



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 701 198 A2

(51) Int. Cl.: F23N 5/00 (2006.01)  
F23R 3/00 (2006.01)  
G01N 21/72 (2006.01)  
G01J 5/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00933/10

(22) Anmeldedatum: 11.06.2010

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.12.2010

(30) Priorität: 15.06.2009 US 12/484,447

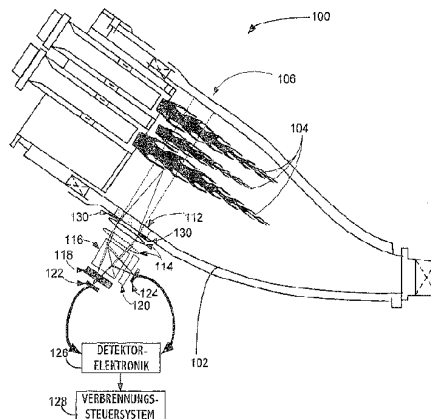
(71) Anmelder:  
General Electric Company, 1 River Road  
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:  
Keith Robert McManus,  
Clifton Park, New York 12065 (US)  
Lewis Berkley Davis, Jr., Niskayuna, New York 12309 (US)

(74) Vertreter:  
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4  
8008 Zürich (CH)

(54) **Optische Sensoren zur Verbrennungssteuerung.**

(57) Bestimmte Ausführungsformen der Erfindung können Systeme und Verfahren zur Bereitstellung optischer Sensoren zur Verbrennungssteuerung beinhalten. Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung ist ein Verfahren zum Steuern von Verbrennungsparametern, die mit einem Gasturbinenbrenner (102) in Verbindung stehen, geschaffen. Das Verfahren kann eine Bereitstellung wenigstens eines an einen Flammenbereich (106) in dem Brenner (102) angrenzenden optischen Pfades, eine Detektion wenigstens eines Teils der Lichtemission aus dem Flammenbereich (106) in dem wenigstens einen optischen Pfad und eine Steuerung von wenigstens einem der Verbrennungsparameter, basierend zum Teil auf der detektierten Lichtemission, beinhalten.



## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft allgemein Sensoren und betrifft insbesondere optische Sensoren zur Verbrennungssteuerung.

### Hintergrund der Erfindung

[0002] Moderne Industriegasturbinen sollen Energie bei hohem Wirkungsgrad umwandeln, während sie gleichzeitig nur minimale Schadstoffemissionen erzeugen sollen. Aber diese zwei Anforderungen stehen im Widerspruch zueinander, da höhere Wirkungsgrade im Wesentlichen durch Erhöhen der Gesamtgastemperatur in den Brennkammern erzielt werden, während Schadstoffe, wie z.B. Stickoxid, typischerweise durch Absenken der maximalen Gastemperatur verringert werden. Die maximale Gastemperatur kann durch Einhalten eines mageren Brennstoff/Luft-Verhältnisses in der Brennkammer verringert werden, aber wenn das Brennstoff/Luft-Gemisch zu mager ist, kann eine unvollständige Verbrennung zu viel Kohlenmonoxid und unverbrannte Kohlenwasserstoffe erzeugen. Daher muss die Temperatur in der Reaktionszone ausreichend sein, um eine vollständige Verbrennung zu unterstützen.

[0003] Zum Ausgleich der sich widersprechenden Anforderungen nach erhöhtem Wirkungsgrad und verringerten Emissionen ist eine extrem genaue Steuerung erforderlich, um das Brennstoff/Luft-Gemisch in den Reaktionszonen der Brenner einzustellen. Es wurden bereits Systeme zur Steuerung des Brennstoff/Luft-Gemisches durch Überwachen verschiedener Verbrennungsparameter und Verwenden der gemessenen Parameter als Eingangsgröße zur Steuerung des Brennstoff-Systems vorgeschlagen. Beispielsweise enthält ein herkömmliches System ein Steuersystem, bei dem Brennstoffdurchsatzraten, Druckpegel und Auslassabgas-Temperaturverteilungen als Eingangsgröße für die Einstellung von Brennstoffregelungssteuerventilen verwendet werden.

[0004] Weitere Techniken zur Steuerung der Verbrennungsdynamik umfassen die Messung einer Lichtemission aus der Brennerflamme der Verbrennung und die Verwendung des gemessenen Signals zum Steuern bestimmter Verbrennungsparameter. Beispielsweise verwendet ein herkömmliches System ein System mit geschlossener Regelschleife, das eine Siliziumkarbid-Photodiode verwendet, um die Flammentemperatur der Verbrennung über die Messung der Ultraviolettstrahlungsintensität zu erfassen. Die erfasste Ultraviolettstrahlung wird zum Steuern des Brennstoff/Luft-Verhältnisses des Brennstoffgemisches verwendet, um die Temperatur der Flamme unter einem vorbestimmten Pegel zu halten, der einem gewünschten niedrigen Pegel von Stickoxiden zugeordnet ist.

[0005] Andere herkömmliche Systeme können optische Fasern zum Erfassen und Übertragen von Licht aus einem Verbrennungsbereich zu Detektoren verwenden. Noch andere herkömmliche Systeme können eine Videokamera verwenden, um Bilder der Flamme primär für die Überwachung des Vorliegens oder Fehlens einer Flamme verwenden.

[0006] Es bleibt ein Bedarf nach verbesserten Systemen und Verfahren zur Bereitstellung optischer Sensoren bestehen.

### Kurzzusammenfassung der Erfindung

[0007] Einige oder alle von den vorstehenden Erfordernissen können durch bestimmte Ausführungsformen der Erfindung behandelt werden. Bestimmte Ausführungsformen der Erfindung können Systeme und Verfahren zur Bereitstellung optischer Sensoren zur Verbrennungssteuerung beinhalten.

[0008] Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung wird ein Verfahren zum Steuern von Verbrennungsparametern in Verbindung mit einem Gasturbinenbrenner bereitgestellt. Das Verfahren kann die Bereitstellung wenigstens eines an einem Flammenbereich in dem Brenner angrenzenden optischen Pfades, die Detektion wenigstens eines Teils der Lichtemission aus dem Flammenbereich in dem wenigstens einen optischen Pfad und die Steuerung von wenigstens einem der Verbrennungsparameter zum Teil auf der Basis der detektierten Lichtemission beinhalten.

