

(19)



(11)

EP 3 156 624 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.04.2017 Patentblatt 2017/16

(51) Int Cl.:
F01N 13/00 (2010.01)

(21) Anmeldenummer: **16190354.7**

(22) Anmeldetag: **23.09.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **Winterthur Gas & Diesel AG**
8401 Winterthur (CH)

(72) Erfinder: **Kishore, Nanda Sangram**
CH-8409 Winterthur (IN)

(74) Vertreter: **Intellectual Property Services GmbH**
Langfeldstrasse 88
8500 Frauenfeld (CH)

(30) Priorität: **16.10.2015 EP 15190160**

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES LANGSAM LAUFENDEN GROSSDIESELMOTORS, SOWIE LANGSAM LAUFENDER GROSSDIESELMOTOR**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines langsam laufenden Grossdieselmotors (1), sowie einen Grossdieselmotor (1), umfassend einen Zylinderliner (Z) mit einem Brennraum (2) und einem dem Brennraum (2) zugeordneten Auslassventil (3), wobei der Brennraum (2) des Zylinderliners (Z) mit einer einen Abgasstutzen (41) und ein Abgassammelrohr (4) umfassenden Abgassammeleinheit (40) strömungsverbunden ist, und im Betriebszustand ein in einer Verbrennung aus einem Kraftstoff (F) und einer Ladeluft (81) gebildetes Abgas (5) aus dem Brennraum (2) des Zylinderliners (Z) über das jeweils zugeordnete Auslassventil (3) und den jeweils zugeordneten Abgasstutzen (41) dem Abgassammelrohr (4) zugeführt wird. Weiter umfasst der Grossdieselmotor (1) eine Aufladeeinheit (7, 71) umfassend eine Aufladegruppe (71) zum verdichten von Luft (80), welcher das Abgas (5) aus dem Abgassammelrohr (4) zugeführt wird, so dass die mittels der Aufladegruppe (71) verdichtete Luft (80) in den Zylinderliner (Z) über eine jedem Zylinderliner (Z) jeweils zugeordnete Spülluftöffnung als Ladeluft (81) im Betriebszustand eingeleitet werden kann. Erfindungsgemäss umfasst die Abgassammeleinheit (40) eine Abgassonde (9) mit welcher ein Kennwert einer Zusammensetzung des Abgases (5) ermittelt wird und in Abhängigkeit vom Kennwert im Brennraum (2) ein Mengenverhältnis (L) der Ladeluft (81) in Bezug auf den Kraftstoffs (F) eingestellt wird.

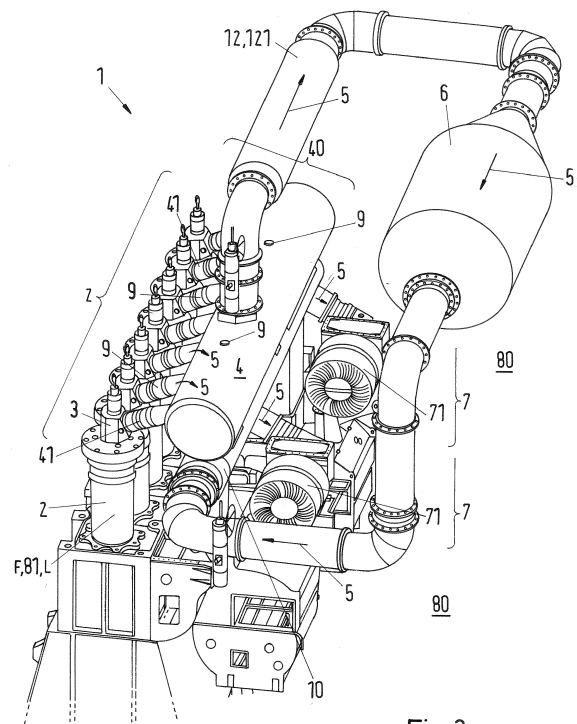


Fig.3

EP 3 156 624 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines langsam laufenden Grossdieselmotors, sowie einen Grossdieselmotor, im speziellen längsgespülter langsam laufender Zweitakt-Grossdieselmotor gemäss dem Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche.

