

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 1859/2007**

(51) Int. Cl.⁸: **G01M 15/04** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **15.11.2007**

(43) Veröffentlicht am: **15.12.2008**

(30) Priorität:

06.12.2006 DE 102006057783
beansprucht.

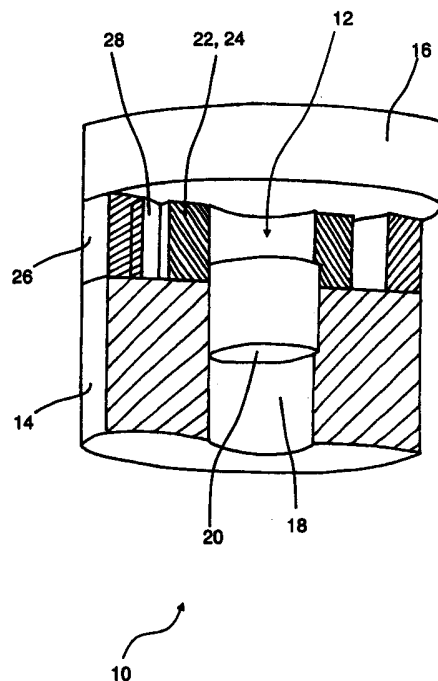
(73) Patentinhaber:

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
D-80333 MÜNCHEN (DE)

(54) **ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR OPTISCHEN ÜBERWACHUNG EINES DRUCK-
RAUMS BZW. EINER BRENNKAMMER**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur optischen Überwachung eines Druckraums bzw. einer Brennkammer, insbesondere Fensteranordnung in bzw. an einer Brennraumwand, die einen optisch transparenten Bereich aufweist, dessen innere Oberfläche einen Teil der Brennraumwand bildet. Die äußere Oberfläche des optisch transparenten Bereichs (22) ist Bestandteil einer mit Druckfluid gefüllten Druckkammer (28).

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur optischen Überwachung eines Druckraums bzw. einer Brennkammer mit einer Fensteranordnung in bzw. an einer Brennraumwand, die einen optisch transparenten Bereich aufweist, dessen innere Oberfläche einen Teil der Brennraumwand bildet. Bei dem Verfahren wird die äußere Oberfläche des optisch transparenten Bereichs (22) als Bestandteil einer Druckkammer (28) mit Überdruck beaufschlagt, der dem im Druckraum bzw. in der Brennkammer (12) wirkenden Prozessdruck entgegen wirkt.





Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur optischen Überwachung eines Druckraums bzw. einer Brennkammer, insbesondere Fensteranordnung in bzw.
5 an einer Brennraumwandung, die einen optisch transparenten Bereich aufweist, dessen innere Oberfläche einen Teil der Brennraumwand bildet. Die äußere Oberfläche des optisch transparenten Bereichs (22) ist Bestandteil einer mit Druckfluid gefüllten Druckkammer (28).

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur optischen Überwachung eines
10 Druckraums bzw. einer Brennkammer mit einer Fensteranordnung in bzw. an einer Brennraumwandung, die einen optisch transparenten Bereich aufweist, dessen innere Oberfläche einen Teil der Brennraumwand bildet. Bei dem Verfahren wird die äußere Oberfläche des optisch transparenten Bereichs (22) als Bestandteil einer Druckkammer (28) mit Überdruck beaufschlagt, der dem im Druckraum bzw. in der Brennkammer
15 (12) wirkenden Prozessdruck entgegen wirkt.

(Fig. 1)

(1)

Anordnung und Verfahren zur optischen Überwachung eines Druckraums bzw. einer Brennkammer

5

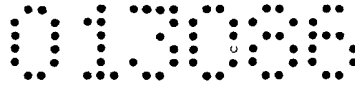
Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur optischen Überwachung eines Druckraums bzw. einer Brennkammer mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur optischen Überwachung eines Druckraums bzw. einer Brennkammer mit einer Fensteranordnung in bzw. an einer Brennraumwandung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Verfahrensanspruchs.

Für die Optimierung von unter hohem Druck ablaufenden Prozessen ist in vielen Fällen eine optische Überwachung unumgänglich. Dies betrifft insbesondere die Optimierung von motorischen Verbrennungsprozessen und chemischen Reaktionen, die zur Überwachung und Kontrolle optisch zugänglich gemacht werden müssen. Die optische Überwachung wird jedoch dadurch erschwert, dass die unter hohem Druck ablaufenden Prozesse in der Regel in einem Druckbehälter oder in einem Brennraum stattfinden. An die Dimensionierung und Festigkeit der Druckbehälter und Brennräume werden hohe Anforderungen gestellt, da diese durch die im Inneren vorherrschenden hohen Druckkräfte erheblich belastet werden.

