

(19)



(11)

**EP 3 695 167 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**01.09.2021 Patentblatt 2021/35**

(51) Int Cl.:  
**F23N 1/02** <sup>(2006.01)</sup> **F23N 5/18** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **18796827.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE2018/000286**

(22) Anmeldetag: **05.10.2018**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2019/072329 (18.04.2019 Gazette 2019/16)**

(54) **KRAFTWERKSFEUERUNGSANLAGE**

**POWER STATION FURNACE SYSTEM**

**INSTALLATION DE COMBUSTION D'UNE CENTRALE**

(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**

(30) Priorität: **11.10.2017 DE 102017009393**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.08.2020 Patentblatt 2020/34**

(73) Patentinhaber: **Promecon Process Measurement Control GmbH**  
**39179 Barleben (DE)**

(72) Erfinder:  
• **CONRADS, Hans Georg**  
**30625 Hannover (DE)**  
• **HALM, Alexander**  
**39291 Hohenwarthe (DE)**

(74) Vertreter: **Fischer, Volker**  
**Sperling, Fischer & Heyner**  
**Patentanwälte**  
**Bruno-Wille-Straße 9**  
**39108 Magdeburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 2 657 599 DE-A1-102012 014 260**  
**US-A1- 2011 197 831**

**EP 3 695 167 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Kraftwerksfeuerungsanlage mit einer Vielzahl von parallel wirkenden, in einer Wand eines Feuerungsraumes angeordneten und über eine gemeinsame Windbox mit Verbrennungsluft versorgten Brennern, wobei jedem einzelnen Brenner die Verbrennungsluft über einen oder mehrere den Brenner konzentrisch umgebende/n Ringspalt/e zugeführt wird.

**[0002]** In einer Kraftwerksfeuerungsanlage sind meist eine Vielzahl von Brennern parallel wirkend in einer Wand eines Feuerungsraumes angeordnet und werden über eine gemeinsame Windbox mit Verbrennungsluft versorgt. Bevorzugt wird die Verbrennungsluft dem einzelnen Brenner über einen oder mehrere den Brenner konzentrisch umgebende/n Ringspalt/e zugeführt. Dabei umfasst die Zuführung der Verbrennungsluft zum Ringspalt Mittel, um die durch den Ringspalt und nachfolgend in den Feuerungsraum einströmende Verbrennungsluftmenge zu beeinflussen. Des Weiteren sind in dem oder den Ringspalt/en gegebenenfalls in ihrer Stellung veränderbare Luftleiteinrichtungen, beispielsweise Leitschaukeln, angeordnet, um die Verbrennungsluft spiralförmig als Drallströmung um eine sich vor dem Brenner ausbildende Flamme kreisend in den Feuerungsraum einzuleiten, wobei die Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes durch eine Veränderung der Stellung der Leitschaukeln veränderbar sein kann. Im Falle der Anordnung mehrerer konzentrischer Ringspalte können sowohl die Mittel zur Beeinflussung der durch den Ringspalt und nachfolgend in den Feuerungsraum einströmenden Verbrennungsluftmenge als auch die Luftleiteinrichtungen, beispielsweise Leitschaukeln, in jedem Ringspalt anders ausgebildet und separat steuerbar sein. Durch die Anordnung mehrerer konzentrischer Ringspalte um einen Brenner kann die Verbrennungsluft für die Haupt- und die Nachverbrennung getrennt, d.h. in unterschiedliche Verbrennungszonen der Flamme in Strömungsrichtung und Verbrennungsluftmenge unterschiedlich, in den Feuerungsraum vor einem einzelnen Brenner eingeleitet werden. Die Leitschaukeln zur Erzeugung einer Drallströmung des Verbrennungsluftstromes und die Mittel zur Beeinflussung der Verbrennungsluftmenge können als Stellglieder in eine Steuereinrichtung zur Steuerung des Verbrennungsprozesses eingebunden sein, so dass der Verbrennungsprozess für jeden einzelnen Brenner einer Kraftwerksfeuerungsanlage getrennt gesteuert werden kann. Für eine optimierte Steuerung des Verbrennungsprozesses in einer Kraftwerksfeuerungsanlage ist es erforderlich, jedem einzelnen Brenner eine für eine optimale Verbrennung der dem Brenner zugeführten Brennstoffmenge adäquate Verbrennungsluftmenge für die Haupt- und die Nachverbrennung zuzuführen, also das Brennstoff-Luft-Verhältnis bei der Verbrennung zu steuern, was bedeutet, dass bei einer bekannten dem Brenner zugeführten Brennstoffmenge die durch jeden den Brenner umgebenden Ringspalt strömende Verbrennungsluftmenge bestimmt und ggf. nachfolgend verändert werden muss.

**[0003]** Zur Beeinflussung der einem Brenner oder einer Gruppe von Brennern zugeführten Verbrennungsluftmenge ist es bekannt, in der Windbox Luftleitbleche zur Beeinflussung des Verbrennungsluftstromes innerhalb der Windbox anzuordnen, um so die Aufteilung der der Windbox insgesamt zugeführten Verbrennungsluftmenge auf einzelne Brenner oder Gruppen von Brennern zu beeinflussen. Die der Windbox insgesamt zugeführte Verbrennungsluftmenge kann vergleichsweise einfach bestimmt werden. Diese Lösung ermöglicht jedoch keine optimierte Steuerung des Verbrennungsprozesses in einer Kraftwerksfeuerungsanlage.

**[0004]** Für eine Bestimmung der einem Brenner zugeführten Verbrennungsluftmenge ist es bekannt, die Geschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes zu messen und über die geometrischen Abmessungen der Querschnittsfläche des die Verbrennungsluft führenden Kanals die Verbrennungsluftmenge zu errechnen. Zur Messung der Geschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes sind aus dem Stand der Technik in den Verbrennungsluftstrom einbringbare Staudrucksonden, auch Pitotrohr oder Prandtl'sches Staurohr genannt, bekannt. Derartige Staudrucksonden sind jedoch nicht für eine Messung der Geschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes im Ringspalt von Verbrennungsluftzuführungen zu einem Brenner in einer Kraftwerksfeuerungsanlage anwendbar, weil die Strömung der Verbrennungsluft im Ringspalt hochgradig turbulent ist und ggf. einen Drall mit stark gekrümmten Strömungslinien ausweist, so dass mittels einer Staudrucksonde nur eine gerichtete Geschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes bestimmt werden kann, wenn der Verbrennungsluftstrom senkrecht auf die Sonde trifft. Bei turbulenter Strömung und nicht senkrechtem Auftreffen des Verbrennungsluftstromes auf die Staudrucksonde, insbesondere bei veränderlicher Richtung des Verbrennungsluftstromes, kann aus dem mittels der Staudrucksonde ermittelten Differenzdruck keine gerichtete Geschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes bestimmt werden. Eine Bestimmung der durch einen Ringspalt strömenden Verbrennungsluftmenge ist somit mittels im Ringspalt angeordneter Staudrucksonden nicht möglich. Hinzu kommt, dass die Verbrennungsluft in einer Kohlekraftwerksfeuerungsanlage in erheblichem Maße mit Aschepartikeln beladen ist, was zu einer schnellen Verschmutzung der Staudrucksonden führt. Die Lösung ist somit für eine optimierte Steuerung des Verbrennungsprozesses in einer Kraftwerksfeuerungsanlage nicht anwendbar.

**[0005]** Im Firmenprospekt Measuring individual burner airflow, Application Bulletin ICA-06 der Firma Air Monitor Corporation, Santa Rosa, CA 95406 ist die Anordnung von Staudrucksonden in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes vor den die Verbrennungsluft zu einem Brenner leitenden Ringspalten in einer Windbox beschrieben. Staudrucksonden sind jedoch, wie beschrieben, infolge Verschmutzung erheblich störanfällig. Auch bei einer Anordnung in einer Windbox vor dem Ringspalt sind daher regelmäßige, aufwendige Wartungszyklen und ein regelmäßiges Spülen

der Staudrucksonden mit gereinigter Frischluft für eine sichere Funktion notwendig. Die beschriebene Anordnung wird daher zumeist lediglich zum Einmessen der Brenneranordnung verwendet, ohne dass dabei ein realer Verbrennungsprozess stattfindet. Für eine optimierte Steuerung des Verbrennungsprozesses in einer Kraftwerksfeuerungsanlage ist sie ebenfalls nicht anwendbar.

**[0006]** Aus der DE 200 21 271 U1 ist eine Sensoreinrichtung zur Bestimmung der einem oder einer Gruppe von Brennern einer Brenneranordnung mit gemeinsamer Verbrennungsluftzuführung über eine Windbox zugeführten Verbrennungsluftmenge nach dem Kreuzkorrelationsmessverfahren bekannt, bei der innerhalb der Windbox, jeweils den Strömungsquerschnitt der Windbox durchspannend, Sensoranordnungen so angeordnet sind, dass der jeweils um die einem Brenner oder einer Gruppe von Brennern zugeführte Verbrennungsluftmenge reduzierte Verbrennungsluftstrom durch die Sensoranordnungen hindurchströmt. Dabei besteht eine Sensoranordnung aus zwei in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes hintereinander, beabstandet zueinander und sich kreuzend angeordneten, den Querschnitt der Windbox durchspannenden einzelnen Sensorstäben oder Sensorstabgruppen. Aus den auf den Sensorstäben infolge elektrischer Influenz, die von an den Sensorstäben vorbeifliegenden, im Verbrennungsluftstrom transportierten, elektrisch geladenen Partikeln bewirkt wird, generierten Signalen wird mittels Korrelationsverfahren die Geschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes bestimmt. Anhand der Geschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes und der zugehörigen Geometrie der Windbox kann die jeweils durch die Windbox strömende Verbrennungsluftmenge errechnet werden. Die einem einzelnen Brenner zugeführte Menge an Verbrennungsluft kann mit dieser Einrichtung jedoch nur bei speziellen Anordnungen von Brennern in Verbindung mit einer speziell ausgebildeten Windbox bestimmt werden. Für die Praxis sind derartige Anordnungen von Brennern und Ausbildungen einer Windbox kaum von Bedeutung. Außerdem hat diese Lösung den Nachteil, dass die aufeinander Bezug nehmenden Messungen bedingt durch Fehlerfortpflanzung einen erheblichen Messfehler aufweisen können. Auch diese Lösung ist für eine optimierte Steuerung des Verbrennungsprozesses in einer Kraftwerksfeuerungsanlage nicht geeignet.