[0009] Gemäss einer weiteren beispielhaften Ausführungsform wird ein System zur Steuerung von Verbrennungsparametern in Verbindung mit einem Gasturbinenbrenner bereitgestellt. Das System kann wenigstens einen an einen Flammenbereich in dem Brenner angrenzenden optischen Zugang, einen oder mehrere Photodetektoren in Verbindung mit dem wenigstens einem optischen Zugang, die so betrieben werden können, dass sie wenigstens einen Teil der Lichtemission aus dem Flammenbereich detektieren, und wenigstens eine Steuervorrichtung enthalten, die so betrieben werden kann, dass sie einen oder mehrere Verbrennungsparameter wenigstens zum Teil auf der Basis von einem oder mehreren Signalen von dem einen oder den mehreren Photodetektoren steuert.

[0010] Gemäss einer weiteren beispielhaften Ausführungsform wird eine Gasturbine bereitgestellt. Die Gasturbine kann einen Brenner, wenigstens einen an einen Flammenbereich in dem Brenner angrenzenden optischen Zugang, einen oder mehrere Photodetektoren, die mit dem wenigstens einen optischen Zugang in Verbindung stehen und so betrieben werden können, dass sie wenigstens einen Teil der Lichtemission aus dem Flammenbereich detektieren, und wenigstens eine Steuervorrichtung enthalten, die so betrieben werden kann, dass sie einen oder mehrere Verbrennungsparameter wenigstens zum Teil auf der Basis von einem oder mehreren Signalen von dem einen oder den mehreren Photodetektoren steuert.

[0011] Weitere Ausführungsformen und Aspekte der Erfindung werden hierin im Detail beschrieben und als Teil der beanspruchten Erfindung betrachtet. Weitere Ausführungsformen und Aspekte können durch Bezugnahme auf die Beschreibung und die Zeichnungen erkannt werden.

### **Kurzbeschreibung der Figuren**

[0012] Es wird nun auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen, welche nicht notwendigerweise massstäblich gezeichnet sind und in welchen:

[0013] Fig. 1 einen veranschaulichenden optischen Sensor in Verbindung mit dem Flammenbereich eines Turbinenbrenners gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung darstellt;

[0014] Fig. 2 das Abbildungssystem des optischen Sensors gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung mit engem Sichtfeld darstellt, bei der die Linse so positioniert ist, dass sie Licht hauptsächlich aus nur einem Flammenbereich des Brenners sammelt;

[0015] Fig. 3 das Abbildungssystem des optischen Sensors gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung mit weitem Sichtfeld darstellt, bei der die Linse so positioniert ist, dass sie Licht aus mehreren Flammenbereichen des Brenners sammelt.

[0016] Fig. 4 ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zum Messen von Flammenverbrennungsparametern gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung zeigt.

### **Detaillierte Beschreibung der Erfindung**

[0017] Ausführungsformen der Erfindung werden hierin nachstehend detaillierter unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in welchen Ausführungsformen der Erfindung dargestellt sind. Diese Erfindung kann jedoch in vielen unterschiedlichen Formen ausgebildet sein und sollte nicht als auf die hierin dargestellten Ausführungsformen beschränkt betrachtet werden; stattdessen werden diese Ausführungsformen so bereitgestellt, dass diese Offenbarung sorgfältig und vollständig ist und den Schutzzumfang der Erfindung dem Fachmann auf diesem Gebiet vollständig vermittelt. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen durchgängig gleiche Elemente.

[0018] Eine Ausführungsform der Erfindung kann die Messung von Verbrennungsparametern in einem Turbinenbrenner ermöglichen, indem selektiv räumliche, zeitliche und/oder spektrale Lichtemissionen aus Brennerflammen der Brennkammer gemessen werden. Gemäss Ausführungsformen der Erfindung können die gemessenen Verbrennungsparameter wiederum dazu genutzt werden, um verschiedene Parameter des Brenners, einschliesslich, jedoch nicht darauf beschränkt, Brennstoffdurchsatzraten, Brennstoff/Luft-Verhältnisse und Brennstoffdurchflussverteilungen, zu steuern, um Stickoxidemissionen, dynamische Druckoszillationen und Brennstoffeffizienz zu optimieren.

[0019] Gemäss beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung können Chemilumineszenz-Emissionen aus einer oder mehreren Flammen in einem Brenner unter Verwendung optischer Detektoren überwacht werden. Die Lichtenergieemissionen können spektral gefiltert werden, um den Teilbeitrag der Gesamlichtemission aus spezifischen Anregungszustand-Spezies, wie z.B. OH\*, CH\*, C2\* und CO2\*, zu identifizieren. Verhältnisse dieser gemessenen Signale können mit dem Brennstoff/Luft-Verhältnis, der Wärmefreisetzungsrate und der Temperatur korreliert werden. Gemäss beispielhaften Ausführungsformen kann das zeitlich aufgelöste Ausgangssignal von optischen Detektoren analysiert werden, um instabile Phänomene in Verbindung mit der Verbrennung aufzudecken, und kann dazu genutzt werden, verbrennungsakustische Oszillationen (Verbrennungsdynamik), beginnendes Flammenerlöschen und eine Flammenverlöschung anzuzeigen. Zusätzlich können die Ausgangssignale als eine Rückkopplung zur Verwendung in einem Regelsystem mit geschlossener Regelschleife verwendet werden. Verschiedene Sensoroptionen und Konfigurationen für Verbrennungssteuerungsanwendungen gemäss Ausführungsformen der Erfindung werden nun unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben.

[0020] Fig. 1 stellt einen beispielhaften Rohrbrenner mit einem Flammensensor und ein Steuersystem 100 zur Steuerung von einem Gasturbinenbrenner zugeordneten Verbrennungsparametern gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung dar. Die Flammensensorkomponenten können angrenzend an den Rohrbrenner 102 platziert oder montiert sein und können selektiv die Lichtemission aus den Flammen 104 in dem Rohrbrenner 102 in der Nähe des Flammenbereiches 106 des Rohrbrenners 102 detektieren. Die Lichtemission aus wenigstens einem Teil der Brennerflammen 104 kann einen optischen Zugang 112 in der Seitenwand des Rohrbrenners 102 passieren und kann mittels einer oder mehrerer Linsen 114 fokussiert, abgebildet oder transformiert werden. Gemäss beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung können die eine oder die mehreren Linsen 114 beweglich sein, um das Sichtfeld des optischen Systems zu verändern, wie es nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 2 und 3 beschrieben wird.

