur Übermittlung eines Signals kommunizierend mit der Regeleinrichtung verbunden ist, und wobei die Regeleinrichtung mechanisch mit der Brennkammer und/oder dem Abgaskanal und/oder dem Luftzuführkanal und/oder einer die vorgenannten Komponenten aufnehmenden Stützstruktur der Heizeinrichtung verbunden ist.

**[0029]** Mit einer solchen Regeleinrichtung ausgestattet, kann die brennstoffgefeuerte Heizeinrichtung dauerhaft zuverlässig ohne Resonanzen betrieben werden. Auch die weiteren zuvor beschriebenen Vorteile der Regeleinrichtung sind erzielbar.

**[0030]** Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer zuvor beschriebenen Regeleinrichtung, bei dem ein Verbrennungsparameter bestimmt, eine mit dem Schwingungssensor bestimmte Schwingung überwacht und der Verbrennungsparameter angepasst wird, wenn die bestimmte Schwingung einen Grenzwert überschreitet. Zur Durchführung des Verfahrens, zum Beispiel zum Bestimmen und Anpassen des Verbrennungsparameters, kann ein Regelprogramm verwendet werden, das in der Regeleinrichtung abläuft. Dabei kann das Regelprogramm in einem Prozessor oder Mikrocontroller hinterlegt sein.

**[0031]** Damit ist die Regeleinrichtung verfahrensgemäß geeignet Resonanzen im Betrieb einer Heizeinrichtung zu vermeiden und die weiteren zuvor beschriebenen Vorteile der Regeleinrichtung zu realisieren. Dabei detektiert der in der Regeleinrichtung angeordnete Schwingungssensor eventuelle thermoakustische Resonanzschwingungen des Verbrennungssystems, kommuniziert dies an die Regeleinrichtung, die daraufhin einen oder mehrere Verbrennungsparameter so verstellt, dass die Bedingungen zur Entstehung von Resonanzschwingungen abgeschwächt oder abgestellt werden, wodurch die Resonanzschwingungen abklingen und aufhören.

**[0032]** In der Einbausituation in einer Heizeinrichtung werden dann verfahrensgemäß mit dem Verbrennungsparameter entweder eine über den Zuführkanal zugeführte Verbrennungsluft und/oder ein über die Dosier Vorrichtung zugeführter Brennstoff dosiert. Vorzugsweise erfolgt die Dosierung möglichst auf eine vorgegebene Luftzahl, von der jedoch zur Vermeidung von Resonanzschwingungen abgewichen wird, insbesondere mit möglichst geringer Abweichung von der vorgegebenen Luftzahl.

**[0033]** Die Zeichnungen stellen Ausführungsbeispiele der Erfindung dar und zeigen in

Fig. 1 eine Heizeinrichtung, und in

Fig. 2 eine Regeleinrichtung mit einem Schwingungssensor.

**[0034]** In Fig. 1 erkennt man eine Heizeinrichtung 1 mit einer Brennkammer 2. In die Brennkammer 2 oder eine der Brennkammer vorgeordnete Vormischkammer 7 mündet ein Luftzuführkanal 4 zur Einleitung von Luft L ein, ein Abgaskanal 3 zur Abführung von Verbrennungsgas G führt aus der Brennkammer heraus. Im Luftzuführkanal 4 ist ein Strömungserzeuger 5 angeordnet. Außerdem ist ein in die Brennkammer 2 bzw. die Vormischkammer 7 mündender Brennstoffzuführkanal 6 für Brennstoff B vorgesehen, der eine Dosiereinheit 8 und eine Brennstoffdüse umfasst. In der Brennkammer 2 ist nunmehr eine exotherme Redoxreaktion/Verbrennung

des Brennstoffs B durchführbar. In der Vormischkammer 7 werden Luft und Brennstoff räumlich von der Verbrennung getrennt vorgemischt.

**[0035]** Weiterhin ist eine Regeleinrichtung 10 zur Regelung wenigstens eines Verbrennungsparameters der exothermen Redoxreaktion gezeigt. Bestandteil von der Baueinheit der Regeleinrichtung 10 ist ein Schwingungssensor 20, der gemeinsam mit der Regeleinrichtung 10 mechanisch mit der Brennkammer 2 gekoppelt ist. Diese Kopplung ist alternativ auch mit der Vormischkammer, dem Luft-, Brennstoff- oder Abgaskanal denkbar. Zudem ist der Schwingungssensor 20 (daten-) kommunizierend mit einem Prozessor 15 der Regeleinrichtung 10 verbunden.