**[0007]** Aus der DE 10 2012 014 260 A1 sind eine Einrichtung und ein Verfahren zur Steuerung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses bei der Verbrennung gemahlener Kohle in einer Kohlekraftwerksfeuerungsanlage bekannt, bei der die Verbrennungsluftmengenmessung und die Tragluftmengenmessung nach der Korrelationsmethode durch Auswertung von elektrischen Signalen, die mittels im Luftstrom angeordneter Sensoren gewonnen werden, erfolgt. Dazu sind im luftführenden Kanal, in Strömungsrichtung der Luft hintereinander zwei Sensorstäbe angeordnet, in denen durch elektrische Induktion, die durch sich an den Sensorstäben vorbeibewegende, im Luftstrom geführte elektrisch geladene Teilchen bewirkt wird, elektrische Signale generiert werden, die einer Korrelationsmesseinrichtung zugeleitet werden. Mittels Korrelationsmessmethode wird die Zeit bestimmt, die die elektrisch geladenen Teilchen zur Überwindung des Abstandes zwischen den beiden Sensorstäben benötigen. Aus der Zeit und dem Abstand der Sensorstäbe wird die Strömungsgeschwindigkeit des Luftstromes und anhand der Geometrie des luftführenden Kanales die Luftmenge errechnet. In Strömungsrichtung der Luft vor den Sensorstäben sind eine Elektrode und eine Gegenelektrode angeordnet, die mit einer Hochspannungsquelle mit einer Spannung zwischen 12 kV und 20 kV verbunden sind. Die mit der Hochspannungsquelle verbundene Elektrode ist derart im Luftstrom angeordnet, dass mindestens ein Teil des Luftstromes der Wirkung eines von der Elektrode zur Gegenelektrode fließenden Ionenstromes ausgesetzt ist und so elektrisch beeinflusst wird. Für eine optimierte Steuerung des Verbrennungsprozesses jedes einzelnen in einer Kraftwerksfeuerungsanlage angeordneten Brenners sind die in der DE 10 2012 014 260 A1 beschriebene Einrichtung und das beschriebene Verfahren nicht anwendbar.

Die US 2011/0197831 A1 offenbart eine Kraftwerksfeuerungsanlage mit mehreren in einer Wand eines Feuerungsraums angeordneten Brennern. Die zu den einzelnen Brennern zugeführten Brennstoffmengen und Verbrennungsluftmengen werden individuell gemessen und geregelt.

**[0008]** Gängige Praxis ist es, den Verbrennungsprozess in einer Kraftwerksfeuerungsanlage anhand statischer Kennlinien zu steuern, wobei nur die allen über eine Windbox mit Verbrennungsluft versorgten Brennern zugeführte Brennstoffmenge sowie die den Brennern über die Windbox zugeführte gesamte Verbrennungsluftmenge als Steuergrößen berücksichtigt werden. Eine optimierte Steuerung des Verbrennungsprozesses ist damit nicht möglich.

**[0009]** Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Einrichtung zur Steuerung des Verbrennungsprozesses in einer Kraftwerksfeuerungsanlage, die eine optimierte Steuerung des Verbrennungsprozesses ermöglicht, d.h., die eine optimierte Steuerung des Verbrennungsprozesses jedes einzelnen in einer Kraftwerksfeuerungsanlage angeordneten Brenners ermöglicht.

**[0010]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Kraftwerksfeuerungsanlage mit den Merkmalen des ersten Patentanspruches gelöst. Die Ansprüche 2 bis 8 beschreiben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

**[0011]** Eine Kraftwerksfeuerungsanlage mit mehreren in einer Wand eines Feuerungsraumes angeordneten Brennern, bei denen die Zuführung der Verbrennungsluft über einen oder mehrere jeden Brenner konzentrisch umgebende/n Ringspalt/e erfolgt und jeder Brenner Mittel zur Beeinflussung der Menge der durch den oder die Ringspalt/e in den Feuerungsraum strömenden Verbrennungsluftmenge aufweist, umfasst eine Einrichtung zur Steuerung des Verbrennungsprozesses, die mindestens Mittel zur Erfassung der einem Brenner zugeführten Brennstoffmenge sowie Mittel zur Bestimmung der durch den oder die Ringspalt/e strömenden Verbrennungsluftmenge umfasst. Dabei ist die Einrichtung

zur Steuerung des Verbrennungsprozesses derart ausgebildet, dass für jedes Mittel zur Beeinflussung der Menge der durch den oder die einen Brenner umgebende/n Ringspalt/e in den Feuerungsraum strömenden Verbrennungsluftmenge Stellsignale generiert werden, um so die durch jeden Ringspalt strömende Verbrennungsluftmenge zu beeinflussen. Ein Mittel zur Bestimmung der durch einen Ringspalt strömenden Verbrennungsluftmenge umfasst mindestens zwei, ein korrespondierendes Paar bildende, Sensorstäbe aus elektrisch leitfähigem Material, die im Ringspalt quer zur Längsachse des Ringspaltes oder in einem Winkel  $\alpha$  zur Längsachse des Ringspaltes mit  $30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  und in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes hintereinander und parallel mit einem Abstand  $a$  beabstandet zueinander angeordnet sind, wobei die Anordnung der korrespondierenden Sensorstäbe so erfolgt, dass zumindest ein Teil der am in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes ersten Sensorstab des korrespondierenden Paares vorbeiströmenden Verbrennungsluft auch am in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes zweiten Sensorstab des korrespondierenden Paares vorbeiströmt. Dabei sind die Sensorstäbe in Längsrichtung entsprechend der Krümmung des Ringspaltes gekrümmt und gegenüber den den Ringspalt ausbildenden Wandungen elektrisch isoliert angeordnet. Sie sind also derart im Ringspalt angeordnet, dass ihre Längsrichtung nahezu quer oder in einem Winkel zwischen  $30^\circ$  und  $90^\circ$  zur Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes liegt, wobei sie bevorzugt mit einem zu den beiden den Ringspalt ausbildenden Wandungen über die Längel der Sensorstäbe gleichmäßigen Abstand im Ringspalt angeordnet sind. Die Sensorstäbe weisen eine Länge  $l$  von  $l > 20$  mm, bevorzugt  $l > 200$  mm, auf. Ein Mittel zur Bestimmung der durch einen Ringspalt strömenden Verbrennungsluftmenge umfasst außerdem eine Korrelationsmesseinrichtung, mit der die Sensorstäbe elektrisch verbunden sind, wobei mittels der Korrelationsmesseinrichtung durch Auswertung der durch elektrische Influenz auf den Sensorstäben, die von an den Sensorstäben vorbeifliegenden, im Verbrennungsluftstrom transportierten elektrisch geladenen Partikeln bewirkt wird, erzeugten elektrischen Signale die Geschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes quer zur Längsrichtung der Sensorstäbe bestimmt wird. Dabei wird für den Fall, dass die Sensorstäbe nicht quer zur Längsachse des Ringspaltes angeordnet sind, eine Komponente der Strömungsgeschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes in Richtung der Längsachse des Ringspaltes errechnet und ausgehend von der Komponente der Strömungsgeschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes in Richtung der Längsachse des Ringspaltes und anhand der geometrischen Abmessungen der Querschnittsfläche des Ringspaltes die durch den Ringspalt strömende Verbrennungsluftmenge ermittelt. Umgeben einen Brenner mehrere Ringspalte, sind, wie vorstehend beschrieben, in jedem Ringspalt Sensorstäbe angeordnet und elektrisch mit einer Korrelationsmesseinrichtung verbunden, so dass die durch jeden einen Brenner umgebenden Ringspalt strömende Verbrennungsluftmenge ermittelt werden kann. Somit ist für jeden in der Wand eines Feuerungsraumes einer Kraftwerksfeuerungsanlage angeordneten Brenner eine optimale Steuerung des Verbrennungsprozesses möglich, indem zu der dem Brenner zugeführten Brennstoffmenge eine für eine optimale Verbrennung adäquate Verbrennungsluftmenge zugeführt wird, indem die durch den oder die den Brenner umgebende/n Ringspalt/e strömende Verbrennungsluftmenge ermittelt und entsprechend der für die Verbrennung adäquaten Verbrennungsluftmenge mittels der Mittel zur Beeinflussung der Menge der durch den oder die Ringspalt/e in den Feuerungsraum strömenden Verbrennungsluftmenge beeinflusst wird.