[0021] Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung und unter weiterer Bezugnahme auf Fig. 1 kann eine Blende 130 benachbart zu der Linse 114 platziert sein, um die Intensität des Lichtes aus den Flammen 104 zu steuern. Die Blende 130 kann auch für die Einstellung der Tiefenschärfe des optischen Systems genutzt werden. Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung kann ein Teil des Spektrums des Lichtes aus den Brennerflammen 104 vor dem Erreichen des ersten optischen Detektors 122 durch ein erstes optisches Filter 118 gefiltert werden, um zur Identifizierung des Teilbeitrags der Gesamlichtemission aus den spezifischen Anregungsspezies beizutragen, die optische

Strahlung in Schmalbandabschnitten des optischen Spektrums erzeugen. Gemäss beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung kann der optische Detektor 122 hinsichtlich seiner Reaktion innerhalb interessierender Wellenlängenspektrenfenster ausgewählt werden. Beispielsweise kann ein Siliziumkarbid(SiC)-Photodetektor aufgrund seiner Empfindlichkeit für den Ultraviolettanteil des Wellenlängenspektrums ausgewählt werden und kann daher für die Messung der Emission aus dem OH\*-Radikal im Anregungszustand in dem 300 nm Wellenlängenbereich geeignet sein. Die OH\*-Emission kann ein primärer Indikator einer chemischen Reaktionsintensität (Wärmefreisetzung) sein, und daher können Wellenlängen in dem 300 nm Bereich zur Bestimmung der Gastemperatur verwendet werden. Gemäss einer weiteren Ausführungsform kann ein Silizium(Si)-Photodetektor verwendet werden, um die Emission aus chemischen Spezies in dem Spektrum von 400 bis 1000 nm, einschliesslich der von CH\* (etwa 430 nm) und C2\* (etwa 514 nm), verwendet werden. Es hat sich herausgestellt, dass diese Flammenradikale zur Wärmefreisetzung und zum lokalen Brennstoff/Luft-Verhältnis in vorge-mischten Flammen proportional sind.

**[0022]** Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung kann ein Strahlteiler 116 genutzt werden, um einen Teil der Lichtemission durch ein zweites optisches Filter 120 hindurch zu einem zweiten optischen Detektor 124 umzu-leiten. Die spektrale Durchlasskennlinie des ersten optischen Filters 118 und des zweiten optischen Filters 120 können so gewählt sein, dass Verhältnisse spezifischer Anregungszustand-Spezies mit erhöhter Genauigkeit gemessen werden können, während störende Hintergrundemissionen aus Anregungszustand-Spezies, die von geringerem Interesse sein können, teilweise eliminiert werden. Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform können das erste optische Filter 118 und das zweite optische Filter 120 austauschbar, fixiert oder abstimmbare sein. Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform können die Filter 118, 120 Schmalbandfilter sein. Fabry-Perot-Filter oder dichroitische optische Filter sind Beispiele von Filterarten, die für die Übertragung bestimmter Wellenlängenbänder unter gleichzeitiger Ab-schwächung oder Refle-xion von Wellenlängen ausserhalb des Bandes genutzt werden können.

**[0023]** In Fig. 1 sind auch die Detektorelektronik 126 und das Verbrennungssteuersystem 128 repräsentierende Blöcke dargestellt. Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform kann die Detektorelektronik 126 so betrieben werden, dass sie die Signale von den optischen Detektoren 122, 124 konditioniert, verstärkt, filtert und verarbeitet. Die Detektorelektronik 126 kann auch eine Steuerung für die Einstellung des Durchmessers der Blende 130 und/oder die Positionierung der Linse 114 liefern. Das Ausgangssignal aus der Detektorelektronik kann als ein Steuersignal für das Verbrennungssteuersystem 128 verwendet werden. Beispielsweise kann gemäss einer Ausführungsform der Erfindung das gemessene Verhältnis der CH/OH-Chemilumines-zenz (CH\*/OH\*) als ein Rückkopplungssignal in dem Verbrennungssteuersystem 128 verwendet werden und kann eine Steuerung zur dynamischen Einstellung des Brennstoff/Luft-Verhältnisses bereitstellen.

**[0024]** Fig. 2 stellt eine Endansicht einer Verbrennungszone und eine Flammenabbildung mit engem Sichtfeld und ein Sensorsystem 200 gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung dar. Zur Verdeutlichung sind der Strahl-teiler 116, der zweite optische Detektor 124 sowie das erste und zweite optische Filter 118, 120 aus dieser Figur wegge-lassen. Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform kann ein Teil der Lichtemission aus den Brennerflammen 104 auf die Oberfläche des optischen Detektors 122 abgebildet werden. In einer beispielhaften Ausführungsform kann das Flam-menobjekt 208 auf die Bildebene 204 abgebildet werden, um ein Flammenabbild 210 zu erzeugen. In einer beispielhaften Ausführungsform kann der optische Detektor 122 an der Bildebene 204 nur ein einziges Erfassungselement mit einer endlichen Erfassungsfläche aufweisen, und daher kann die optische Strahlung, die auf die Sensorfläche abgebildet wird, ein zu der integrierten Summe der gesamten auf den Detektor einfallenden optischen Energie proportionales Ausgangs-signal erzeugen. Gemäss der optischen Abbildungstheorie für dünne Linsen kann das Sichtfeld durch eine Kombination von Faktoren, die die Platzierung der Linse 114, die Breite des optischen Detektors 122, die Brennweite  $f$  202 der Linse 114, den Objektstand 212 und den Bildabstand 214 beinhalten, bestimmt werden. Die näherungsweise Beziehung zwi-schen dem Objektstand  $dD$  212, dem Abbildungsabstand  $dI$  214 und der Brennweite  $f$  der Linse kann als  $1/dD + 1/dI = 1/f$  ausgedrückt werden. Die Abbildungsvergrößerung kann als  $M = -dI/dD$  ausgedrückt werden, wobei das Minuszeichen anzeigt, dass die Abbildung in Bezug auf die optische Achse 216 umgekehrt ist.

**[0025]** Fig. 2 stellt eine beispielhafte Ausführungsform mit engem Sichtfeld dar, bei der eine Linse 114 mit einer Brenn-weite  $f$  202 in einer ersten Beispielposition in einem Abbildungsabstand 214 zu der Bildebene 204 platziert ist, bei der die Bildebene 204 mit der Oberfläche des optischen Detektors 122 zusammenfällt. In dieser Beispielkonfiguration erzeugt das auf der Objektebene 206 befindliche Flammenobjekt 208 eine Flammenabbildung 210 auf der Bildebene 204. Die darge-stellten Beispielkonfiguration ermöglicht auch einen Einfall eines kleinen Anteils des Lichtes von nicht-abgebildeten Bren-nerflammen 104 auf den optischen Detektor 122, aber der Grossteil des durch den Detektor erzeugten Ausgangssignals hängt von dem Anteil der abgebildeten Flamme 210 ab, der auf die aktive Fläche des Detektors fällt. In einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung kann der Detektor so einstellbar sein, dass er in der Lage ist, sich entlang der Bildebene zu bewegen, um die Auswahl von Bereichen unterschiedlicher Brennerflammen 104 zur Detektion zu ermöglichen.