**[0036]** In der Regeleinrichtung 10 sind ein Regelprogramm P und eine Korrelation K zwischen einem oder mehreren Verbrennungsparametern und einer Schwingung (thermoakustische Resonanzschwingung) hinterlegt. Die Verbrennungsparameter umfassen dabei die Menge an zugeführter Luft L, insbesondere gekennzeichnet durch die Leistung des Strömungserzeugers 5, sowie eine zugeführte Menge an Brennstoff B.

**[0037]** Zudem ist die Regeleinrichtung 10 über eine Regelschnittstelle 14 regelnd mit der Dosiereinheit 8 für den Brennstoff B und über eine weitere Regelschnittstelle 13 regelnd mit dem Strömungserzeuger 5 verbunden.

**[0038]** Mit einer solchen Heizvorrichtung ist es nunmehr möglich, durch Aktivieren des Strömungserzeugers 5 Luft L durch den Luftzuführkanal 4 in die Brennkammer 2 einzubringen und durch Regelung der Dosiereinheit 8 fluiden Brennstoff B durch die Brennstoffdüse in die Brennkammer 2 einzuleiten. Durch eine exotherme Redoxreaktion/Verbrennung des Brennstoffs B in der Brennkammer 2 wird heißes Verbrennungsgas G erzeugt, welches nach Abkühlung in einem hier nicht dargestellten Wärmetauscher schließlich durch den Abgaskanal 3 aus der Brennkammer 2 hinausströmt. Die exotherme Wärme kann dabei in dem Wärmetauscher auf ein anderes Wärmeträgermedium, z.B. Wasser, übertragen werden. Da bei verschiedenen Verbrennungsparameterkombinationen thermoakustische Resonanzschwingungen auftreten können, werden mit dem Schwingungssensor 20 Schwingungen der Heizeinrichtung 1, insbesondere der Brennkammer 2 gemessen, an welcher die Regeleinrichtung 10 fixiert ist. Anschließend können die gemessenen Schwingungen vom Prozessor 15 mit einem Grenzwert verglichen werden. Wenn die gemessene Schwingung einen vorgebbaren Grenzwert überschreitet, erfolgt eine Regelung der Schwingung auf einen Wert unterhalb des Grenzwertes durch Verändern von wenigstens einem der Verbrennungsparameter. Der veränderte Verbrennungsparameter kann die Menge der zugeführten Luft L, insbesondere die Leistung des Strömungserzeugers 5, und/oder die zugeführte Menge an Brennstoff B, insbesondere die Leistung der Dosiereinheit 8, sein.

**[0039]** Die Dosiereinheit kann als Ventil oder als Pumpe ausgestaltet sein. Das Verändern des wenigstens ei-

nen Verbrennungsparameters erfolgt insbesondere mit Hilfe der Korrelation K, die ein Verhaltensmodell der Schwingungen in Abhängigkeit der Verbrennungsparameter beschreibt. Die Korrelation K kann mit Hilfe von Vergangenhitsdaten der gemessenen Schwingungen und Vergangenhitsdaten des Verbrennungsparameters fortlaufend optimiert und an sich ändernde Rahmenbedingungen angepasst werden. Bevorzugt regelt die Regeleinrichtung die Luftzahl möglichst dicht an eine vorgegebene Luftzahl heran, ohne jedoch Verbrennungsparameterkombinationen zuzulassen, welche Resonanzschwingungen verursachen.

**[0040]** Fig. 2 zeigt eine Regeleinrichtung 10, wobei ein Schwingungssensor 20 Bestandteil der Baugruppe der Regeleinrichtung 10 ist. Die Regeleinrichtung 10 umfasst zunächst eine flächige Leiterplatte 11, auf welcher ein Prozessor 15, insbesondere ein Microcontroller 12 angeordnet ist. Im Microcontroller 12 ist eine Regelprogramm P, eine Korrelation K und auch ein Grenzwert der zulässigen Schwingung hinterlegt. Auf der Leiterplatte 11 der Regeleinrichtung 10 ist zusätzlich auch der Schwingungssensor 20 angeordnet.