**[0012]** Unter der Komponente der Strömungsgeschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes in Richtung der Längsachse des Ringspaltes wird diejenige Komponente der Strömungsgeschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes verstanden, mit der sich der Verbrennungsluftstrom in Richtung der Längsachse des Ringspaltes bewegt, die also die maßgebliche Geschwindigkeit für den Transport einer bestimmten Verbrennungsluftmenge in einer bestimmten Zeiteinheit durch den Ringspalt ist. Auf Grund der hochgradigen Turbulenz der Strömung des Verbrennungsluftstromes im Ringspalt, der in einer Kraftwerksfeuerungsanlage eine Breite zwischen 20 mm und 200 mm und einen Umfang zwischen 100 cm und 1500 cm besitzt, sowie ggf. erzeugter Drallströmungen des Verbrennungsluftstromes im Ringspalt treten in Richtung und Betrag unterschiedlichste Komponenten der Strömungsgeschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes im Ringspalt auf. Für die Bestimmung der einem Brenner zugeführten Verbrennungsluftmenge sind diese vorgenannten unterschiedlichsten Komponenten der Strömungsgeschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes nicht relevant. Hierfür maßgebend ist lediglich die Komponente der Strömungsgeschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes in Richtung der Längsachse des Ringspaltes, also wie beschrieben, jene Komponente der Strömungsgeschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes, mit der die Verbrennungsluft in Längsrichtung durch den Ringspalt transportiert wird.

**[0013]** Überraschenderweise wurde gefunden, dass auf den, wie vorstehend beschrieben, in einem Ringspalt angeordneten, ein korrespondierendes Paar bildenden, Sensorstäben durch Influenz, die von an den Sensorstäben vorbeifliegenden, im Verbrennungsluftstrom transportierten elektrisch geladenen Partikeln bewirkt wird, elektrische Signale generiert werden, die mittels Korrelationsmesseinrichtung auswertbar sind, und zwar derart, dass ein Zeitversatz der korrelierenden elektrischen Signale ermittelt wird, der dividiert durch den Abstand  $a$  der korrespondierenden Sensorstäbe ein Maß für die Komponente der Strömungsgeschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes im Ringspalt quer zur Längsrichtung der Sensorstäbe ist. Dies ist deshalb überraschend, weil bei realen Messanordnungen der Abstand  $a$  der korrespondierenden Sensorstäbe 2 - 5 mal größer als die Breite des Ringspaltes ist und weil sich die elektrisch geladenen Partikel zwar insgesamt in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes bewegen, diese Bewegung aufgrund der hochgradigen Turbulenz des Verbrennungsluftstromes aber überlagert ist von einer überwiegend in Betrag und Richtung chaotischen Bewegung der elektrisch geladenen Partikel, wobei häufige Kollisionen mit den auf Massepotenzial liegen-

den Wandungen des Ringspalt es auftreten, was eine elektrische Entladung dieser Partikel zur Folge hat.

**[0014]** Im Falle der Anordnung einer Luftleiteinrichtung zur Erzeugung einer Drallströmung des Verbrennungsluftstromes ist es vorteilhaft, die korrespondierenden Sensorstäbe in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes nach der Luftleiteinrichtung im Ringspalt anzuordnen.

**[0015]** Es ist im Falle der Anordnung einer Luftleiteinrichtung zur Erzeugung einer Drallströmung des Verbrennungsluftstromes weiterhin vorteilhaft, die ein korrespondierendes Paar bildenden Sensorstäbe parallel zueinander verschoben anzuordnen, und zwar derart, dass zumindest ein Teil der am in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes ersten Sensorstab des korrespondierenden Paares vorbeiströmenden Verbrennungsluft auch am in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes zweiten Sensorstab des korrespondierenden Paares vorbeiströmt. Dabei sollten die Sensorstäbe so ausreichend lang bemessen sein, d.h. ca.  $1/4$  des inneren Umfanges des Ringspalt es überstreichen, dass auch bei einer Veränderung des Drehwinkels der Drallströmung des Verbrennungsluftstromes die Bedingung erfüllt ist, dass zumindest ein Teil der am in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes ersten Sensorstab des korrespondierenden Paares vorbeiströmenden Verbrennungsluft auch am in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes zweiten Sensorstab des korrespondierenden Paares vorbeiströmt.

**[0016]** Bevorzugt sind die Sensorstäbe als Rundstab mit einem Durchmesser  $D$  mit  $1 \text{ mm} \leq D \leq 20 \text{ mm}$  oder als Vierkantstab mit einer Kantenlänge  $e$  in Richtung der Breite  $b$  des Ringspalt es mit  $1 \text{ mm} \leq e \leq 20 \text{ mm}$  ausgebildet. Dabei wird von in der Praxis realen Bedingungen ausgegangen, d.h. von einer Breite  $b$  des Ringspalt es zur Zuführung der Verbrennungsluft zu einem Brenner in einer Kraftwerksfeuerungsanlage zwischen  $20 \text{ mm} \leq b \leq 200 \text{ mm}$  und einem Umfang des Ringspalt es zwischen  $100 \text{ cm} \leq \text{Umfang des Ringspalt es} \leq 1500 \text{ cm}$ . Die Sensorstäbe müssen dabei einerseits so stabil ausgebildet sein, dass sie im Verbrennungsluftstrom nicht schwingen, sie dürfen andererseits aber auch nicht so groß bemessen sein, dass sie den effektiven Querschnitt des Ringspalt es für den Durchtritt des Verbrennungsluftstromes übermäßig schmälern.

**[0017]** Es kann vorteilhaft sein, einen oder mehrere Sensorstäbe in Längsrichtung des Sensorstabes elektrisch und ggf. auch mechanisch segmentiert auszubilden, wobei die einen Sensorstab bildenden Segmente in Längsrichtung der Segmente fluchtend zueinander angeordnet sind. Die Segmente eines Sensorstabes können elektrisch in Reihe geschaltet und der elektrisch segmentierte Sensorstab quasi als elektrische Einheit mit einem Eingang der Korrelationsmeseinrichtung verbunden sein. Es kann aber auch jedes Segment eines elektrisch segmentierten Sensorstabes elektrisch mit einem separaten Eingang der Korrelationsmeseinrichtung verbunden sein.

**[0018]** Bei einer weiteren Ausbildung können die Sensorstäbe als auf eine der beiden den Ringspalt ausbildenden Wandungen elektrisch isoliert gegenüber der Wandung aufgeklebte Folienstreifen aus elektrisch leitfähigem Material ausgebildet sein.

**[0019]** Bei einer anderen bevorzugten Ausbildung der Mittel zur Bestimmung der durch einen Ringspalt strömenden Verbrennungsluftmenge sind im Ringspalt zwei Paar korrespondierender Sensorstäbe angeordnet und jeweils mit einer Korrelationsmeseinrichtung elektrisch verbunden, wobei die beiden Paare korrespondierender Sensorstäbe in Längsrichtung in einem unterschiedlichen Winkel  $\alpha$  zur Längsachse des Ringspalt es angeordnet sind. Bevorzugt ist dabei ein Paar korrespondierender Sensorstäbe quer, d.h. in einem Winkel  $\alpha_1 = 90^\circ$  zur Längsachse des Ringspalt es, angeordnet und das zweite Paar korrespondierender Sensorstäbe in einem Winkel von  $\alpha_2 = 45^\circ$  zur Längsachse des Ringspalt es, jedoch unter der Bedingung, dass zumindest ein Teil der am in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes ersten Sensorstab eines korrespondierenden Paares vorbeiströmenden Verbrennungsluft auch am in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes zweiten Sensorstab des korrespondierenden Paares vorbeiströmt. Dabei wird durch Auswertung der Signale, die mit dem ersten, d.h. in einem Winkel  $\alpha_1 = 90^\circ$  zur Längsachse des Ringspalt es, angeordneten Sensorpaar generiert werden, die Geschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes in Richtung der Längsachse des Ringspalt es bestimmt, während mit dem zweiten, d.h. in einem Winkel  $\alpha_2 = 45^\circ$  zur Längsachse des Ringspalt es, angeordneten Sensorpaar eine Geschwindigkeitskomponente der in einem Winkel  $\alpha_2 = 45^\circ$  zur Längsachse des Ringspalt es strömenden Komponente des Verbrennungsluftstromes bestimmt wird. Aus beiden Geschwindigkeiten kann mittels Triangulation der Drallwinkel  $\gamma$  eines eine Drallströmung aufweisenden Verbrennungsluftstromes errechnet werden, wenn der Drallwinkel  $\gamma$  die Bedingung  $(90^\circ - \alpha_1) > \gamma > (90^\circ - \alpha_2)$  erfüllt. Dabei sind die Winkel  $\alpha_1 = 90^\circ$  des einen Paares korrespondierender Sensorstäbe und  $\alpha_2 = 45^\circ$  des zweiten Paares korrespondierender Sensorstäbe nur beispielhaft bevorzugt benannt. Es sind selbstverständlich auch andere Winkel  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  der Längsrichtungen der Paare korrespondierender Sensorstäbe möglich, wenn dies zur Erfüllung der Bedingung  $(90^\circ - \alpha_1) > \gamma > (90^\circ - \alpha_2)$  erforderlich ist. Für den Fall, dass im Ringspalt in ihrer Stellung veränderbare Luftleitschaukeln angeordnet sind, kann so der Drallwinkel bestimmt und über die Stellung der Luftleitschaukeln gezielt beeinflusst werden, wodurch der Verbrennungsprozess zusätzlich beeinflusst, d.h. gesteuert werden kann.