**[0026]** Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung kann eine (nicht dargestellte) feste oder einstellbare Blende angrenzend an den Detektor platziert sein, um unerwünschte Anteile des Flammenabbildes 210 zu begrenzen, die ansonsten auf den optischen Detektor 122 einfallen könnten. Die feste oder einstellbare Blende kann sich parallel zu der Bildebene 204 bewegen, um selektiv Bereiche der Brennerflammenabbildung 210 für die Erfassung mit dem Detektor zu übertragen, um dadurch eine Alternative zu einer Bewegung des Detektors bereitzustellen, um die Auswahl von Bereichen unterschiedlicher Brennerflammen 104 zur Detektion zu ermöglichen. Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der

Erfindung können mehrere Detektoren in der Bildebene 204 genutzt werden, um gleichzeitig räumlich getrennte Bereiche der Brennerflammen 104 zu detektieren oder zu überwachen.

**[0027]** Fig. 3 stellt eine Endansicht einer Verbrennungszone und eine Flammenabbildung mit weitem Sichtfeld und ein Sensorsystem 300 gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung dar. Der Strahlteiler 116, der zweite optische Detektor 124 und das erste und zweite optische Filter 118, 120 sind zur Übersichtlichkeit aus dieser Figur weggelassen. In dieser beispielhaften Ausführungsform ist die bewegliche Linse 114 näher an dem optischen Detektor 122 und der Bildebene 204 im Vergleich zu der in Fig. 2 veranschaulichten Darstellung positioniert. Eine Folge der näheren Positionierung der beweglichen Linse 114 an dem optischen Detektor 122 ist, dass der Abstand zwischen der Bildebene 204 und der Objektebene 206 angenähert gemäss der Formel für dünne Linsen  $1/d_o + 1/d_i = 1/f$  zunehmen kann. Eine weitere Folge der näheren Positionierung der beweglichen Linse 114 an dem optischen Detektor 122 ist, dass die Grösse des Flammenabbilds 210 angenähert gemäss der Vergrösserung  $M = -d_i/d_o$  abnehmen kann. Daher kann abhängig von der Geometrie des Abbildungssystems, der Position der Linse 114 und der Fläche des optischen Detektors 122 die auf den optischen Detektor 122 einfallende Flammenabbildung 210 die Abbildung mehrerer Brennerflammenobjekte 208 aufweisen. Somit kann durch Verstellen der beweglichen Linse 114 zu dem Detektor hin das Abbildungssystem selektiv eine Lichtemission von mehreren Brennerflammen 104 (d.h., in der Ausführungsform mit weitem Sichtfeld gemäss Darstellung in Fig. 3) sammeln und abbilden. Umgekehrt kann durch Verstellen der beweglichen Linse 114 von dem Detektor weg das Abbildungssystem selektiv eine Lichtemission hauptsächlich von nur einer einzelnen Brennerflamme 104 (d.h., in der Ausführungsform mit engem Sichtfeld gemäss Darstellung in Fig. 2) sammeln und abbilden.

**[0028]** Gemäss beispielhaften Ausführungsformen können die optischen Detektoren 122, 124 so ausgewählt sein, dass sie ein- oder zweidimensionale Repräsentationen der primären Verbrennungsparameter messen. Beispielsweise können die optischen Detektoren 122, 124 statt nur eines einzigen Sensorelementes ein Array aufweisen. Folglich können die Arrays Flammenabbildungen über ein zweidimensionales Gitter, ähnlich dem eines digitalen Kamerasystems, erfassen. Beispiele derartiger Arrays können einschliesslich, jedoch nicht darauf beschränkt, ladungsgekoppelte Bauelemente (CCD), Arrays mit komplementären Metalloxydhalbleitern (CMOS-Arrays) und Arrays mit Indium-Gallium-Arsenid (InGaAs-Arrays) umfassen.

**[0029]** Ein beispielhaftes Verfahren zum Messen von Flammenparametern zur Verwendung bei der Steuerung von Verbrennungseigenschaften wird nun unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm 400 von Fig. 4 beschrieben. Beginnend in dem Block 402 und gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung kann wenigstens ein optischer Zugang oder Kanal, wie z.B. 112, in dem Körper des Turbinenrohrbrenners, wie z.B. 102, benachbart zu dem Flammenbereich, wie z.B. 106, bereitgestellt werden. Der optische Zugang kann aus hochtemperaturbeständigem, optisch transparentem Material, wie z.B. Quarz, Saphir oder anderen geeigneten Materialien mit geringem Verlust und einer Übertragungsbandbreite, die für die interessierenden Wellenlängen geeignet sind, aufgebaut sein. Lichtemissionen aus den Brennerflammen, wie z.B. 104, können durch den optischen Zugang 112 zu dem restlichen optischen System übertragen werden, welches sich ausserhalb des Rohrbrenners 102 befinden kann, wo eine Wärmeisolation, Kühlung usw. zum Schutz der Optik, Detektoren und zugeordneter Elektronik und Bauteile eingesetzt werden kann.

**[0030]** Im Block 404 kann gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung das optische System eine verstellbare Blende, wie z.B. 130, benachbart zu dem optischen Zugang, wie z.B. 112, aufweisen. Die verstellbare Blende 130 kann manuell eingestellt werden oder kann so motorbetrieben sein, dass der Durchmesser der Blendenöffnung elektronisch gesteuert werden kann, um den gesamten die optischen Detektoren, wie z.B. 122, 124, erreichenden Lichtstrom einzustellen. Die verstellbare Blende 130 kann auch dazu genutzt werden, eine Schärfentiefesteuerung für das optische Abbildungssystem bereitzustellen. Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform kann die verstellbare Blende 130 benachbart zu dem optischen Zugang 112 montiert sein. Das optische Abbildungssystem kann zusätzlich eine einstellbare oder bewegliche Linse, wie z.B. 114, oder ein Linsensystem benachbart zu der verstellbaren Blende 130, wenigstens einen optischen Detektor 122, der auf wenigstens einen Teil des interessierenden Emissionsspektrums der Brennerflamme, wie z.B. 104, anspricht, und wenigstens ein optisches Filter, wie z.B. 118, in dem optischen Pfad vor dem optischen Detektor 122 aufweisen und so betreibbar sein, dass es selektiv einen Teil des Emissionsspektrums der Brennerflamme 104 an den optischen Detektor 122 überträgt.