**[0041]** Bei dem Schwingungssensor 20 handelt es sich um einen optischen Schwingungssensor 21. Dieser hat einen Strahlungsemitenten 22 (oder 23) und einen Strahlungsdetektor 23 (oder 22), die jeweils auf einem Trägerelement 24, 25, 30 angeordnet sind. Die Trägerelemente 24, 25, 30 werden jeweils durch Teilbereiche der Leiterplatte 11 ausgebildet. Ein Teil des optischen Schwingungssensors 21, insbesondere der Strahlungsdetektor 23 ist dabei auf einem Schwingungsbalken 30 angeordnet. Letzterer wird von einem auskragenden Arm 31 der Leiterplatte 11 ausgebildet. Der Strahlungsemitent 22 liegt auf einem weitaus weniger flexiblen Bereich 32 der Leiterplatte 11. Damit unterscheiden sich die Eigenfrequenzen des Trägerelements 24 des Strahlungsemitenten 22, d.h. des Bereichs 32, und des Trägerelements 25, 30 des Strahlungsdetektors 23, d.h. des auskragenden Arms 31.

**[0042]** Mit einer solchen Anordnung ist nunmehr ein Verfahren durchführbar, bei dem der Strahlungsemitent 22 eine Strahlung aussendet und der Strahlungsdetektor 23 die ausgesendete Strahlung bei einem Unterschreiten des Grenzwertes der vorliegenden Schwingung näherungsweise vollständig empfängt. Der Strahlungsdetektor 23 sendet dann ein kontinuierliches Signal S an den Prozessor 15 der Regeleinrichtung 10, der darauf basierend ein Unterschreiten des Grenzwertes detektiert. Wird der Grenzwert hingegen überschritten, empfängt der Strahlungsdetektor 23 die ausgesendete Strahlung nur bruchteilhaft. Dies passiert dann, wenn der Schwingungsbalken 31 mit dem Strahlungsdetektor (oder -emittenten) 23 durch thermoakustische Resonanzschwingungen des Verbrennungsgases / Abgases und/oder der Brennkammerwände zu einer Schwingung mit höherer Amplitude oder anderer Frequenz oder Phasenverschiebung angeregt wird als der Strahlungsemitent (oder -detektor) 22. Daraus resultiert ein diskontinuierliches Signal

S, welches der Strahlungsdetektor 23 an die Regeleinrichtung 10, bzw. deren Microcontroller 12, sendet. Die Regeleinrichtung 10 erkennt dann ein Überschreiten des Grenzwertes. Darauf aufbauend wird von der Regeleinrichtung 10 wenigstens eine Veränderung eines Verbrennungsparameters vorgenommen, um Resonanzschwingungen zu vermeiden.

**[0043]** Die Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungsformen beschränkt. Insbesondere kann als Position der Regeleinrichtung 10 und des Schwingungssensors 20 auch der Luftzuführkanal 4, der Abgaskanal 3 oder die Stützstruktur der Heizeinrichtung gewählt werden. Verwendet werden können außerdem auch andere Schwingungssensoren 20 als der in Fig. 2 gezeigte optische Schwingungssensor 21. Auch kann die Art der Dosiervorrichtung 6 des Brennstoffs B anders als in Fig. 1 ausgestaltet sein. Hierzu sei auf die allgemeine Beschreibung verwiesen.