**[0020]** Der besondere Vorteil der Erfindung besteht darin, dass die Geschwindigkeit des Verbrennungsluftstromes direkt und unmittelbar in dem/n einen Brenner in einer Kraftwerksfeuerungsanlage umgebende/n Ringspalt/e bestimmt wird und somit direkt und unmittelbar die einem Brenner in einer Kraftwerksfeuerungsanlage zugeführte Verbrennungsluftmenge bestimmt werden kann. Über die Beeinflussung des Verbrennungsluftstromes, d.h. der Menge an Verbrennungsluft, die durch den Ringspalt strömt, wird der Verbrennungsprozess in einer Kraftwerksfeuerungsanlage nach

vorgewählten Kriterien optimal gesteuert.

**[0021]** Selbstverständlich ist es auch möglich auf diese Weise eine Regelung des Verbrennungsprozesses in einer Kraftwerksfeuerungsanlage zu realisieren.

**[0022]** Nachfolgend soll die Erfindung anhand dreier Ausführungsbeispiele näher erläutert werden. Die zugehörigen Zeichnungen zeigen in

- Fig. 1: einen Teilschnitt eines Ringspalt es um einen Brenner mit einem korrespondierenden Paar im Ringspalt angeordneter Sensorstäbe, in
- Fig. 2a: einen Längsschnitt durch einen Brenner mit umgebendem Ringspalt und einem im Ringspalt angeordneten korrespondierenden Paar Sensorstäben, in
- Fig. 2b und c: zwei Querschnitte durch einen Brenner mit umgebendem Ringspalt jeweils in der Ebene der angeordneten Sensorstäbe, in
- Fig. 3: einen Teilschnitt eines Ringspalt es um einen Brenner mit einem korrespondierenden Paar im Ringspalt in einem Winkel  $\alpha = 45^\circ$  zur Längsachse des Ringspalt es angeordneten Sensorstäben, in
- Fig. 4a: einen Teilschnitt eines Ringspalt es um einen Brenner mit zwei korrespondierenden Paaren im Ringspalt angeordneter Sensorstäbe, wobei die Paare korrespondierender Sensorstäbe jeweils in einem anderen Winkel  $\alpha$  zur Längsachse des Ringspalt es angeordnet sind und in
- Fig. 4b: eine Abwicklung des Ringspalt es mit den auf der äußeren Wandung des Brenners angeordneten korrespondierenden Sensorstäben.

**[0023]** Fig. 1 zeigt Mittel zur Bestimmung der durch einen Ringspalt 3 strömenden Verbrennungsluftmenge mit einem Brenner 1, der coaxial von einer Rohrleitung 2 umgeben ist, derart, dass zwischen der äußeren Wandung des Brenners 1 und der Rohrleitung 2 ein Ringspalt 3 ausgebildet ist. Der Brenner 1, die Rohrleitung 2 und der Ringspalt 3 besitzen eine gemeinsame coaxiale Längsachse 4. Im Ringspalt 3 wird Verbrennungsluft geführt. Die Rohrleitung 2 weist eine Einziehung 5 mit einer Verringerung der Ringspaltbreite  $b$  zur Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  des Verbrennungsluftstromes auf. Im Bereich der Einziehung 5 sind im Ringspalt 3 Leitschaufeln 6 angeordnet, die eine Drallströmung des Verbrennungsluftstromes in dem sich nach der Einziehung in Richtung der coaxialen Längsachse 4 anschließenden Ringspaltabschnitt 3.1 bewirken. Dieser Ringspaltabschnitt 3.1 besitzt eine gleichbleibende Ringspaltbreite  $b$ . Die Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes veranschaulicht ein Pfeil 7. Die Drehrichtung der Drallströmung ist durch einen Pfeil 8 veranschaulicht. Die für die Bestimmung der dem Brenner 1 zugeführten Verbrennungsluftmenge maßgebende Komponente des Verbrennungsluftstromes im Ringspaltabschnitt 3.1 ist die parallel zur coaxialen Längsachse 4 bzw. orthogonal zur Querschnittsfläche des Ringspaltabschnittes 3.1 gerichtete Komponente des Verbrennungsluftstromes. Sie ist in Fig. 1 durch Pfeil 9 veranschaulicht. Innerhalb des Ringspaltabschnittes 3.1 sind zwei Sensorstäbe 10 und 11 angeordnet. Die Sensorstäbe 10 und 11 sind elektrisch isoliert jeweils mittels zweier Stützböcke 12 auf der äußeren Wandung des Brenners 1 montiert. Die Sensorstäbe 10 und 11 sind quer zur Längsachse 4 angeordnet und in ihrer Längsrichtung der Krümmung des Ringspaltabschnittes 3.1 derart angepasst, dass sie zu den beiden den Ringspaltabschnitt 3.1 begrenzenden Wandungen, d.h. der äußeren Wandung des Brenners 1 und der Innenseite der Rohrleitung 2, über ihre Länge jeweils einen gleichen Abstand  $c$  bzw.  $d$  besitzen. Dabei ist der Abstand  $c$  der Abstand zwischen der äußeren Wandung des Brenners 1 und den Sensorstäben 10 und 11 und der Abstand  $d$  der Abstand zwischen der inneren Wandung der Rohrleitung 2 und den Sensorstäben 10 und 11. Die beiden Sensorstäbe 10 und 11 sind zu den den Ringspaltabschnitt 3.1 begrenzenden Wandungen gleich beabstandet. Sie sind weiterhin so angeordnet, dass sie zueinander parallel mit dem Abstand  $a$  liegen, dabei aber radial gegeneinander verdreht sind, und zwar derart, dass der in Strömungsrichtung 7 des Verbrennungsluftstromes zweite Sensorstab 11 in Drehrichtung 8 der Drallströmung des Verbrennungsluftstromes gegenüber dem in Strömungsrichtung 7 des Verbrennungsluftstromes ersten Sensorstab 10 parallel verschoben angeordnet ist. Die Fig. 2a bis 2c veranschaulichen die vorbeschriebene Anordnung der Sensorstäbe 10 und 11 im Ringspaltabschnitt 3.1. Die Sensorstäbe 10 und 11 sind elektrisch mit einer Korrelationsmesseinrichtung 13 verbunden. Durch elektrische Influenz, die von an den Sensorstäben 10 und 11 vorbeifließenden, im Verbrennungsluftstrom transportierten elektrisch geladenen Partikeln bewirkt wird, werden auf den Sensorstäben 10 und 11 elektrische Signale generiert, die mittels der Korrelationsmesseinrichtung 13 ausgewertet werden, und zwar derart, dass ein Zeitversatz der korrelierenden elektrischen Signale ermittelt wird, der dividiert durch den Abstand  $a$  der Sensorstäbe 10 und 11 ein Maß für die Komponente der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  des Verbrennungsluftstromes im Ringspaltabschnitt 3.1 quer zur Längsrichtung der Sensorstäbe 10 und 11 bei der in Fig. 1 dargestellten Anordnung der Sensorstäbe 10 und 11, also in Richtung der Längsachse 4 des Ringspaltabschnittes 3.1, ist. Ausgehend von der so bestimmten Komponente der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  des Verbrennungsluftstromes in Richtung der Längsachse 4 des Ringspaltabschnittes 3.1 wird mit der Querschnittsfläche des Ringspaltabschnittes 3.1 die dem Brenner 1 zugeführte Verbrennungsluftmenge bestimmt. Gleichzeitig wird mit nicht dargestellten Mitteln zur Erfassung der einem Brenner 1 zugeführten Brennstoffmenge die dem Brenner 1 zugeführte Brennstoffmenge erfasst und über die Veränderung der Verbrennungsluftmenge der Verbrennungsprozess gesteuert.

**[0024]** Bei den in Fig. 3 gezeigten Mitteln zur Bestimmung der durch einen Ringspalt 3 strömenden Verbrennungsluftmenge sind die korrespondierenden Sensorstäbe 10 und 11 in einem Winkel von  $\alpha = 45^\circ$  zur Längsachse 4 des Ringspaltangesordnet. Alle übrigen Merkmale des Ringspaltanges 3 und der Anordnung der Sensorstäbe 10 und 11 im Ringspaltabschnitt 3.1 entsprechen denen der in Fig. 1 gezeigten Mittel zur Bestimmung der durch einen Ringspalt 3 strömenden Verbrennungsluftmenge. Mit den in Fig. 3 dargestellten Mitteln zur Bestimmung der durch einen Ringspalt 3 strömenden Verbrennungsluftmenge wird, wie zu den Fig. 1 und 2 beschrieben, mittels der Korrelationsmeseinrichtung 13 eine im Winkel von  $\alpha = 45^\circ$  zur Längsachse 4 gerichtete Komponente der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  des Verbrennungsluftstromes im Ringspaltabschnitt 3.1 bestimmt. Die Komponente der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  des Verbrennungsluftstromes im Ringspaltabschnitt 3.1 in Richtung der Längsachse 4 des Ringspaltabschnittes 3.1 wird durch Multiplikation der mit der Korrelationsmeseinrichtung 13 bestimmten Komponente der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  mit  $\sin \alpha$ , also  $\sin 45^\circ$ , berechnet. Mit der so berechneten Komponente der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  des Verbrennungsluftstromes im Ringspaltabschnitt 3.1 in Richtung der Längsachse 4 des Ringspaltabschnittes 3.1 wird dann mit der Querschnittsfläche des Ringspaltabschnittes 3.1 die dem Brenner 1 zugeführte Verbrennungsluftmenge bestimmt.