Stand der Technik

Um einen Hochdruckprozess optisch zugänglich zu machen, muss zumindest ein Teil der Wandung des Druckbehälters bzw. Brennraums aus einem optisch durchlässigen Medium ausgeführt sein. Hierdurch entsteht ein sog. „optisch zugänglicher Druckbehälter“ bzw. ein „optisch zugänglicher Brennraum“. Zur Anwendung kommt hierfür meist Quarzglas, das aus reinstem Siliziumdioxid besteht. Eine derartige Fensteranordnung an einer Brennraumwand geht bspw. aus der DE 43 20 943 A1 hervor. Die Festigkeit der optisch durchlässigen Abschnitte der Behälterwandung stellt eine



Obergrenze für den Druck des zu beobachtenden Prozesses dar. Viele Prozesse können aufgrund des zu hohen herrschenden Druckes mit bekannten Vorrichtungen nicht sinnvoll optisch zugänglich gemacht werden.

5 Eine technische Alternative zu den fensterähnlichen Wandabschnitten sind optische Schnittstellen zu Brennräumen und Druckkammern, die Faseroptiken aufweisen. Eine solche optische Brennraumsonde für Brennkraftmaschinen ist bspw. aus der DE 30 39 879 A1 bekannt. Hierbei münden einzelne Lichtleitfasern oder auch Bündel aus mehreren Lichtleitfasern in den zu beobachtenden Raum und leiten die optischen Erscheinungen zu räumlich entfernten Sensoren. Derartige Systeme genügen jedoch
10 oftmals nicht den gestellten Anforderungen an eine umfassende Überwachung und Beobachtung größerer Bereiche des Druckraums bzw. der Brennkammer, da keine beliebig große Anzahl von Mündungsstellen der Fasern realisiert werden kann. Weiterhin besteht bei derartigen Systemen zwar weniger das Problem der mangelnden Druckfestigkeit der Fasern selbst, doch müssen die Mündungsstellen der Fasern bzw.
15 Faserbündel den im Brenn- oder Druckraum herrschenden Drücken standhalten können, so dass an die Abdichtungen erhebliche Anforderungen gestellt werden.

Anordnungen mit optischen Sonden zur Erfassung von Verbrennungsvorgängen sind in unterschiedlichen Ausführungsformen bekannt, bspw. aus den Dokumenten DE 44 02 310 A1, DE 198 23 594 A1, DE 100 63 045 A1 und DE 10 2005 043 963
20 A1. Gemeinsam ist diesen bekannten Sonden jedoch der begrenzte Überwachungsbereich aufgrund der geringen Baugröße der in den Brennraum ragenden Optik.

Aufgabenstellung

Ein Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Anordnung sowie ein
25 Verfahren zur optischen Überwachung von Druckkammern und Brennräumen zur Verfügung zu stellen, die eine Untersuchung bei typischerweise im Betrieb auftretenden Drücken und Temperaturen ermöglichen.

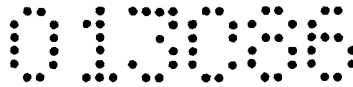
Dieses Ziel der Erfindung wird mit den Gegenständen der unabhängigen Ansprüche erreicht. Merkmale vorteilhafter Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich
30 aus den jeweiligen abhängigen Ansprüchen.



Eine Anordnung zur optischen Überwachung eines Druckraums bzw. einer Brennkammer mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 kann insbesondere eine Fensteranordnung in bzw. an einer Brennraumwandung sein, die einen optisch transparenten Bereich aufweist, dessen innere Oberfläche einen Teil der Brennraumwand bildet. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die äußere Oberfläche des optisch transparenten Bereichs Bestandteil einer mit Druckfluid gefüllten Druckkammer ist. Der optisch transparente Bereich kann insbesondere ein Fenster oder ein Ring aus Mineralglas, insbesondere aus druckfestem Quarzglas sein, dessen äußere Mantelfläche Teil einer Druckkammer ist, die vorzugsweise derart mit Druck beaufschlagt wird, dass der in der Druckkammer bzw. im Brennraum herrschende Überdruck zumindest teilweise kompensiert wird.

Während bekannte Fensteranordnungen einen transparenten Ring, bspw. aus Quarzglas o. dgl. aufweisen, auf dessen Außenseite der Umgebungsdruck wirkt, ist bei der erfindungsgemäßen Anordnung vorgesehen, dass der transparente Ring mit höherem Druck beaufschlagt wird. Der bei den zu überwachenden Prozessen bzw. während der Verbrennung auftretende hohe Druck wirkt auf die Innenfläche des Glases. Die Druckdifferenz aus dem Innendruck im Brennraum und dem Umgebungsdruck stellt die das Glas maßgeblich belastende Größe dar. Sie führt bei den bekannten Anordnungen zu hohen Zugspannungen im Glas, so dass die Wandstärke des Glases stark genug bemessen werden muss, damit die sich aus der Druckdifferenz ergebenden Spannungen das Glas nicht schädigen oder zerstören. Die typische Druckfestigkeit von Mineralglas liegt in einem Bereich von ca. 1150 N/mm^2 und ist deutlich höher als die Zugfestigkeit, die in einem Bereich von ca. 50 N/mm^2 liegt. Darüber hinaus ist Glas sehr kerbempfindlich. Bereits nicht mit dem bloßen Auge erkennbare Mikrokerben, die z.B. auf der Oberfläche des Glases vorhanden sind, können die ertragbaren Zugspannungen auf Größenordnungen von $5 \dots 10 \text{ N/mm}^2$ absenken. Diese nicht sichtbaren Mikrokerben müssen bei der Dimensionierung des Glases berücksichtigt werden.