**[0031]** Der Entscheidungsblock 406 stellt zwei für das optische Abbildungssystem zur Verfügung stehende Einstellungen dar: weites und schmales Sichtfeld. Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform können die binären (weiten oder schmalen) Einstellungen erreicht werden, indem selektiv feste Linsen in die geeignete Position entlang des optischen Pfades eingeführt oder daraus entfernt werden. Jedoch kann gemäss einer weiteren beispielhaften Ausführungsform die Linse, wie z.B. 114, beweglich sein, und daher kann das Sichtfeld ebenfalls veränderbar sein und kann nach Wunsch auf jede Zwischeneinstellung zwischen der extrem weiten und engen Sichtfeldeinstellung eingestellt werden.

**[0032]** Im Block 408 kann das optische Abbildungssystem so eingestellt werden, dass es beispielsweise ein weites Sichtfeld aufweist, indem der Abstand zwischen der Linse, wie z.B. 114, und dem optischen Detektor, wie z.B. 122, angenähert auf die Brennweite  $f$  202 der Linse 114 (gemäss Darstellung in Fig. 3) eingestellt wird.

**[0033]** Im Block 410 kann das optische Abbildungssystem so eingestellt werden, dass es beispielsweise ein schmales Sichtfeld aufweist, indem der Abstand zwischen der Linse 114, und dem optischen Detektor 122 angenähert auf die doppelte Brennweite  $f$  202 der Linse 114 (gemäss Darstellung in Fig. 2) eingestellt wird. Physikalische Einschränkungen kön-

nen die tatsächliche Bewegung der Linse 114 einschränken, weshalb es sich verstehen dürfte, dass die Erfindung nicht auf die offenbaren spezifischen Ausführungsformen beschränkt ist und dass weitere Linsenverfahren gemäss Ausführungsformen der Erfindung angewendet werden können.

**[0034]** Block 412 zeigt an, dass eine zusätzliche ratiometrische Technik angewendet werden kann, um gleichzeitig zwei oder mehrere interessierende Wellenlängen zu messen und in Bezug zu setzen. Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform kann die ratiometrische Messtechnik durch Bereitstellen eines Strahlteilers 116, eines ersten optischen Filters 118, eines ersten optischen Detektors 122, eines zweiten optischen Filters 120 und eines zweiten optischen Detektors 124, wie in Fig. 1 veranschaulicht, erzielt werden. In einer beispielhaften Ausführungsform kann die ratiometrische Messung durch Verwenden des ersten optischen Filters 118 und des ersten optischen Detektors 122 zum selektiven Messen der Emissionsantwort von einer ersten angeregten Spezies (z.B. CH\* in der Nähe von 425 nm) und gleichzeitiges Messen der Antwort einer weiteren angeregten Spezies (z.B. OH\* in der Nähe von 310 nm) unter Verwendung des zweiten optischen Filters 120 und des zweiten optischen Detektors 124 erzielt werden. Die ratiometrische Messung kann beispielsweise erzielt werden, indem die Antwort von CH\* durch die Antwort von OH\* dividiert wird. Es hat sich gezeigt, dass das Verhältnis CH\*/OH\* mit dem Äquivalenzverhältnis (cp) in Beziehung steht, welches eine mit vielen Verbrennungseigenschaften in Beziehung stehende universelle Funktion ist. Ein weiterer Aspekt der ratiometrischen Messtechnik besteht darin, dass die für jeden Detektor gemeinsame Hintergrundstrahlung eliminiert und dadurch das Signal/Rausch-Verhältnis erhöht werden kann.

**[0035]** Im Block 414 und gemäss einer beispielhaften Ausführungsform können die Eigenschaften der Verbrennungsflammen gemessen werden. Die Eigenschaften können die Emissionsspektren, zeitliche Störungen, Flammenabbildungen oder eine Kombination dieser Eigenschaften aufweisen. Eine Messung kann sowohl spektrale als auch zeitlich variierende Informationen enthalten. Beispielsweise können Teile der Flammenemissionsspektren durch Filterung ausgewählt werden, und die gefilterte Emission kann auf einen oder mehrere optische Detektoren 122, 124 einfallen, um ein zeitlich variierendes Signal zu erzeugen, das im Block 416 zur Extraktion von Verbrennungsparametern aus den Messungen genutzt werden kann. Die extrahierten Verbrennungsparameter können im Block 418 genutzt werden, um die Verbrennungseigenschaften unter Anwendung weiterer Verfahren gemäss Ausführungsformen der Erfindung zu steuern und zu optimieren. Beispielsweise können die extrahierten Verbrennungsparameter in einem Regelkreis mit Rückkopplung zum Einstellen des Brennstofflusses, des Brennstoff/Luft-Verhältnisses, der Brennstoffverteilung zwischen den Brennern usw. verwendet werden.

**[0036]** Es werden viele Modifikationen und weitere Ausführungsformen der Erfindung dem Fachmann auf diesem Gebiet, an welchen sich diese Erfindung richtet, mit dem Vorteil der in den vorstehenden Beschreibungen und den beigefügten Zeichnungen präsentierten Lehren in den Sinn kommen. Daher ist es zu verstehen, dass die Erfindung nicht auf die offenbaren spezifischen Ausführungsformen beschränkt ist und dass Modifikationen und weitere Ausführungsformen innerhalb des Schutzzumfangs der beigefügten Ansprüche enthalten sein sollen. Obwohl hierin spezifische Begriffe verwendet werden, werden sie nur in einem allgemeinen und beschreibenden Sinne und nicht für die Zwecke einer Einschränkung verwendet.

**[0037]** Bestimmte Ausführungsformen der Erfindung können Systeme und Verfahren zur Bereitstellung optischer Sensoren zur Verbrennungssteuerung beinhalten. Gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung ist ein Verfahren zum Steuern von Verbrennungsparametern, die mit einem Gasturbinenbrenner 102 in Verbindung stehen, geschaffen. Das Verfahren kann eine Bereitstellung wenigstens eines an einen Flammenbereich 106 in dem Brenner 102 angrenzenden optischen Pfades, eine Detektion wenigstens eines Teils der Lichtemission aus dem Flammenbereich 106 in dem wenigstens einen optischen Pfad und eine Steuerung von wenigstens einem der Verbrennungsparameter basierend zum Teil auf der detektierten Lichtemission beinhalten.