**[0025]** Fig. 4a zeigt eine Anordnung mit zwei Paaren korrespondierender Sensorstäbe 10.1 und 11.1 sowie 10.2 und 11.2. Die korrespondierenden Sensorstäbe 10.1 und 11.1 sind in ihrer Längsrichtung in einem Winkel  $\alpha_1 = 45^\circ$  zur Längsachse 4 und die korrespondierenden Sensorstäbe 10.2 und 11.2 in ihrer Längsrichtung in einem Winkel  $\alpha_2 = 90^\circ$  zur Längsachse 4 des Ringspaltabschnittes 3.1 auf der äußeren Wandung des Brenners 1 angeordnet. Die beiden Paare korrespondierender Sensorstäbe 10.1 und 11.1 sowie 10.2 und 11.2 sind elektrisch jeweils mit einer Korrelationsmeseinrichtung 13.1 bzw. 13.2 verbunden. Fig. 4b zeigt eine Abwicklung dieses Abschnittes des Ringspaltanges 3.1 mit den auf der äußeren Wandung des Brenners 1 angeordneten zwei Paaren korrespondierender Sensorstäbe 10.1 und 11.1 sowie 10.2 und 11.2. Neben der Bestimmung der Komponente der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  des Verbrennungsluftstromes in Richtung der Längsachse 4 des Ringspaltabschnittes 3.1 und dann folgend der Berechnung der dem Brenner zugeführten Verbrennungsluftmenge kann mit dieser Anordnung der Drallwinkel  $\gamma$  eines eine Drallströmung aufweisenden Verbrennungsluftstromes ermittelt werden, wenn der Drallwinkel  $\gamma$  die Bedingung  $(90^\circ - \alpha_1) > \gamma > (90^\circ - \alpha_2)$  erfüllt. Dazu werden durch Auswertung der an den Sensorstäben 10.1 und 11.1 generierten elektrischen Signale mittels der Korrelationsmeseinrichtung 13.1 die Komponente  $v_1$  der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  des Verbrennungsluftstromes und durch Auswertung der an den Sensorstäbe 10.2 und 11.2 generierten elektrischen Signale mittels der Korrelationsmeseinrichtung 13.2 die Komponente  $v_2$  der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  des Verbrennungsluftstromes bestimmt.

**[0026]** Anhand von Fig. 4b wird nachfolgend beispielhaft die Ermittlung des Drallwinkels  $\gamma$  eines eine Drallströmung aufweisenden Verbrennungsluftstromes beschrieben. Der zwischen der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  und der Komponente  $v_1$  der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  eingeschlossene Winkel  $\beta$  ergibt sich nach der Beziehung  $\beta = 90^\circ - \alpha_1 - \gamma$  bzw. mit  $\alpha_1 = 45^\circ$  ergibt sich  $\beta = 45^\circ - \gamma$ . Der zwischen der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  und der Komponente  $v_2$  der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  eingeschlossene Winkel ergibt sich nach der Beziehung  $90^\circ - \alpha_2 + \gamma$  bzw. mit  $\alpha_2 = 90^\circ$  ergibt sich, dass der zwischen der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  und der Komponente  $v_2$  der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  eingeschlossene Winkel gleich dem Drallwinkel  $\gamma$  ist. Die mit den korrespondierenden Sensorstäben 10.1 und 11.1 und der Korrelationsmeseinrichtung 13.1 bestimmte Komponente  $v_1$  der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  wird durch die Gleichung

$$v_1 = \cos(45^\circ - \gamma) \cdot v \text{ oder } v_1 = (\cos 45^\circ \cdot \cos \gamma + \sin 45^\circ \cdot \sin \gamma) \cdot v \quad (1)$$

beschrieben. Die mit den korrespondierenden Sensorstäben 10.2 und 11.2 und der Korrelationsmeseinrichtung 13.2 bestimmte Komponente  $v_2$  der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  wird durch die Gleichung

$$v_2 = \cos \gamma \cdot v \text{ oder } \cos \gamma = v_2 / v \quad (2)$$

beschrieben. Durch Einsetzen von Gleichung (2) in Gleichung (1) erhält man

$$v_1 = (\cos 45^\circ + \sin 45^\circ \cdot \sin \gamma / \cos \gamma) \cdot v_2, \quad (3)$$

durch Umformung von Gleichung (3) erhält man

$$v_1 / v_2 = \cos 45^\circ + \sin 45^\circ \cdot \tan \gamma \quad \text{bzw.} \quad \tan \gamma = (v_1 / v_2 - \cos 45^\circ) / \sin 45^\circ.$$

**[0027]** Der Drallwinkel kann somit aus den beiden bestimmten Komponenten  $v_1$  und  $v_2$  der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  des Verbrennungsluftstromes nach der Gleichung

$$\gamma = \arctan ((v_1 / v_2 - \cos 45^\circ) / \sin 45^\circ)$$

errechnet werden.

Liste der verwendeten Bezugszeichen

**[0028]**

- 1 - Brenner
- 2 - Rohrleitung
- 3 - Ringspalt
- 3.1 - Ringspalt, Ringspaltabschnitt
- 4 - Längsachse
- 5 - Einziehung
- 6 - Leitschaufeln
- 7 - Pfeil, Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes
- 8 - Pfeil, Drehrichtung der Drallströmung
- 9 - Pfeil, Komponente des Verbrennungsluftstromes parallel zur Längsachse 4
- 10 - Sensorstab
- 10.1 - Sensorstab
- 10.2 - Sensorstab
- 11 - Sensorstab
- 11.1 - Sensorstab
- 11.2 - Sensorstab
- 12 - Stützbock
- 13 - Korrelationsmesseinrichtung
- 13.1 - Korrelationsmesseinrichtung
- 13.2 - Korrelationsmesseinrichtung

**Patentansprüche**

1. Kraftwerksfeuerungsanlage mit mehreren in einer Wand eines Feuerungsraumes angeordneten Brennern (1), bei denen die Zuführung der Verbrennungsluft über einen oder mehrere jeden Brenner (1) konzentrisch umgebende/n Ringspalt/e (3) erfolgt und jeder Brenner (1) Mittel zur Beeinflussung der Menge der durch den oder die Ringspalt/e



(3) in den Feuerungsraum strömenden Verbrennungsluftmenge aufweist, mit einer Einrichtung zur Steuerung des Verbrennungsprozesses, mindestens umfassend Mittel zur Erfassung der einem Brenner (1) zugeführten Brennstoffmenge sowie Mittel zur Bestimmung der durch den oder die Ringspalt/e (3) strömenden Verbrennungsluftmenge, wobei die Einrichtung zur Steuerung des Verbrennungsprozesses derart ausgebildet ist, dass für jedes Mittel zur

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Mittel zur Bestimmung der durch einen Ringspalt (3, 3.1) strömenden Verbrennungsluftmenge mindestens umfassen zwei im Ringspalt (3,3.1) quer zur Längsachse (4) des Ringspaltes (3, 3.1) oder in einem Winkel  $\alpha$  zur Längsachse (4) des Ringspaltes (3, 3.1) mit  $30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  und in Strömungsrichtung (7) des Verbrennungsluftstromes hintereinander und parallel mit einem Abstand  $a$  beabstandet zueinander, ein korrespondierendes Paar bildend, aus elektrisch leitfähigem Material bestehende Sensorstäbe (10, 11), die elektrisch isoliert gegenüber den den Ringspalt (3,3.1) ausbildenden Wandungen (1, 2) angeordnet sind, wobei die Sensorstäbe (10, 11) in ihrer Form der Krümmung des Ringspaltes (3, 3.1) angepasst sind und eine Längel von  $l > 20$  mm, bevorzugt  $l > 200$  mm, aufweisen und wobei die Sensorstäbe (10, 11) elektrisch mit einer Korrelationsmesseinrichtung (13) verbunden sind, mittels derer durch Auswertung der durch elektrische Influenz, die von an den Sensorstäben (10, 11) vorbeifliegenden, im Verbrennungsluftstrom transportierten elektrisch geladenen Partikeln bewirkt wird, auf den Sensorstäben (10,11) erzeugten elektrischen Signale die Strömungsgeschwindigkeit ( $v$ ) des Verbrennungsluftstromes orthogonal zur Längsrichtung der Sensorstäbe (10, 11) bestimmt wird, wobei für den Fall, dass die Sensorstäbe (10, 11) nicht quer zur Längsachse (4) des Ringspaltes (3,3.1) angeordnet sind, eine Komponente ( $v_2$ ) der Strömungsgeschwindigkeit ( $v$ ) des Verbrennungsluftstromes in Richtung der Längsachse (4) des Ringspaltes (3, 3.1) errechnet und ausgehend von der Komponente ( $v_2$ ) der Strömungsgeschwindigkeit ( $v$ ) des Verbrennungsluftstromes in Richtung der Längsachse (4) des Ringspaltes (3,3.1) errechnet wird und anhand der geometrischen Abmessungen der Querschnittsfläche des Ringspaltes (3,3.1) die durch den Ringspalt (3, 3.1) strömende Verbrennungsluftmenge bestimmt wird.

**2. Kraftwerksfeuerungsanlage nach Anspruch 1,**

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die ein korrespondierendes Paar bildenden Sensorstäbe (10, 11) mit jeweils gleichem über die Länge jedes Sensorstabes (10, 11) konstantem Abstand  $c$ ,  $d$  beabstandet zu den beiden den Ringspalt (3, 3.1) ausbildenden Wandungen (1,2) im Ringspalt (3, 3.1) angeordnet sind.