Diese gegebenen Materialwerte des Glases erlauben bei Verbrennungsräumen, die mit herkömmlichen transparenten Bereichen aus Mineralglas versehen sind, Prozessdrücke von ca. 80 bis max. 100 bar im Brennraum, da das Glas höheren Drücken nicht Stand halten könnte, sofern die äußere Mantelfläche der transparenten Bereiche mit Umgebungsdruck beaufschlagt ist. Zudem erfordern die auftretenden hohen Prozessdrücke dickwandige Gläser, die durch die Lichtbrechung das Bild des ablauf-

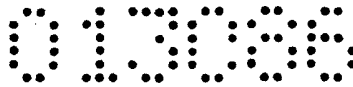


fenden Prozesses verzerren. Zur Entzerrung des gebrochenen Bildes sind wiederum aufwändige optische Einrichtungen notwendig.

Die Erfindung löst die skizzierten Probleme, indem durch die äußere Druckbeaufschlagung der transparenten Bereiche aus Mineralglas oder anderen optisch durchlässigen Materialien die auf das Glas wirkenden Zugspannungen erheblich reduziert werden, so dass auch Versuchs- und Überwachungsanordnungen ermöglicht werden, die den typischerweise bei ottomotorischen Verbrennungen auftretenden Spitzendrücken von derzeit bis zu 120 bar als auch den typischerweise bei dieselmotorischen Verbrennungen auftretenden Spitzendrücken von derzeit ca. 200 bis 250 bar standhalten können.

Eine Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass die Druckkammer der Anordnung wenigstens eine weitere Umhüllung umfasst, welche die Druckkammer und den optisch transparenten Bereich der Brennraumwand umschließt. In der wenigstens einen Umhüllung der Druckkammer ist vorzugsweise wenigstens ein optisch transparenter Bereich vorgesehen, der sich zumindest teilweise mit dem optisch transparenten Bereich der Druckkammer überdeckt. Der an den Brennraum grenzende transparente Bereich kann bspw. ein hohlzylindrischer Glasring aus Quarzglas o. dgl. sein, der konzentrisch von einem weiteren hohlzylindrischen Glasring umschlossen ist, der die äußere Begrenzung der Druckkammer bildet. Durch Druckbeaufschlagung des zwischen den beiden Ringen befindlichen Raumes auf einen geeigneten Vorspanndruck können wesentlich höhere Prozessdrücke realisiert werden, ohne dass die Glasscheiben der transparenten Bereiche einem unzulässig hohen Druck ausgesetzt werden.

Für die optisch transparenten Bereiche der Brennkammer kann vorzugsweise Mineralglas, insbesondere Quarzglas eingesetzt werden, da dieses Material günstige optische Eigenschaften und gleichzeitig die erforderlichen mechanischen Festigkeitswerte sowie eine ausreichende Temperaturbeständigkeit aufweist. Der optisch transparente Bereich der Druckkammer kann wahlweise als umlaufender Ring der Brennraummantelfläche ausgebildet sein. Alternativ kann der transparente Bereich nur einen Teilumfang der Brennkammer bzw. des Druckraums überdecken und bspw. als Fenster in einem metallischen Ring ausgebildet sein.

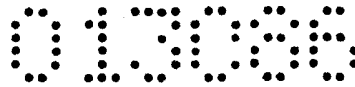


Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann auch die äußere Umhüllung der Druckkammer als umlaufender Ring ausgebildet sein, der zumindest abschnittsweise auf gleicher Höhe mit dem umlaufenden Ring der Brennraummantelfläche angeordnet ist. Wie der innere Ring weist vorzugsweise auch die äußere Umhüllung der Druckkammer Mineralglas auf und ist optisch transparent.

In dem beliebig kleinen Druckraum zwischen den beiden konzentrischen Ringen befindet sich ein Druckfluid, dessen optische Eigenschaften zu berücksichtigen sind. In einer einfachen Ausgestaltung kann als Druckmedium Druckluft verwendet werden. Der Druck zwischen den zumindest teilweise optisch transparenten Ringen wirkt als Vorspanndruck und stützt den inneren Glasring, indem auf dessen Außenmantelfläche eine Druckkraft erzeugt wird. Damit werden die kritischen, durch den Prozessdruck im Druck- bzw. Brennraum erzeugten Zugspannungen in dem Glasring erheblich gesenkt. Der Vorspanndruck kann mit dem Prozessdruck variiert werden, um jederzeit eine optimale Stützwirkung für den inneren Glasring zu erzeugen. In der Praxis wird der Vorspanndruck jedoch konstant gewählt werden, da die Prozessdrücke im zu beobachtenden Raum sehr schnell um sehr hohe Werte schwanken.