[0002] Ein langsam laufender Grossdieselmotor, im speziellen längsgespülter Zweitakt-Grossdieselmotor der Kreuzkopfbauart gemäss der vorliegenden Erfindung, wie er in an sich bekannter Weise bevorzugt im Schiffsbau oder in stationären Anlagen, beispielsweise zur Erzeugung elektrischer Energie bereits seit vielen Jahrzehnten in einer Vielzahl von im Detail unterschiedlichen Varianten zum Einsatz kommt, umfasst drei grosse Gehäusesegmente, die den Rahmen des Motors bilden. Auf einer Grundplatte, die neben einem Lagersattel mit Kurbelwellenhauptlager zur Aufnahme der Kurbelwelle transversale Stützelemente aufweist ist, getrennt durch eine Bodenplatte, ein sogenannter Ständer angeordnet. Die bekannten Ständer umfassen entsprechend der Anzahl der Zylinderliner des Grossdieselmotors mehrere gegenüber angeordnete Stützkörper, die jeweils eine senkrecht verlaufende Gleitfläche zur Führung zweier benachbarter Kreuzköpfe, die über Schubstangen mit der Kurbelwelle verbunden sind, aufweisen. Dabei werden jeweils zwei gegenüberliegende senkrecht verlaufende Stützkörper mit Gleitflächen durch eine Zwischenwand zusätzlich abgestützt. Die einzelnen Stützkörper sind in der Regel durch ein gemeinsames Deckblech miteinander verbunden. Oberhalb des Ständers ist dann am Deckblech eine Zylindersektion, häufig auch Zylindermantel genannt, angeordnet, die zur Aufnahme mehrerer Zylinderliner geeignet ist. Die Grundplatte, der Ständer und die Zylindersektion werden dabei durch Zuganker, die sich im Bereich des Ständers in aller Regel innerhalb der Stützkörper erstrecken miteinander verbunden, indem die Zuganker in oder an der Grundplatte unter erheblicher Vorspannung verschraubt werden.

[0003] Zur Leistungssteigerung von Hubkolbenbrennkraftmaschinen, nicht nur aber insbesondere auch für solche der zuvor beschriebenen Art, wird nach einem Verbrennungstakt Frischluft mittels einer Aufladegruppe, die in der Regel mindestens einen Abgasturbolader umfasst, unter erhöhtem Druck in den Brennraum eines Zylinderliners eingebracht. Dadurch kann ein Teil der thermischen Energie der Abgase ausgenutzt werden, die den Brennraum des Zylinderliners nach dem Verbrennungstakt verlassen. Dazu werden die heissen Abgase durch Öffnen eines zum Beispiel in einem Zylinderdeckel des Zylinderliners vorgesehenen Auslassventils aus dem Brennraum des Zylinderliners der Aufladegruppe zugeführt. Die Aufladegruppe besteht dabei im wesentlichen aus einer Turbine, die durch die unter Druck in die Aufladegruppe eintretenden erhitzten Abgase angetrieben wird. Die Turbine treibt ihrerseits einen Verdichter an, wodurch Frischluft angesaugt und verdichtet wird. Den Verdichter mit Turbine, eine Anordnung, die neben der

Bezeichnung Abgasturbolader häufig auch einfach als Turbolader bezeichnet wird und insbesondere, aber nicht nur, im Fall von Grossdieselmotoren meistens als Radialverdichter ausgeführt ist, ist ein sogenannter Diffusor, ein Ladeluftkühler, ein Wasserabscheider und ein Einlassreceiver nachgeschaltet, von wo aus die komprimierte Frischluft, auch als Ladeluft oder Spülluft bezeichnet, schliesslich in die einzelnen Brennräume der Zylinderliner des Grossdieselmotors eingespeist wird. Durch den Einsatz einer solchen Aufladegruppe kann somit die Frischluftzufuhr erhöht und die Effizienz des Verbrennungsvorgangs im Brennraum des Zylinders gesteigert werden.

[0004] Im Fall von Grossdieselmotoren erfolgt je nach Typ die Einspeisung der Luft an unterschiedlichen Stellen am Zylinderliner. So wird beispielsweise bei längsgespülten Zweitakt-Motoren die Luft in Form von Ladeluft über Spülschlitze, die in der Lauffläche im unteren Bereich des Zylinderliners angeordnet sind, in den Brennraum des Zylinderliners eingebracht. Bei Viertakt-Motoren wird die Ladeluft in der Regel über ein oder mehrere Einlassventile, die z.B. in einem Zylinderkopf oder Zylinderdeckel angeordnet sind, in den Brennraum des Zylinders bzw. Zylinderliners eingebracht. Dabei sind durchaus auch Zweitakt-Motoren bekannt, die an Stelle von Spülschlitzen im unteren Bereich des Zylinderliners mit oben am Zylinderliner, meist in einem Zylinderdeckel angeordneten Einlassventilen ausgerüstet sind.