**3. Kraftwerksfeuerungsanlage nach Anspruch 1 bis 2,**

**dadurch gekennzeichnet, dass**

im Falle der Anordnung einer Luftleiteinrichtung (6) zur Erzeugung einer Drallströmung des Verbrennungsluftstromes die Sensorstäbe (10, 11) in Strömungsrichtung (7) des Verbrennungsluftstromes nach der Luftleiteinrichtung (6) im Ringspalt (3, 3.1) angeordnet sind.

**4. Kraftwerksfeuerungsanlage nach Anspruch 3,**

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die ein korrespondierendes Paar bildenden Sensorstäbe (10, 11) parallel zueinander verschoben angeordnet sind, derart, dass mindestens ein Teil der am in Strömungsrichtung (7) des Verbrennungsluftstromes ersten Sensorstab (10) des korrespondierenden Paares vorbeiströmenden Verbrennungsluft auch am in Strömungsrichtung (7) des Verbrennungsluftstromes zweiten Sensorstab (11) des korrespondierenden Paares vorbeiströmt.

**5. Kraftwerksfeuerungsanlage nach Anspruch 3 bis 4,**

**dadurch gekennzeichnet, dass**

im Ringspalt (3, 3.1) zwei Paare korrespondierender Sensorstäbe (10.1, 11.1 und 10.2, 11.2) angeordnet sind, wobei die beiden Paare korrespondierender Sensorstäbe (10.1, 11.1 und 10.2, 11.2) in einem unterschiedlichen Winkel  $\alpha$  zur Längsachse (4) des Ringspaltes (3, 3.1) angeordnet sind.

**6. Kraftwerksfeuerungsanlage nach Anspruch 1 bis 5,**

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Sensorstäbe (10, 11) als Rundstab mit einem Durchmesser  $D$  mit  $1 \text{ mm} \leq D \leq 20 \text{ mm}$  oder als Vierkantstab mit einer Kantenlänge  $e$  in Richtung der Breite  $b$  des Ringspaltes mit  $1 \text{ mm} \leq e \leq 20 \text{ mm}$  ausgebildet sind.

**7. Kraftwerksfeuerungsanlage nach Anspruch 1 bis 5,**

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Sensorstäbe (10,11) durch auf eine der beiden den Ringspalt (3, 3.1) ausbildenden Wandungen (1, 2) isoliert gegenüber der Wandung (1, 2) innerhalb des Ringspaltes (3, 3.1) aufgeklebte Folienstreifen aus elektrisch leitfähigem Material ausgebildet sind.

8. Kraftwerksfeuerungsanlage nach Anspruch 1 bis 7,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Sensorstäbe (10,11) in Längsrichtung segmentiert ausgebildet sind, wobei entweder die Segmente der Sensorstäbe (10, 11) elektrisch als Reihenschaltung miteinander verbunden sind und die Reihenschaltungen der Sensorstäbe (10, 11) elektrisch mit einer Korrelationsmesseinrichtung (13) verbunden sind oder die Segmente der Sensorstäbe (10, 11) elektrisch mit einer Korrelationsmesseinrichtung (13) verbunden sind.

**Claims**

1. Power station furnace system with multiple burners (1) which are arranged in a wall of a combustion chamber and in the case of which the combustion air is supplied via one or more annular gap(s) (3) concentrically surrounding each burner (1) and each burner (1) has means for influencing the quantity of combustion air flowing through the annular gap or gaps (3) into the combustion chamber, with a device for controlling the combustion process, at least comprising means for detecting the quantity of fuel supplied to a burner (1) and means for determining the quantity of combustion air flowing through the annular gap or gaps (3), wherein the device for controlling the combustion process is formed in such a way that actuating signals are generated for each means for influencing the quantity of combustion air flowing through the annular gap(s) (3) surrounding the burner (1) into the combustion chamber, in order in this way to influence the quantity of combustion air flowing through each annular gap (3),

**characterized in that**

means for determining the quantity of combustion air flowing through an annular gap (3, 3.1) at least comprise two sensor rods (10, 11) consisting of electrically conductive material, in the annular gap (3, 3.1) transverse to the longitudinal axis (4) of the annular gap (3, 3.1) or at an angle  $\alpha$  with respect to the longitudinal axis (4) of the annular gap (3, 3.1) with  $30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  and one behind the other in the direction of flow (7) of the combustion air stream and spaced apart in parallel with a spacing  $a$  from one another, forming a corresponding pair, and arranged electrically insulated from the walls (1, 2) that form the annular gap (3, 3.1),

wherein the sensor rods (10, 11) are adapted in their shape to the curvature of the annular gap (3, 3.1) and have a length  $l$  of  $l > 20$  mm, preferably  $l > 200$  mm, and wherein the sensor rods (10, 11) are electrically connected to a correlation measuring device (13), by means of which the flow velocity ( $v$ ) of the combustion air stream orthogonal to the longitudinal direction of the sensor rods (10, 11) is determined by evaluating the electrical signals generated by the electrical influence on the sensor rods (10, 11) that is brought about by electrically charged particles transported in the combustion air stream and moving past the sensor rods (10, 11), wherein, in the event that the sensor rods (10, 11) are not arranged transversely to the longitudinal axis (4) of the annular gap (3, 3.1), a component ( $v_2$ ) of the flow velocity ( $v$ ) of the combustion air stream in the direction of the longitudinal axis (4) of the annular gap (3, 3.1) is calculated and, on the basis of the component ( $v_2$ ), the flow velocity ( $v$ ) of the combustion air stream in the direction of the longitudinal axis (4) of the annular gap (3, 3.1) is calculated, and the quantity of combustion air flowing through the annular gap (3, 3.1) is determined on the basis of the geometrical dimensions of the cross-sectional area of the annular gap (3, 3.1).

2. Power station furnace system according to Claim 1,

**characterized in that**

the sensor rods (10, 11) forming a corresponding pair are arranged in the annular gap (3, 3.1) with in each case the same spacing  $c, d$ , which is constant over the length of each sensor rod (10, 11), from the two walls (1, 2) forming the annular gap (3, 3.1).

3. Power station furnace system according to Claim 1 or 2,

**characterized in that**

in the case of the arrangement of an air guiding device (6) for generating a swirl flow of the combustion air stream, the sensor rods (10, 11) are arranged in the annular gap (3, 3.1) downstream of the air guiding device (6) in the direction of flow (7) of the combustion air stream.

4. Power station furnace system according to Claim 3,

**characterized in that**

the sensor rods (10, 11) forming a corresponding pair are arranged in parallel but displaced relative to one another, such that at least part of the combustion air flowing past the first sensor rod (10) of the corresponding pair in the direction of flow (7) of the combustion air stream also flows past the second sensor rod (11) of the corresponding pair in the direction of flow (7) of the combustion air stream.

- 5 5. Power station furnace system according to Claim 3 or 4,

**characterized in that**

two pairs of corresponding sensor rods (10.1, 11.1 and 10.2, 11.2) are arranged in the annular gap (3, 3.1), wherein the two pairs of corresponding sensor rods (10.1, 11.1 and 10.2, 11.2) are arranged at a different angle  $\alpha$  with respect to the longitudinal axis (4) of the annular gap (3, 3.1).

- 10 6. Power station furnace system according to one of Claims 1 to 5,

**characterized in that**

the sensor rods (10, 11) are formed as a round rod having a diameter D with  $1 \text{ mm} \leq D \leq 20 \text{ mm}$ , or as a square rod having an edge length e in the direction of the width b of the annular gap with  $1 \text{ mm} \leq e \leq 20 \text{ mm}$ .

- 15 7. Power station furnace system according to Claims 1 to 5,

**characterized in that**

the sensor rods (10, 11) are formed by foil strips of an electrically conductive material which are adhesively attached to one of the two walls (1, 2) forming the annular gap (3, 3.1) and insulated with respect to the wall (1, 2) within the annular gap (3, 3.1).

- 20 8. Power station furnace system according to Claims 1 to 7,

**characterized in that**

the sensor rods (10, 11) are segmented in the longitudinal direction, wherein either the segments of the sensor rods (10, 11) are electrically connected to one another in series and the series connections of the sensor rods (10, 11) are electrically connected to a correlation measuring device (13) or the segments of the sensor rods (10, 11) are electrically connected to a correlation measuring device (13).