Die den inneren Ring belastende Druckdifferenz ist bei der erfindungsgemäßen Anordnung lediglich noch die Differenz aus dem Prozessdruck und dem eingestellten Vorspanndruck. Der Vorspanndruck ist in einem weiten Bereich lediglich durch die Dimensionierung des äußeren Ringes begrenzt.

Wenn die ursprünglichen Dimensionen der Versuchsanordnung beibehalten werden sollen, kann als Forderung aufgestellt werden, dass der äußere Glasring nicht dickwandiger wird als ein Glasring bei einer Vorrichtung mit nur einem Glasring. In diesem Fall wird der Vorspanndruck im Optimum so groß gewählt wie der maximal untersuchbare Prozessdruck bei der herkömmlichen Variante mit nur einem Glasring. Unter dieser Voraussetzung ergibt sich ein Vorspanndruck von 100 bar. Für diesen gewählten optimalen Vorspanndruck von 100 bar muss der äußere Ring der Druckdifferenz zwischen dem eingestellten Vorspanndruck und dem Umgebungsdruck standhalten. Diese Druckdifferenz beträgt 100 bar. Der innere Ring muss lediglich der Druckdifferenz aus Prozessdruck und Vorspanndruck standhalten. Bei gleicher Wandstärke der Glasringe verträgt der innere Ring somit eine Druckdifferenz zwischen Innen- und Außenfläche von 100 bar. Somit ergibt sich bei einem Vorspanndruck von 100 bar ein



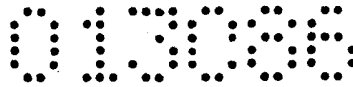
möglicher Prozessdruck von 200 bar. Dies entspricht einer Verdoppelung des maximal möglichen Prozessdrucks gegenüber den bisher bekannten Versuchs- und Überwachungsanordnungen mit nur einem transparenten Ring. Damit wird auch die Untersuchung von dieselmotorischen Verbrennungsvorgängen bis hin zu den hierbei typischen Vollastdrücken von über 200 bar möglich.

In den Zeitintervallen, in denen der Prozessdruck niedrig ist, wird der innere Ring maßgeblich durch den Vorspanndruck belastet, der an der Außenmantelfläche des Rings anliegt. Es kommt hierbei maßgeblich zu Druckspannungen in dem inneren Glasring, auf die das Glas jedoch aufgrund seiner hohen Druckfestigkeit, die ungefähr dem 30-fachen Wert der Zugfestigkeit entspricht, sehr unempfindlich reagiert.

In einer alternativen Ausgestaltung kann die äußere Umhüllung der Druckkammer aus einem nicht transparenten Ring, bspw. aus einem Metallring gebildet sein, der wenigstens ein optisch transparentes Fenster mit Mineralglas aufweist. Dieses Fenster im Metallring weist vorzugsweise eine plane Oberfläche auf, so dass keine optischen Verzerrungen kompensiert werden müssen. Die Verwendung eines Stahlrings mit einem Fenster oder mit mehreren Fenstern erlaubt es, mit Druckdifferenzen zu arbeiten, die weit mehr als 200 bar zwischen den Fensterseiten betragen können. Eine Erhöhung der Wandstärke des Fensters bzw. der Fenster aus Mineralglas bzw. aus Quarzglas führt zu keiner Reduzierung der optischen Qualität der Vorrichtung, da bei einer planparallelen Glasplattenform des Fensters und bei hierzu senkrecht verlaufender optischer Achse keine Lichtbrechungseffekte auftreten.

Dem gegenüber wäre die Einbringung eines Glasfensters in einen Stahlzylinder einer Verbrennungskraftmaschine zur Erzielung einer optischen Zugänglichkeit gemäß bekanntem Stand der Technik mit weitaus höherem Fertigungsaufwand verbunden, da das Fenster in die zylindrische Lauffläche des Brennraums eingebracht werden müsste. Dagegen verbindet die erfindungsgemäße Variante die Vorteile einer hervorragend zylindrisch geformten Innenwandung mit den möglichen Vorspanndrücken von weit mehr als 200 bar, die eine optische Zugänglichkeit von Prozessen bei Drücken von weit mehr als 300 bar erlaubt.