### Bezugszeichenliste

#### **[0038]**

- 100 Rohrbrenner mit einem Flammensensor und Steuersystem
- 102 Rohrbrenner
- 104 Flammen
- 106 Flammenbereich
- 112 optischer Zugang
- 114 Linse
- 116 Strahlteiler
- 118 erstes optisches Filter
- 120 zweites optisches Filter

- 122 erster optischer Detektor
- 124 zweiter optischer Detektor
- 126 Detektorelektronik
- 128 VerbrennungssteuerungsSystem
- 130 Blende
- 200 Flammenabbildung mit schmalen Sichtfeld und Sensorsystem
- 202 Linsenbrennweite
- 204 Bildebene
- 206 Objektebene
- 208 Flammenobjekt
- 210 Flammenabbild(ung)
- 212 Objektabstand
- 214 Bildabstand
- 216 optische Achse
- 300 Flammenabbildung mit weitem Sichtfeld und Sensorsystem

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern von Verbrennungsparametern in Verbindung mit einem Gasturbinenbrenner (102), wobei das Verfahren die Schritte aufweist:  
Bereitstellen wenigstens eines an einen Flammenbereich (106) in dem Brenner (102) angrenzenden optischen Pfades;  
Detektieren wenigstens eines Teils der Lichtemission aus dem Flammenbereich (106) in dem wenigstens einen optischen Pfad; und  
Steuern wenigstens eines der Verbrennungsparameter basierend zum Teil auf der detektierten Lichtemission.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Detektion wenigstens eines Teils der Lichtemission aus dem Flammenbereich (106) in dem wenigstens einen optischen Pfad den Schritt der selektiven Filterung der Lichtemission aufweist, um der Lichtemission zugeordnete spektrale Information zu isolieren.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt der Bereitstellung wenigstens eines an einen Flammenbereich (106) in dem Brenner (102) angrenzenden optischen Pfades den Schritt der Bereitstellung einer Linse (114) aufweist, die so betrieben werden kann, dass sie wenigstens einen Teil der Lichtemission aus dem Flammenbereich (106) abbildet.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der Schritt der Bereitstellung wenigstens eines an einen Flammenbereich (106) in dem Brenner (102) angrenzenden optischen Pfades den Schritt der Bereitstellung einer Linse (114) aufweist, die so betrieben werden kann, dass sie wenigstens ein dem optischen Pfad zugeordnetes Sichtfeld variabel einstellt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt der Detektion wenigstens eines Teils der Lichtemission aus dem Flammenbereich (106) in dem wenigstens einen optischen Pfad den Schritt der Filterung wenigstens eines Teils des Lichtes mit einem ersten Filter (118) und den Schritt der Detektion wenigstens eines Teils des ersten gefilterten Lichtes mit wenigstens einem ersten Photodetektor (122) aufweist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der Schritt der Detektion wenigstens eines Teils der Lichtemission aus dem Flammenbereich (106) in dem wenigstens einen optischen Pfad den Schritt der Filterung wenigstens eines Teils des Lichtes mit einem zweiten Filter (120) und den Schritt der Detektion wenigstens eines Teils des zweiten gefilterten Lichtes mit wenigstens einem zweiten Photodetektor (124) aufweist, wobei sich das zweite Filter (120) von dem ersten Filter (118) unterscheidet.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Schritt der Steuerung wenigstens eines der Verbrennungsparameter wenigstens teilweise auf Signalen aus dem wenigstens einen ersten Photodetektor (122) und dem wenigstens einen zweiten Photodetektor (124) basiert.
8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt der Steuerung wenigstens eines von den Verbrennungsparametern basierend zum Teil auf der detektierten Lichtemission den Schritt der Steuerung von wenigstens einem von einer

Brennstoff durchsatzrate, Brennstoffstromverteilung, Luft/Brennstoff-Verhältnis, Verbrennungsflammenoszillationen, Verbrennungsflammeerlöschung, Wärmefreisetzungsverhältnis oder Flammentemperatur aufweist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt der Bereitstellung wenigstens eines an einen Flammenbereich (106) in dem Brenner (102) angrenzenden optischen Pfades den Schritt der Bereitstellung eines Strahlteilers (116) aufweist, um optische Pfade räumlich zu trennen.
10. System zur Steuerung von einem Gasturbinenbrenner zugeordneten Verbrennungsparametern (102), wobei das System aufweist:
  - wenigstens einen an einen Flammenbereich (106) in dem Brenner angrenzenden optischen Zugang (112);
  - einen oder mehrere Photodetektoren (122, 124) in Verbindung mit dem wenigstens einen optischen Zugang (112), die so betrieben werden können, dass sie wenigstens einen Teil der Lichtemission aus dem Flammenbereich (106) detektieren; und
  - wenigstens eine Steuervorrichtung (128), die so betrieben werden kann, dass sie einen oder mehrere Verbrennungsparameter basierend wenigstens zum Teil auf einem oder mehreren Signalen von dem einen oder den mehreren Photodetektoren (122, 124) steuert.
11. System nach Anspruch 10, ferner aufweisend:
  - ein oder mehrere optische Filter (120, 122), die so betrieben werden können, dass sie der Lichtemission zugeordnete spektrale Informationen isolieren.
12. System nach Anspruch 10, ferner aufweisend:
  - wenigstens eine Linse (114), die funktionsfähig ist, um wenigstens einen Teil der Lichtemission aus dem Flammenbereich (106) abzubilden.
13. System nach Anspruch 12, wobei die wenigstens eine Linse (114) eine bewegbare Linse (114) aufweist, die so betrieben werden kann, dass sie wenigstens ein Sichtfeld in Verbindung mit dem optischen Pfad variabel einstellt.
14. System nach Anspruch 10, ferner aufweisend;
  - wenigstens ein erstes optisches Filter (118), wobei das wenigstens eine erste optische Filter (118) mit dem wenigstens einen ersten Photodetektor (122) in Verbindung steht.
15. System nach Anspruch 14, ferner aufweisend;
  - wenigstens ein zweites optisches Filter (120), wobei das wenigstens eine zweite optische Filter (120) mit dem wenigstens einen zweiten Photodetektor (124) in Verbindung steht.
16. System nach Anspruch 15, wobei die wenigstens eine Steuervorrichtung (128) so betrieben werden kann, dass sie den einen oder die mehreren Verbrennungsparameter basierend wenigstens zum Teil auf Signalen von dem wenigstens einen ersten Photodetektor (122) und dem wenigstens einen zweiten Photodetektor (124) steuert.
17. System nach Anspruch 10, wobei die wenigstens eine Steuervorrichtung (128), die zur Steuerung eines oder mehrerer Betriebsparameter betrieben werden kann, sich derart betreiben lässt, dass sie wenigstens eine Grösse von einer Brennstoffdurchsatzrate, Brennstoffstromverteilung, einem Luft/Brennstoff-Verhältnis, Verbrennungsflammenoszillationen, einer Verbrennungsflammeerlöschung, einem Wärmefreisetzungsverhältnis und/oder einer Flammentemperatur steuert.
18. System nach Anspruch 10, ferner aufweisend:
  - wenigstens einen Strahlteiler (116), der so betrieben werden kann, dass er die Lichtemission aus dem Flammenbereich (106) räumlich trennt.
19. System nach Anspruch 10, wobei der eine oder die mehreren Photodetektoren (122, 124) wenigstens auf einen Teil des ultravioletten Spektrums ansprechen.
20. Gasturbine, aufweisend: einen Brenner (102) wenigstens einen an einen Flammenbereich (106) in dem Brenner (102) angrenzenden optischen Zugang (112);
  - einen oder mehrere Photodetektoren (122, 124) in Verbindung mit dem wenigstens einen optischen Zugang (112), die so betrieben werden können, dass sie wenigstens einen Teil einer Lichtemission aus dem Flammenbereich (106) detektieren; und
  - wenigstens eine Steuervorrichtung (128), die so betrieben werden kann, dass sie einen oder mehrere Verbrennungsparameter wenigstens zum Teil auf der Basis von einem oder mehreren Signalen von dem einen oder den mehreren Photodetektoren (122, 124) steuert.