30 **Revendications**

- 35 1. Installation de combustion d'une centrale, comprenant plusieurs brûleurs (1) disposés dans une paroi d'un foyer pour lesquels l'amenée de l'air de combustion est effectuée par un ou plusieurs espaces annulaires (3) entourant chaque brûleur (1) de manière concentrique, et chaque brûleur (1) présente des moyens pour agir sur la quantité de la quantité d'air de combustion circulant à travers l'espace/les espaces annulaire(s) (3) dans le foyer, comprenant un dispositif pour commander le processus de combustion, comprenant au moins des moyens pour détecter la quantité de combustible amenée à un brûleur (1) ainsi que des moyens pour déterminer la quantité d'air de combustion circulant à travers l'espace/les espaces annulaire(s) (3), le dispositif pour la commande du processus de combustion étant réalisé de telle sorte que pour chaque moyen destiné à agir sur la quantité de la quantité d'air de combustion circulant dans le foyer à travers l'espace/les espaces annulaire(s) (3) entourant un brûleur (1), des signaux de réglage sont générés afin d'agir ainsi sur la quantité d'air de combustion circulant à travers chaque espace annulaire (3),

**caractérisée en ce que**

45 les moyens de détermination de la quantité d'air de combustion circulant à travers un espace annulaire (3, 3.1) comprennent au moins deux barres de détection (10, 11) composées d'un matériau électriquement conducteur, formant une paire correspondante, qui sont dans l'espace annulaire (3, 3.1) transversalement à l'axe longitudinal (4) de l'espace annulaire (3, 3.1) ou selon un angle  $\alpha$  par rapport à l'axe longitudinal (4) de l'espace annulaire (3, 3.1), où  $30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ , et l'une derrière l'autre dans le sens de circulation (7) du flux d'air de combustion et en parallèle, mutuellement espacées d'une distance a et qui sont disposées de manière électriquement isolée par rapport aux parois (1, 2) réalisant l'espace annulaire (3, 3.1), les barres de détection (10, 11) étant adaptées au niveau de leur forme à la courbure de l'espace annulaire (3, 3.1) et présentant une longueur l de  $l > 20 \text{ mm}$ , de préférence  $l > 200 \text{ mm}$ , et les barres de détection (10, 11) étant reliées électriquement à un dispositif de mesure de corrélation (13) au moyen duquel, par l'évaluation des signaux électriques générés sur les barres de détection (10, 11) par influence électrique provoquée par des particules chargées électriquement, transportées dans le flux d'air de combustion et passant devant les barres de détection (10, 11), la vitesse d'écoulement (v) du flux d'air de combustion est déterminée de manière orthogonale à la direction longitudinale des barres de détection (10, 11), dans laquelle, si les barres de détection (10, 11) ne sont pas disposées transversalement à l'axe longitudinal (4)

de l'espace annulaire (3, 3.1), une composante ( $v_2$ ) de la vitesse d'écoulement ( $v$ ) du flux d'air de combustion en direction de l'axe longitudinal (4) de l'espace annulaire (3, 3.1) est calculée, et, en partant de la composante ( $v_2$ ), la vitesse d'écoulement ( $v$ ) du flux d'air de combustion en direction de l'axe longitudinal (4) de l'espace annulaire (3, 3.1) est calculée, et à l'aide des dimensions géométriques de la surface de section transversale de l'espace annulaire (3, 3.1), la quantité d'air de combustion circulant à travers l'espace annulaire (3, 3.1) est déterminée.

2. Installation de combustion d'une centrale selon la revendication 1,

**caractérisée en ce que**

les barres de détection (10, 11) formant une paire correspondante sont disposées dans l'espace annulaire (3, 3.1) de manière espacée avec une distance constante  $c$ ,  $d$ , respectivement identique sur la longueur de chaque barre de détection (10, 11) par rapport aux deux parois (1, 2) réalisant l'espace annulaire (3, 3.1).

3. Installation de combustion d'une centrale selon la revendication 1 à 2,

**caractérisée en ce que**

dans le cas de l'agencement d'un dispositif de canalisation d'air (6) pour générer un écoulement tourbillonnaire du flux d'air de combustion, les barres de détection (10, 11) sont disposées dans l'espace annulaire (3, 3.1) après le dispositif de canalisation d'air (6) dans la direction d'écoulement (7) du flux d'air de combustion.

4. Installation de combustion d'une centrale selon la revendication 3,

**caractérisée en ce que**

les barres de détection (10, 11) formant une paire correspondante sont disposées de manière décalée en parallèle l'une à l'autre de telle sorte qu'au moins une partie de l'air de combustion circulant devant la barre de détection (10) de la paire correspondante qui est la première dans la direction d'écoulement (7) du flux d'air de combustion circule aussi devant la barre de détection (11) de la paire correspondante qui est la deuxième dans la direction d'écoulement (7) du flux d'air de combustion.

5. Installation de combustion d'une centrale selon la revendication 3 à 4,

**caractérisée en ce que**

dans l'espace annulaire (3, 3.1), deux paires de barres de détection (10.1, 11.1 et 10.2, 11.2) correspondantes sont disposées, les deux paires de barres de détection (10.1, 11.1 et 10.2, 11.2) correspondantes étant disposées selon un angle  $\alpha$  différent par rapport à l'axe longitudinal (4) de l'espace annulaire (3, 3.1).

6. Installation de combustion d'une centrale selon la revendication 1 à 5,

**caractérisée en ce que**

les barres de détection (10, 11) sont réalisées sous forme de barre ronde ayant un diamètre  $D$ , où  $1 \text{ mm} \leq D \leq 20 \text{ mm}$ , ou sous forme de barre carrée ayant une longueur d'arête  $e$  en direction de la largeur  $b$  de l'espace annulaire, où  $1 \text{ mm} \leq e \leq 20 \text{ mm}$ .

7. Installation de combustion d'une centrale selon la revendication 1 à 5,

**caractérisée en ce que**

les barres de détection (10, 11) sont réalisées par des bandes de film en matériau électriquement conducteur, collées sur l'une des parois (1, 2) réalisant l'espace annulaire (3, 3.1), de manière isolée par rapport à la paroi (1, 2) à l'intérieur de l'espace annulaire (3, 3.1).

8. Installation de combustion d'une centrale selon la revendication 1 à 7,

**caractérisée en ce que**

les barres de détection (10, 11) sont réalisées de manière segmentée dans la direction longitudinale, dans laquelle, soit les segments des barres de détection (10, 11) sont reliés électriquement ensemble dans un montage en série et les montages en série des barres de détection (10, 11) sont reliés électriquement à un dispositif de mesure de corrélation (13), soit les segments des barres de détection (10, 11) sont reliés électriquement à un dispositif de mesure de corrélation (13).