Neben den erwähnten Anordnungen mit einem Druckraum zwischen zwei konzentrisch angeordneten Glas- und/oder Metallringen sind Varianten möglich und sinnvoll, die mehrere konzentrisch angeordnete Druckräume aufweisen, die jeweils den



optisch transparenten Bereich der Brennraumwand konzentrisch umgeben. Vorzugsweise weisen die konzentrisch angeordneten Druckkammern jeweils verschiedene Vorspanndrücke auf, wobei der Vorspanndruck von der inneren Druckkammer zu der wenigstens einen weiteren äußeren Druckkammer hin abnimmt. Die Ringe können jeweils wahlweise aus Glas und/oder Metall bestehen, wobei der innere Ring, dessen Innenmantelfläche einen Teil der zylindrischen Brennraumwand bildet, sinnvollerweise aus Glas besteht, während die äußeren Ringe jeweils aus Metall gefertigt sein und jeweils wenigstens ein Fenster aus Glas aufweisen können. Mit einer solchen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung können wiederum höhere Prozessdrücke optisch überwacht werden. So ermöglicht eine derartige mehrstufige Druckvorspannung die optische Überwachung von Hochdruckprozessen, die bei Drücken von weit über 300 bar ablaufen. Somit kann sowohl die ottomotorische als auch die dieselmotorische Verbrennung bei Volllast - d.h., bei maximalem Motordrehmoment - optisch untersucht werden. Bei sinnvoller Wahl des jeweiligen Vorspanndrucks, der vorzugsweise ungefähr beim halben Wert des maximalen Prozessdrucks liegt, sinken die Wandstärken der verwendeten Ringe erheblich gegenüber den bisher bekannten Varianten mit nur einem Glasring. Dies ist möglich, da der Werkstoff in seinem Querschnitt gleichmäßiger ausgenutzt wird. Die optische Qualität der aufgenommenen Bilder verbessert sich damit erheblich. Auf diese Weise können erhebliche Kosten für eine aufwändige, die Verzerrung korrigierende Optik eingespart werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung kann eine in der Druckkammer angeordnete optische Erfassungseinrichtung vorgesehen sein, die insbesondere durch eine druckfeste Kamera oder eine andere geeignete Einrichtung zur optischen Erfassung der Vorgänge innerhalb des Druck- oder Brennraums gebildet sein kann. Durch Anordnung der Kamera oder der optischen Erfassungseinrichtung unter Vorspannung in der Druckkammer kann der äußere Ring ohne jegliches Fenster ausgeführt sein. Der Ring kann in diesem Fall bspw. aus einem hoch zugfesten Werkstoff, insbesondere aus einer geeigneten Stahllegierung gefertigt sein, wodurch der Vorspanndruck nochmals deutlich erhöht werden kann. Festigkeitsberechnungen haben gezeigt, dass sich auf diese Weise der Vorspanndruck in der Druckkammer auf Werte von bis zu ca. 3000 bar steigern lässt, da das verwendete Mineralglas hinsichtlich seiner maximalen Druckfestigkeit derartige Werte zulassen kann. Bei weiterhin gegebenem Differenzdruck von ca. 100 bar ermöglicht dies die



Untersuchung von Prozessen, die bei Drücken von mehr als 3000 bar bis ca. 3100 bar ablaufen.

Die vorliegende Erfindung umfasst weiterhin ein Verfahren zur optischen Überwachung eines Druckraums bzw. einer Brennkammer mit einer Fensteranordnung in
5 bzw. an einer Brennraumwandung, die einen optisch transparenten Bereich aufweist, dessen innere Oberfläche einen Teil der Brennraumwand bildet. Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch charakterisiert, dass die äußere Oberfläche des optisch transparenten Bereichs als Bestandteil einer Druckkammer mit Überdruck beaufschlagt wird, der dem im Druckraum bzw. in der Brennkammer wirkenden Prozessdruck entgegen wirkt. Der Überdruck in der Druckkammer kann ungefähr einen Wert aufweisen,
10 der um ca. 100 bar unterhalb des maximalen Prozessdrucks im Druck- bzw. Brennraum liegt. Sind mehrere koaxial angeordnete Druckkammern vorhanden, nehmen die Überdrücke sinnvollerweise nach außen hin ab, wodurch insgesamt höhere Prozessdrücke überwacht werden können.

Das in der Druckkammer befindliche Druckfluid kann zweckmäßigerweise ein Gas sein, bspw. Luft, da hierdurch die optische Durchlässigkeit nicht negativ beeinflusst wird und da hierdurch auch keine nennenswerten Brechungseffekte gebildet werden. Grundsätzlich kann als Druckfluid jedoch auch eine geeignete Flüssigkeit zum Einsatz kommen, sofern die optischen Eigenschaften und Brechungseffekte in geeigneter Weise berücksichtigt werden können. Von Vorteil kann die Verwendung einer Druckflüssigkeit bspw. dann sein, wenn diese zusätzlich als Kühlfluid fungieren soll, weil bspw. die Verbrennungstemperaturen Probleme bereiten. In diesem Fall kann das Druckfluid bspw. mit einem geeigneten Reservoir verbunden sein, so dass eine ausreichende Menge an Kühlflüssigkeit zur Verfügung steht, die je nach Bedarf umgewälzt
20 werden kann. Die Aufrechterhaltung eines konstanten Vorspanndrucks lässt sich auch bei einem Austausch des Druck- bzw. Kühlfluids relativ problemlos gewährleisten.