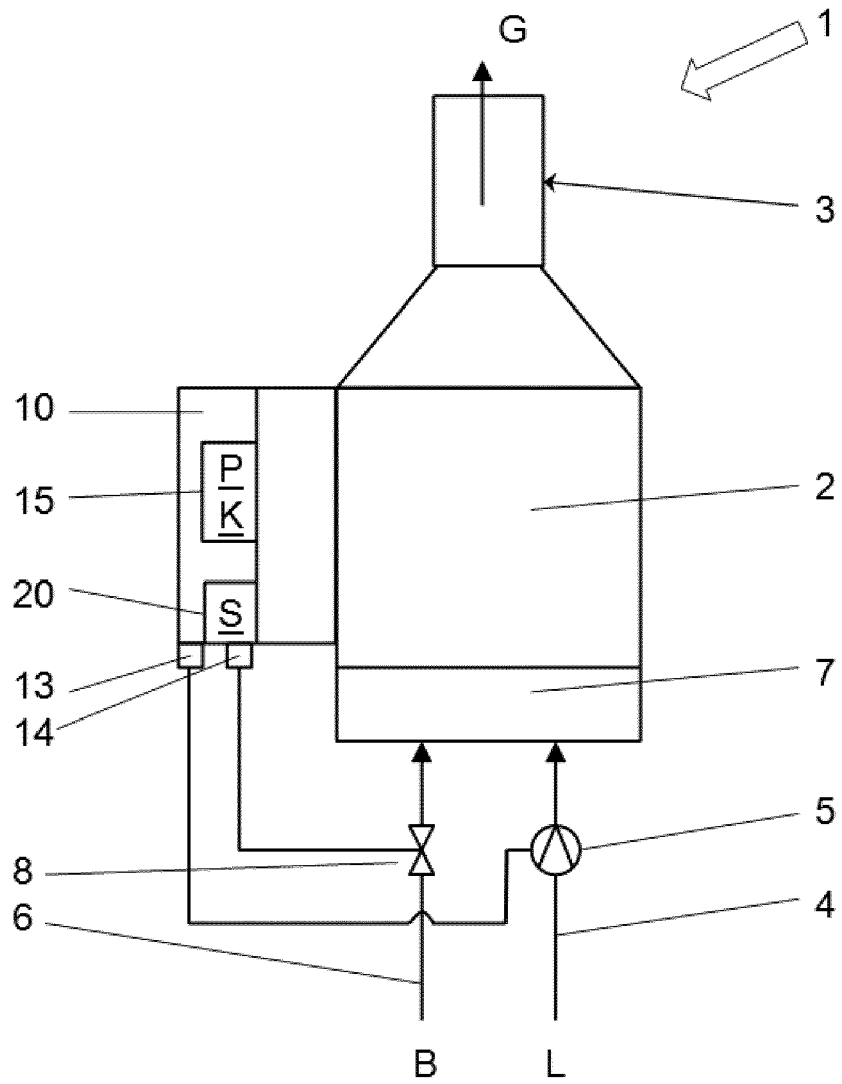
## Patentansprüche

1. Regeleinrichtung (10) zur Regelung wenigstens eines Verbrennungsparameters einer Verbrennung in einer brennstoffgefeuerten Heizeinrichtung (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** an oder in der Regeleinrichtung (10) ein Schwingungssensor (20) angeordnet ist, der zur Übermittlung eines Signals (S) kommunizierend mit der Regeleinrichtung verbunden ist.
2. Regeleinrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in ihr eine Korrelation (K) zwischen wenigstens einem Verbrennungsparameter und einer Schwingung hinterlegt ist.
3. Regeleinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese eine Regelschnittstelle (13) zur Regelung eines Strömungserzeugers (5) aufweist.
4. Regeleinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese eine Regelschnittstelle (14) zur Regelung einer Dosiervorrichtung (6) für Brennstoff (B) aufweist.
5. Regeleinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwingungssensor (20) auf einer Leiterplatte (11) angeordnet ist.
6. Regeleinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwingungssensor (20) ein Drei-Achsen-Schwingungssensor ist.
7. Regeleinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

wenigstens ein Teil des Schwingungssensors (20) an oder auf einem Schwingungsbalken (30) angeordnet ist.

8. Regeleinrichtung (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwingungsbalken (30) Teil einer Leiterplatte (11) ist. 5
9. Regeleinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwingungssensor (20) ein Beschleunigungssensor oder eine Piezoelektronik oder ein Akustiksensor ist. 10
10. Regeleinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwingungssensor (20) ein optischer Schwingungssensor (21) ist, wobei der optische Schwingungssensor (21) einen Strahlungsemittenten (22) und einen Strahlungsdetektor (23) aufweist, die jeweils auf einem Trägerelement (24, 25, 30) angeordnet sind. 15  
20
11. Regeleinrichtung (10) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägerelement (24) des Strahlungsemittenten (22) eine andere Eigenfrequenz aufweist als das Trägerelement (25, 30) des Strahlungsdetektors (23). 25
12. Brennstoffgefeuerte Heizeinrichtung (1) mit einer Brennkammer (2) sowie einem Abgaskanal (3) und einem Luftzuführkanal (4), die jeweils mit der Brennkammer (2) strömungsverbunden sind, wobei im Abgaskanal (3) und/oder im Luftzuführkanal (4) ein Strömungserzeuger (5) angeordnet ist, und eine Dosiervorrichtung (6) für Brennstoff (B) in die Brennkammer (2) mündet, und mit einer Regeleinrichtung (10) zur Regelung wenigstens eines Verbrennungsparameters einer Verbrennung in der Heizeinrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Regeleinrichtung (10) mechanisch mit der Brennkammer (2) und/oder dem Abgaskanal (3) und/oder dem Luftzuführkanal (4) und/oder einer der genannten Komponenten der Heizeinrichtung aufnehmenden Stützstruktur verbunden ist. 30  
35  
40  
45
13. Verfahren zum Betrieb einer Regeleinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, umfassend die folgenden Schritte: 50
- Bestimmen eines Verbrennungsparameters,
  - Überwachen einer mit dem Schwingungssensor (20) bestimmten Schwingung,
  - Anpassen des Verbrennungsparameters, wenn die bestimmte Schwingung einen Grenzwert überschreitet. 55

Fig. 1





**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 102007059701 A1 [0007] [0008]