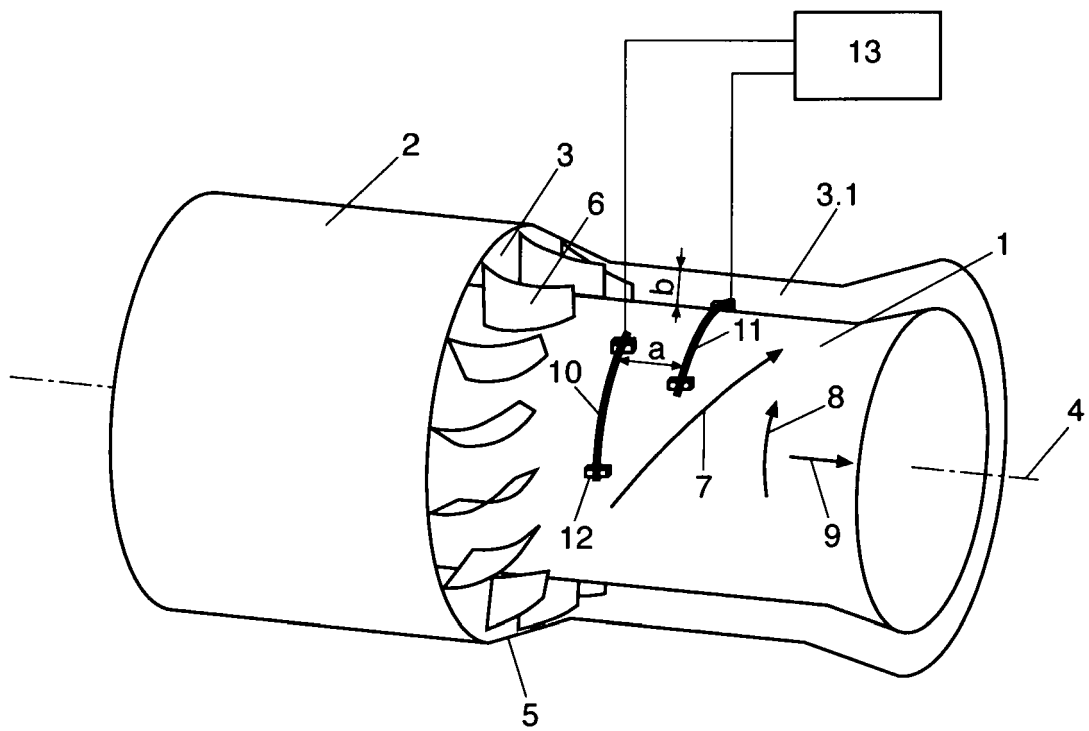


Fig. 1

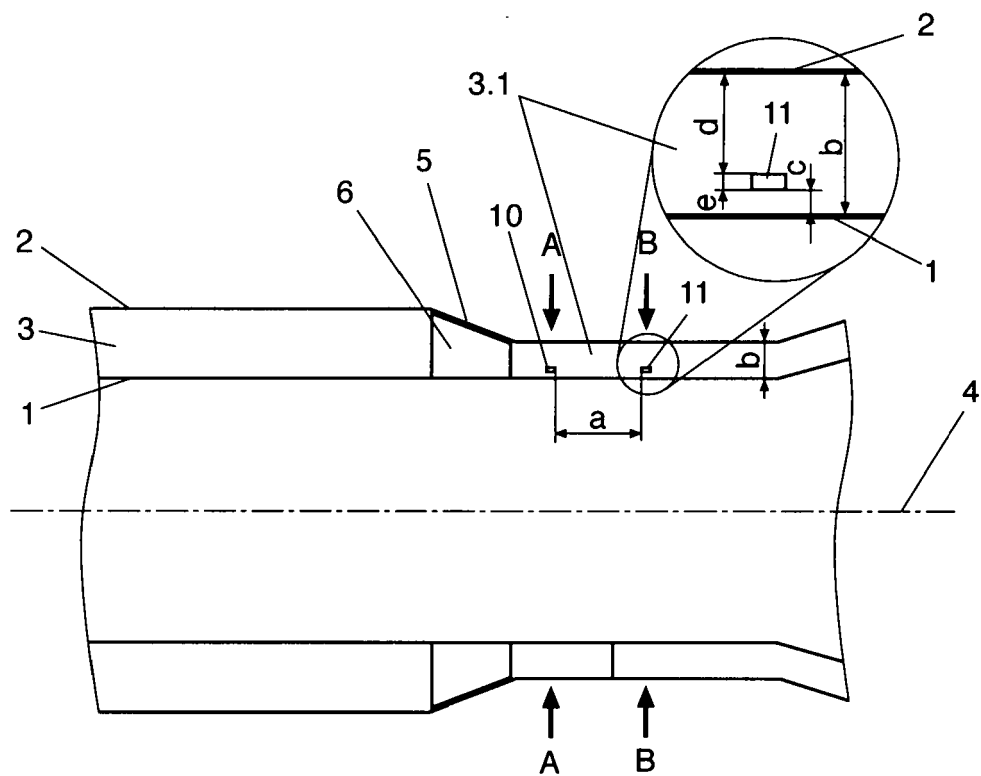


Fig. 2a

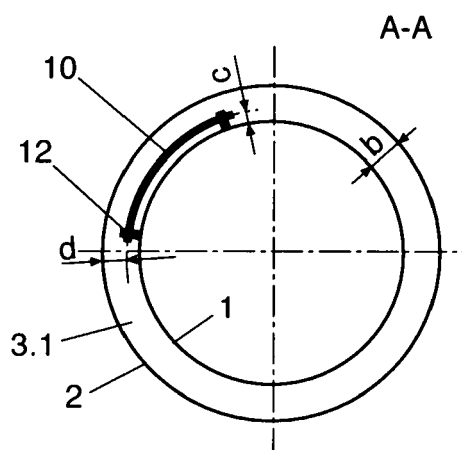


Fig. 2b

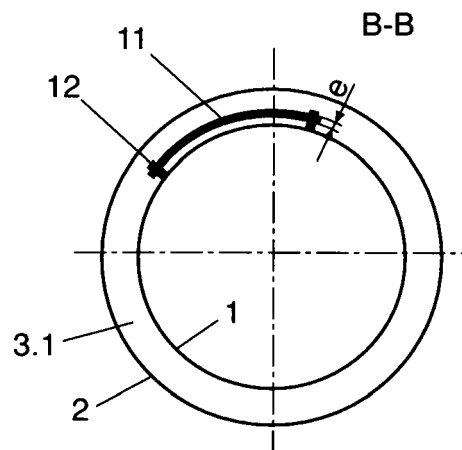


Fig. 2c

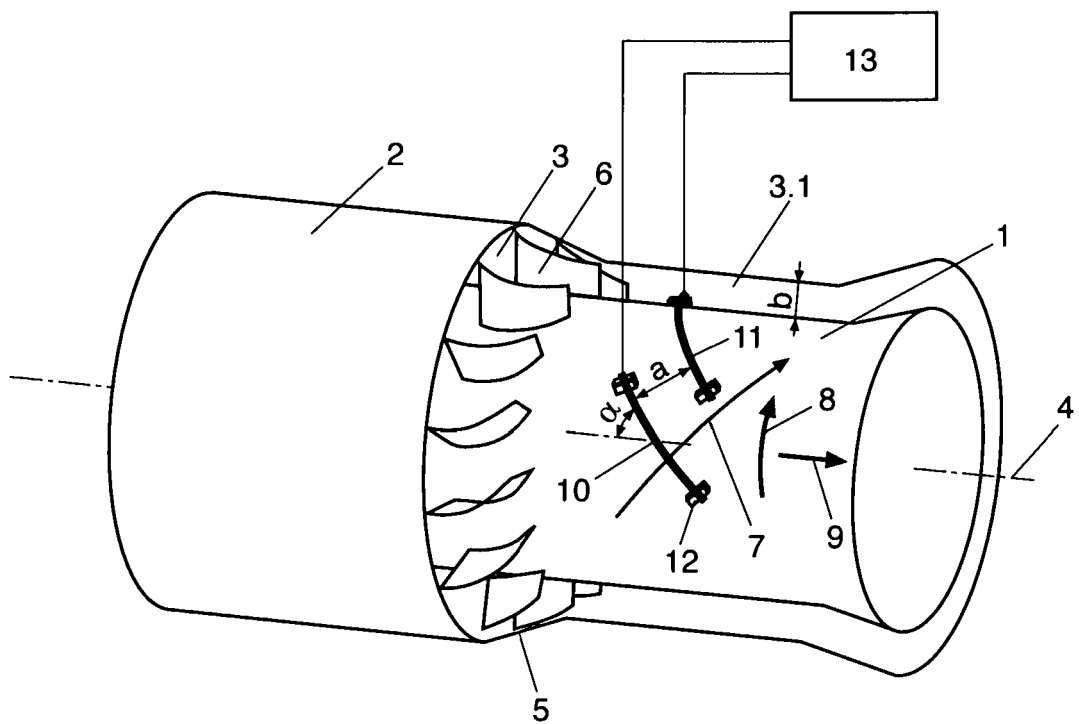
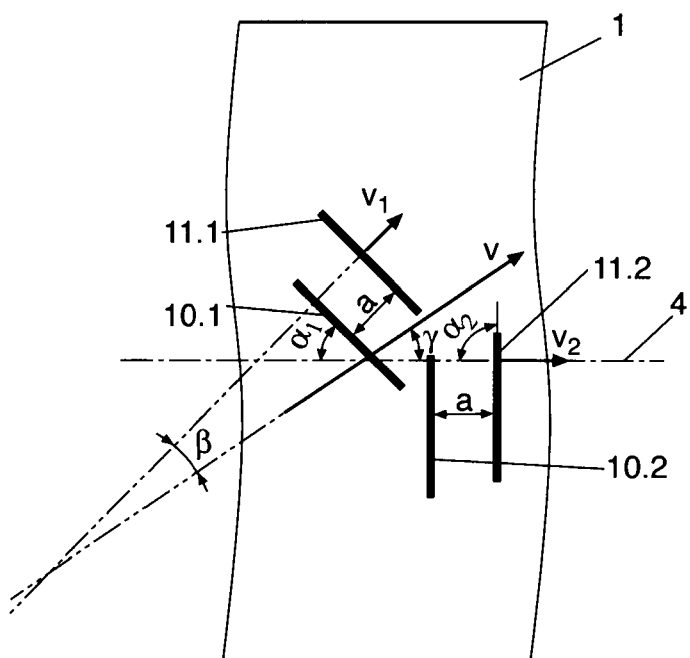
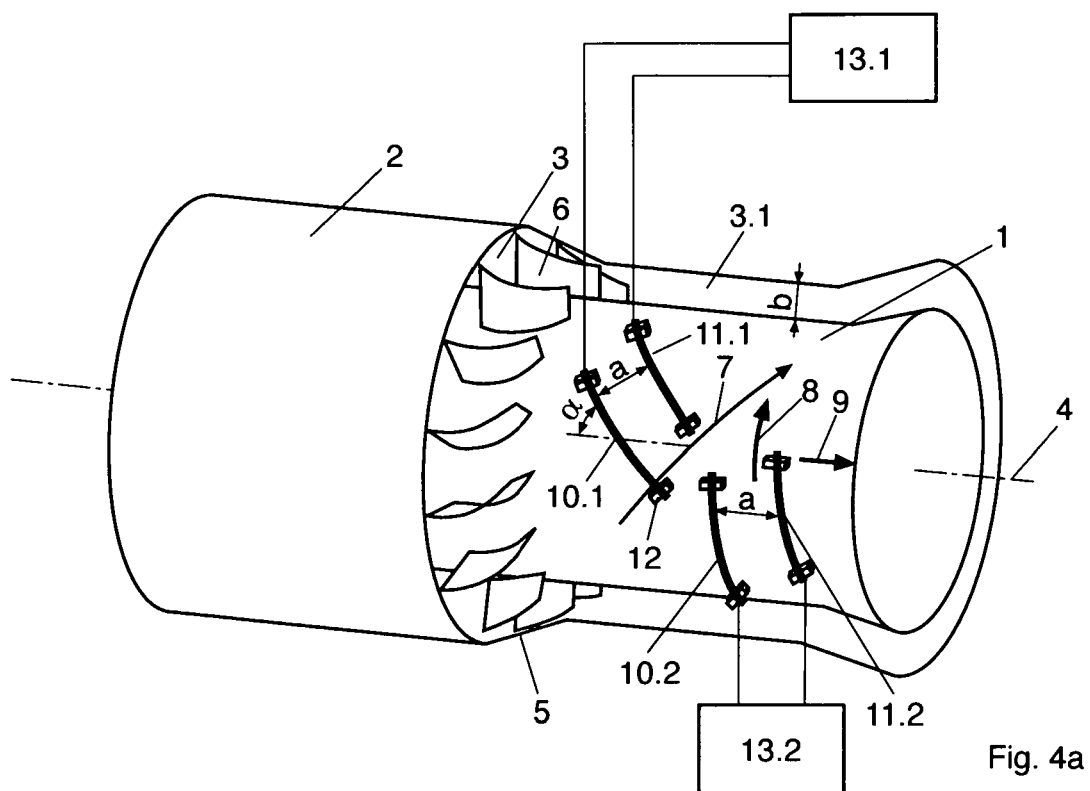


Fig. 3





**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 20021271 U1 [0006]
- DE 102012014260 A1 [0007]
- US 20110197831 A1 [0007]