Die vorliegende Erfindung ist grundsätzlich in allen Bereichen der optischen Beobachtung, Überwachung und Analyse von Prozessen anwendbar, die bei hohen Drücken ablaufen. Die Erfindung lässt sich nicht nur mit Ringen und Fenstern aus
30 Glaswerkstoffen realisieren, sondern auch mit einer Vielzahl von anderen geeigneten Werkstoffen, die sinnvollerweise eine optische Durchlässigkeit aufweisen.

Die Form der optisch durchlässigen Bauteile kann je nach Bedarf von den erwähnten zylindrischen Formen abweichen. Grundsätzlich ist lediglich eine geschlossene Kontur notwendig. Darüber hinaus umfasst die Erfindung die Druckvorspannung jeglicher Druckbehälter durch mehrwandige Behälter mit Vorspanndrücken zwischen
5 den einzelnen Behälterwandungen.

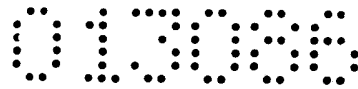
In diesen Zusammenhang sei erwähnt, dass die Erfindung nicht nur zur Beobachtung von Verbrennungsvorgängen in Brennkammern von Verbrennungskraftmaschinen geeignet ist, sondern generell zur optischen Zugänglichmachung von unter Hochdruck ablaufenden Prozessen in Druckkammern der verschiedensten Bauart.
10 Während ein typischer Brennraumdurchmesser einen Wert von ca. 100 mm aufweisen kann, lassen sich aufgrund der sinkenden Glasbelastung durch den Brennraumdruck bei deutlich kleineren Druckkammern sowohl höhere Vorspanndrücke als auch höhere Brennraumdrücke realisieren. So kann eine Halbierung des inneren Durchmessers des zu beobachtenden Druckraums auf ca. 50 mm mit einer ungefähren Verdoppelung des
15 zulässigen Brennraumdrucks einhergehen. Deutlich kleinere Druckräume können bspw. in der chemischen Prozesstechnik zur Anwendung kommen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Gleiche Teile in den Figuren sind grundsätzlich mit gleichen Bezugsziffern bezeichnet und werden daher teilweise nicht mehrfach erläutert. Es soll zudem an dieser Stelle betont werden, dass das nachfolgend beschriebene Ausführungsbeispiel zum Verständnis der Erfindung beitragen soll, keinesfalls jedoch einschränkend für den Erfindungsgedanken zu
25 verstehen ist.

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Schemadarstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung zur optischen Überwachung eines Druckraums.

Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Variante der erfindungsgemäßen Anordnung.



Die schematische Darstellung der Fig. 1 zeigt in einer perspektivischen Teilschnittansicht eine erfindungsgemäße Anordnung 10 zur optischen Überwachung eines Druckraums am Beispiel einer Brennkammer 12 einer hier nur schematisch ange-
deuteten Verbrennungskraftmaschine 14. Die Brennkammer bzw. der Brennraum 12 ist
5 nach oben durch einen Zylinderkopf 16 abgeschlossen. Nach unten ist der Brennraum 12 durch einen innerhalb eines Zylinders 18 oszillierenden Kolben 20 begrenzt, der üblicherweise über eine Pleuelstange mit einer Kurbelwelle (beide nicht dargestellt) gekoppelt ist, die durch die Oszillationsbewegung des Kolbens 20 in Rotation versetzt wird.

10 Da die Verbrennungsvorgänge im Brennraum 12 mittels einer optischen Erfassungseinrichtung bzw. mittels einer Kamera (nicht dargestellt) erfasst und überwacht werden sollen, ist im oberen Bereich des Zylinders 18 ein optisch transparenter Bereich 22 in Form eines hohlzylindrischen inneren Glasrings 24 vorgesehen, der im ge-
zeigten Ausführungsbeispiel nach oben vom Zylinderkopf 16 begrenzt wird und sich
15 nach unten im metallischen Bereich des Zylinders 18 fortsetzt. Konzentrisch und koaxial zum inneren Glasring 24, jedoch beabstandet zu diesem, ist ein äußerer, ebenfalls hohlzylindrischer Glasring 26 angeordnet, der mit dem inneren Glasring 24 eine ringförmige Druckkammer 28 einschließt. Durch Druckbeaufschlagung der Druckkam-
mer 28 mit einem Vorspanndruck von bspw. ca. 100 bar kann der innere Glasring 24
20 bei sehr hohen Verbrennungsdrücken innerhalb des Brennraums 12 von bis zu 200 bar oder mehr entlastet werden, da aufgrund des Vorspanndrucks auf den inneren Ring 24 nur noch der Differenzdruck zwischen dem auftretenden Verbrennungsdruck und dem Vorspanndruck wirkt. Diesem resultierenden Differenzdruck kann der typischerweise aus Quarzglas gefertigte Glasring 24 erheblich besser standhalten. In den Zeitinterval-
25 len, in denen der Verbrennungsdruck niedrig ist, wird der innere Ring 24 maßgeblich durch den Vorspanndruck belastet, der auf seine Außenmantelfläche einwirkt. Auf die hierbei auftretenden Druckspannungen reagiert der Glasring 24 aufgrund seiner sehr hohen Druckfestigkeit sehr unempfindlich.