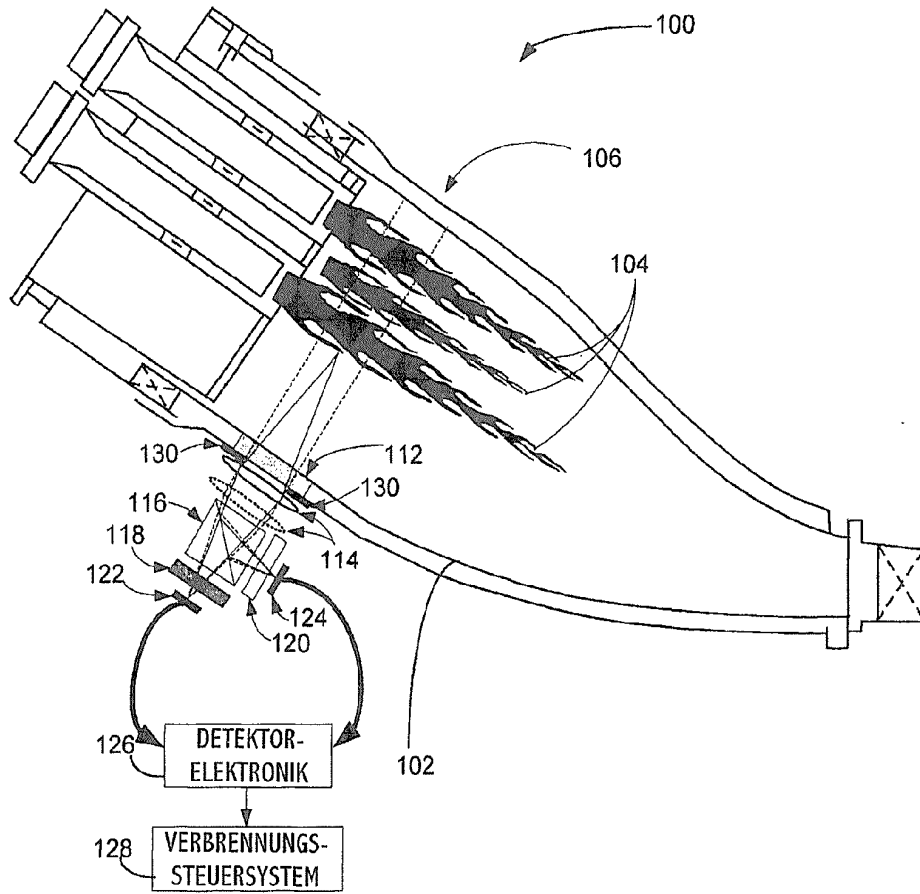


FIG. 1

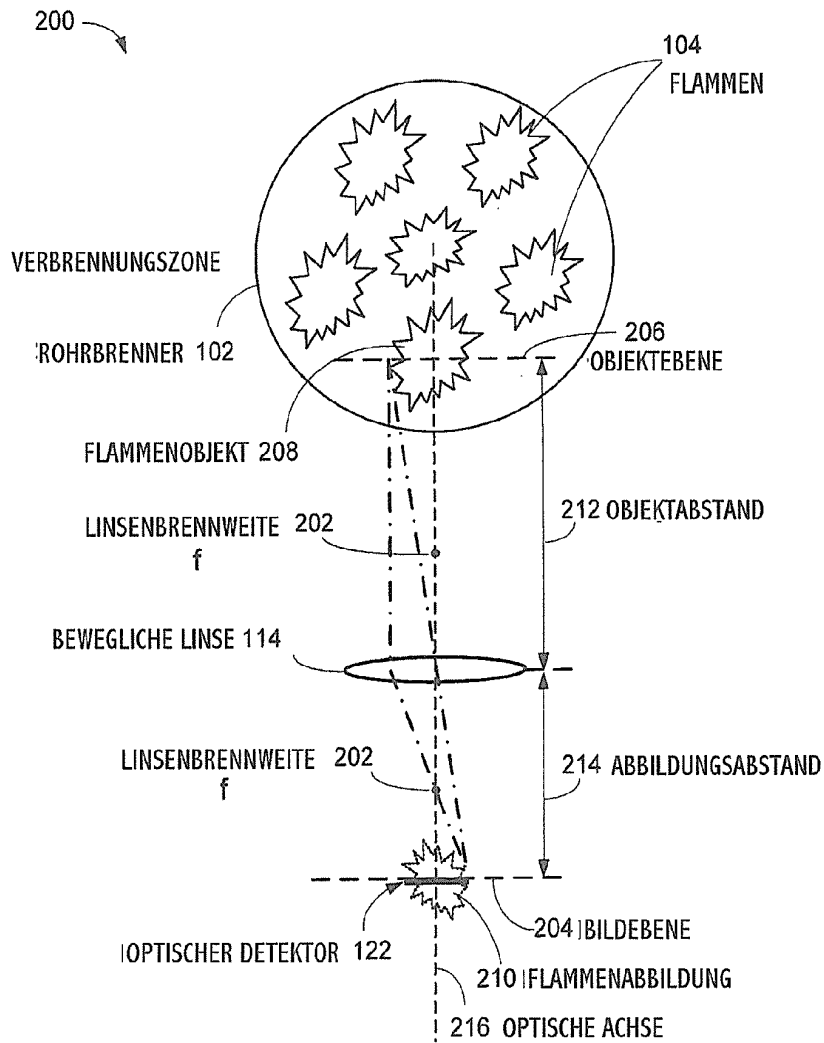


FIG. 2