Da der äußere Glasring 26 ebenfalls transparent ist, kann eine optische Erfas-
30 sungseinrichtung außerhalb der Anordnung 10 platziert werden und ist in der Lage, ohne nennenswerte optische Verzerrungen die im Brennraum 12 stattfindenden Verbrennungsvorgänge zu erfassen. Auch eine effektive Beleuchtung des Brennraums 12 ist durch die vollständig transparenten Ringe 24 und 26 sehr leicht möglich.

Die schematische Schnittansicht der Fig. 2 verdeutlicht eine Variante der erfindungsgemäßen Anordnung 10, bei der anstelle eines vollständig transparenten äußeren Rings ein Metallring 30 vorgesehen ist, der wenigstens ein Glasfenster 32 an seinem Umfang aufweist, hinter dem die optische Erfassungseinrichtung bzw. die Kamera platziert werden kann. Der Metallring 30 kann bspw. aus hochfestem Stahl gefertigt sein, so dass gegenüber der Variante gemäß Fig. 1 nochmals deutlich höhere Prozessdrücke realisiert werden können. Die Anordnung gemäß Fig. 2 erlaubt Druckdifferenzen von weit über 200 bar zwischen den Fensterseiten. Eine Erhöhung der Wandstärke des Fensters 32 bringt keine Reduzierung der optischen Qualität der Anordnung mit sich, da bei einer planparallelen Glasplattenform des Fensters 32 und in der optischen Achse angeordneten Kamera keine nennenswerten Brechungseffekte entstehen.

In Phasen eines niedrigen Prozessdrucks wird der innere Glasring 24 maßgeblich durch den Vorspanndruck belastet, der für das verwendete Material - üblicherweise Quarzglas - relativ unproblematisch ist. Die Druckfestigkeit von solchen Gläsern beträgt meist das 30-fache ihrer Zugfestigkeit. Bei einer Druckdifferenz von 100 bar am inneren Glasring 24 ermöglicht diese Anordnung die optische Überwachung von Prozessen, die bei Drücken von 300 bar und mehr ablaufen.

Neben den gezeigten Anordnungen sind Varianten möglich, bei denen mehr als eine Druckkammer 28 gebildet wird, indem bspw. mehrere derartiger Ringe konzentrisch zueinander angeordnet werden, wobei zwischen den Ringen jeweils separate Druckkammern gebildet werden. Die Druckkammern werden von innen nach außen mit abnehmendem Druck beaufschlagt, so dass die resultierenden Differenzdrücke jeweils reduziert sind. Auf diese Weise können sehr hohe Prozessdrücke im Brennraum 12 realisiert werden, ohne dass die Materialfestigkeiten der verwendeten Glasringe überschritten werden. Durch die gestaffelte Druckbeaufschlagung mehrerer Kammern kann der innere Glasring 24 sehr hohen Verbrennungsdrücken standhalten.

Eine weitere, hier nicht dargestellte Variante kann vorsehen, dass die optische Erfassungseinrichtung innerhalb der Druckkammer 28 angeordnet wird, so dass der äußere Ring 26 bzw. 30 nicht mehr transparent (vgl. Fig. 1) sein und auch kein Fenster (vgl. Fig. 2) aufweisen muss. Die druckbeaufschlagte Kamera wird vielmehr im Druckraum 28 zwischen den Ringen angeordnet, so dass lediglich die von ihr gelieferten

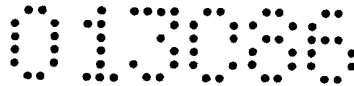
Bildsignale nach außen geleitet werden müssen. Aufgrund der sehr hohen Druckfestigkeit des inneren Glasrings 24 kann in einer solchen Variante ein weitaus höherer Vorspanndruck realisiert werden, der u.U. auf Werte von bis zu 3000 bar gesteigert werden kann. In einem solchen Fall können Prozessdrücke von ca. 3100 bar und mehr beobachtet werden.

Das in der Druckkammer 28 befindliche Druckfluid kann zweckmäßigerweise ein Gas sein, bspw. Luft, da hierdurch die optische Durchlässigkeit nicht negativ beeinflusst wird und da hierdurch auch keine nennenswerten Brechungseffekte gebildet werden. Grundsätzlich kann als Druckfluid jedoch auch eine geeignete Flüssigkeit zum Einsatz kommen, sofern die optischen Eigenschaften und Brechungseffekte in geeigneter Weise berücksichtigt werden können. Von Vorteil kann die Verwendung einer Druckflüssigkeit bspw. dann sein, wenn diese zusätzlich als Kühlfluid fungieren soll, weil bspw. die Verbrennungstemperaturen Probleme bereiten. In diesem Fall kann das Druck- und Kühlfluid in geeigneter Weise umgewälzt werden, um einen Teil der Prozesswärme effektiv abführen zu können. Die Aufrechterhaltung eines konstanten Vorspanndrucks in der Druckkammer 28 kann gleichzeitig gewährleistet werden.

Die in der vorstehenden Beschreibung, den Zeichnungen und den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausgestaltungen von Bedeutung sein. Die Erfindung ist nicht auf die vorstehenden Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist eine Vielzahl von Varianten und Abwandlungen denkbar, die von dem erfindungsgemäßen Gedanken Gebrauch machen und deshalb ebenfalls in den Schutzbereich fallen.

Patentansprüche

1. Anordnung zur optischen Überwachung eines Druckraums bzw. einer Brennkammer, insbesondere Fensteranordnung in bzw. an einer Brennraumwand, die einen optisch transparenten Bereich aufweist, dessen innere Oberfläche einen Teil der Brennraumwand bildet, dadurch gekennzeichnet, dass die äußere Oberfläche des optisch transparenten Bereichs (22) Bestandteil einer mit Druckfluid gefüllten Druckkammer (28) ist.
5
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckkammer (28) wenigstens eine weitere Umhüllung umfasst, welche die Druckkammer und den optisch transparenten Bereich (22) der Brennraumwand umschließt.
10
3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der wenigstens einen Umhüllung der Druckkammer (28) ein optisch transparenter Bereich vorgesehen ist, der sich zumindest teilweise mit dem optisch transparenten Bereich (22) der Brennkammer (12) überdeckt.
15
4. Anordnung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der optisch transparente Bereich (22) der Brennkammer (12) Mineralglas aufweist.
5. Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der optisch transparente Bereich (22) der Brennkammer (12) als umlaufender Ring (24) der Brennraummantelfläche ausgebildet ist.
20
6. Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die äußere Umhüllung der Druckkammer (28) als umlaufender Ring (26, 30) ausgebildet ist, der zumindest abschnittsweise auf gleicher Höhe mit dem umlaufenden Ring (24) der Brennraummantelfläche angeordnet ist.
- 25 7. Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die äußere Umhüllung der Druckkammer (28) Mineralglas aufweist und optisch transparent ist.



8. Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die äußere Umhüllung der Druckkammer (28) aus einem Metallring (30) gebildet ist, der wenigstens ein optisch transparentes Fenster (32) mit Mineralglas aufweist.
- 5 9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Fenster (32) im Metallring (30) eine plane bzw. planparallele Oberfläche aufweist.
10. Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Druckkammern (28) vorgesehen sind, welche den optisch transparenten Bereich (22) der Brennraumwand konzentrisch umgeben.
- 10 11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckkammern (28) verschiedene Vorspanndrücke aufweisen, wobei der Vorspanndruck von der inneren Druckkammer (28) zu der wenigstens einen weiteren äußeren Druckkammer hin abnimmt.
12. Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb der Druckkammer (28) eine optische Erfassungseinrichtung, insbesondere eine druckfeste Kamera angeordnet ist.
- 15 13. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der äußere Ring (30) optisch geschlossen ist und aus hoch belastbarem Material gefertigt ist.
14. Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckfluid ein Gas, insbesondere Luft ist.
- 20 15. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckfluid eine Flüssigkeit ist.
16. Verfahren zur optischen Überwachung eines Druckraums bzw. einer Brennkammer mit einer Fensteranordnung in bzw. an einer Brennraumwandung, die einen optisch transparenten Bereich aufweist, dessen innere Oberfläche einen Teil der Brennraumwand bildet, dadurch gekennzeichnet, dass die äußere Oberfläche des optisch transparenten Bereichs (22) als Bestandteil einer Druckkammer (28) mit Überdruck beaufschlagt wird, der dem im Druckraum bzw. in der Brennkammer (12) wirkenden Prozessdruck entgegen wirkt.
- 25

17. Verfahren nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch einen Überdruck in der Druckkammer (28), der geringer ist als der maximale Prozessdruck im Druckraum bzw. in der Brennkammer (12).
- 5 18. Verfahren nach Anspruch 17, gekennzeichnet durch einen Überdruck in der Druckkammer (28), der ungefähr um 50 bar bis 150 bar geringer ist als der maximale Prozessdruck im Druckraum bzw. in der Brennkammer (12).
19. Verfahren nach Anspruch 17, gekennzeichnet durch einen Überdruck in der Druckkammer (28), der ungefähr um 100 bar geringer ist als der maximale Prozessdruck im Druckraum bzw. in der Brennkammer (12).
- 10 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, gekennzeichnet durch nach außen hin abnehmende Überdrücke bei Anordnungen mit mehreren koaxial angeordneten Druckkammern (28).
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20, gekennzeichnet durch eine Nutzung des Druckfluids als Kühlflüssigkeit.
- 15 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 21, das mit einer Anordnung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 durchgeführt wird.

Fig. 2