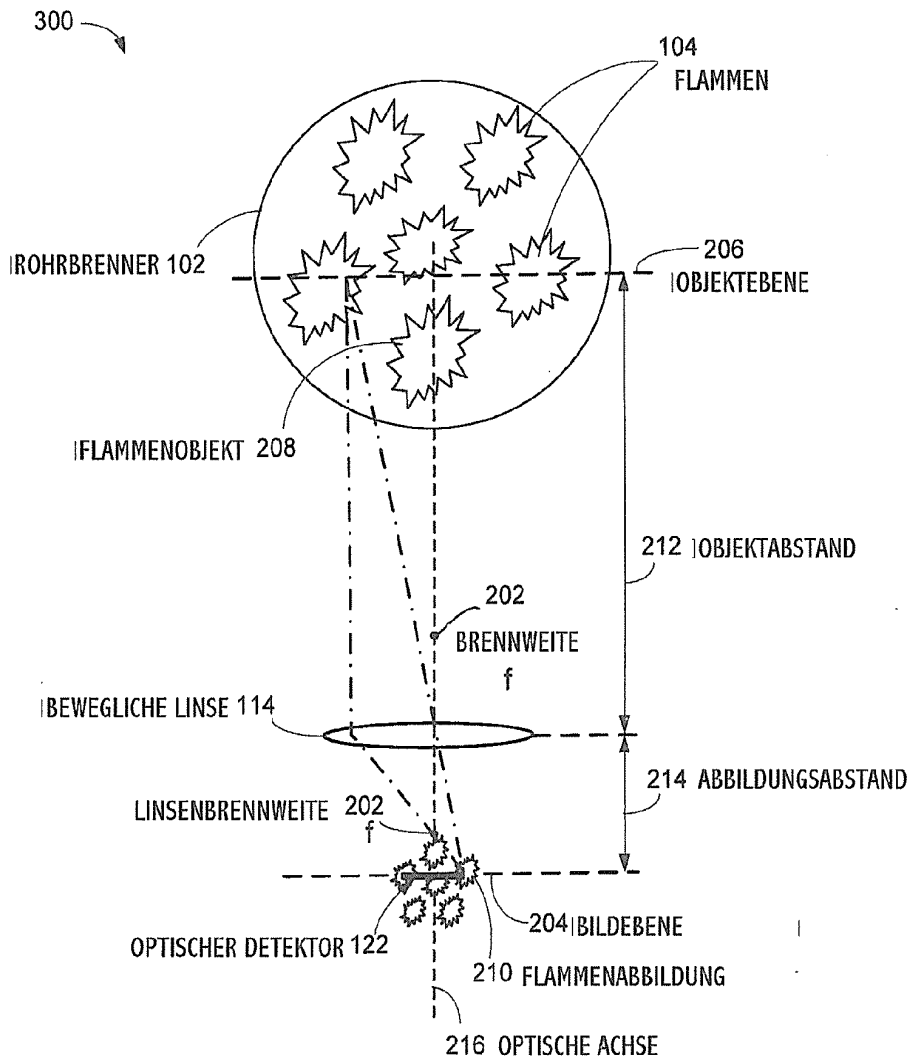


FIG. 3

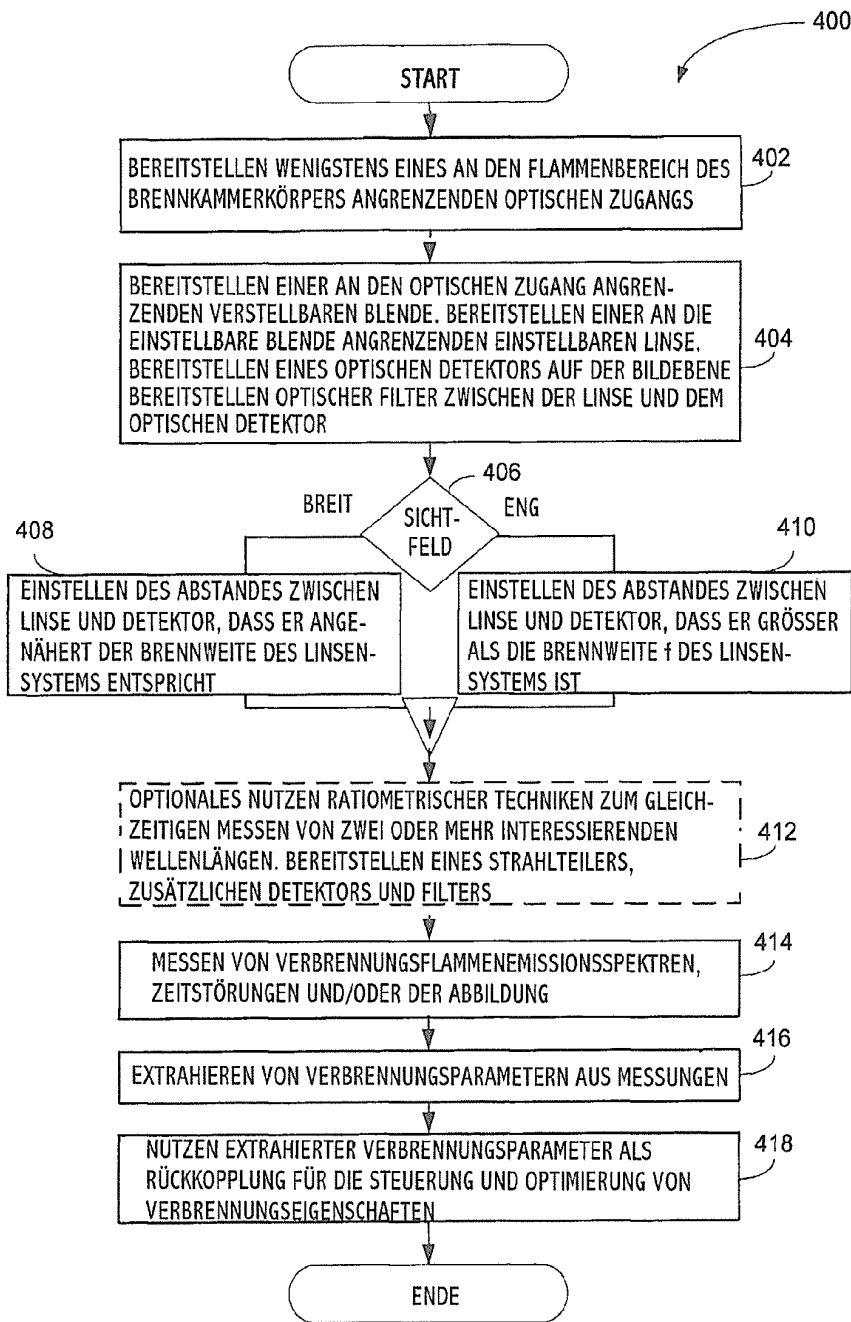


FIG. 4