[0005] Fig. 1 zeigt zum besseren Verständnis der später noch zu beschreibenden Erfindung in einer schematischen Darstellung zur Erläuterung des Zusammenwirkens der unterschiedlichen Komponenten den prinzipiellen Aufbau eines Abgassystems mit Abgasturbolader eines aus dem Stand der Technik bekannten längsgespülten langsam laufenden Grossdieselmotors, der im folgenden gesamthaft mit dem Bezugszeichen 1' bezeichnet wird.

[0006] Anhand der Fig. 2 ist schematisch ein modernes spezielles Ausführungsbeispiel eines längsgespülten langsam laufenden Grossdieselmotors 1' gemäss Fig. 1 dargestellt, bei welchem im Abgassystem zur Aufbereitung der Abgase zusätzlich ein Abgasreaktor mit Mischrohrleitung vorgesehen ist, wobei im speziellen Beispiel der Fig. 2 der Abgasreaktor ein sogenannter SCR-Reaktor (Selective Catalytic Reduction) zur Reduktion von schädlichen Stickoxiden ist, dessen prinzipielle Funktion im Zusammenwirken mit einem Grossdieselmotor 1' weiter unten noch detaillierter erläutert werden wird. Das heisst, der bekannte Grossdieselmotor 1' gemäss Fig. 2 unterscheidet sich von demjenigen in Fig. 1 stark schematisch dargestellten Grossdieselmotor 1' im wesentlichen nur dadurch, dass der Grossdieselmotor 1' gemäss Fig. 2 einen Abgasreaktor in Form eines SCR-Abgaskatalysators umfasst, während bei der etwas einfacheren Variante gemäss Fig. 1 kein Abgasreaktor vorgesehen ist.

[0007] Zur besseren Unterscheidung der Erfindung vom Stand der Technik sind Bezugszeichen zu Merkma-

len von Beispielen, die aus dem Stand der Technik bekannt sind, jeweils mit einem Hochkomma versehen, während Bezugszeichen, die sich auf Merkmale erfindungsgemässer Ausführungsbeispiele beziehen, kein Hochkomma tragen.

[0008] Der Grossdieselmotor 1' umfasst in an sich bekannter Weise üblicherweise eine Zylindergruppe umfassend einen oder meist mehrere Zylinderliner Z' mit einem in einem Zylinderdeckel angeordneten Auslassventil 3', in welchem Zylinderliner Z' ein Kolben K' zwischen einem unteren Totpunkt UT' und einem oberen Totpunkt OT' entlang einer Lauffläche hin- und herbewegbar angeordnet ist. Die Zylinderwände des Zylinderliners Z' mit Zylinderdeckel und Kolben K' begrenzen in bekannter Weise einen Brennraum 2' des Zylinderliners Z'.

[0009] Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist in Fig. 1 exemplarisch nur ein Zylinderliner Z' dargestellt. Es versteht sich, dass in der Praxis die Zylindergruppe meistens mehrere, in der Regel eine Vielzahl von Zylinderlinern Z' umfasst wie es bei dem bekannten Grossdieselmotor 1' gemäss Fig. 2 zum Beispiel der Fall ist.

[0010] Im unteren Bereich des Zylinderliners Z' sind mehrere Spülluftöffnungen 9' vorgesehen, die als Spülschlitze ausgeführt sind. Je nach Stellung des Kolbens K' werden die Spülschlitze von diesem überdeckt oder freigegeben. Durch die Spülluftöffnungen 9' kann die oft auch als Spülluft bezeichnete Ladeluft 81' in den Brennraum 2' des Zylinderliners Z' einströmen. Durch das im Zylinderdeckel angeordnete Auslassventil 3' strömen die bei der Verbrennung entstandenen Abgase 5' durch ein Abgassammelrohr 4', das über die Auslassventile 3' in deren geöffnetem Zustand über den Abgasstutzen 41' mit dem jeweiligen Brennraum 2' strömungsverbunden ist, in eine als Abgasturbolader ausgestaltete Aufladegruppe 71'. Im Rahmen dieser Anmeldung bilden das Abgassammelrohr 4' und die Abgasstutzen 41' definitionsgemäss die Abgassammeleinheit 40'.

[0011] Der Abgasturbolader der Aufladegruppe 71' umfasst in bekannter Weise als wesentliche Komponenten einen Verdichter mit Verdichterlaufrad 711' zum Verdichten von Luft 80', sowie eine Turbine mit einem Turbinenlaufrad 712' zum Antreiben des Verdichterlaufrads 711', das durch eine Welle in bekannter Weise wirkfest mit dem Turbinenlaufrad 712' verbunden ist. Die Turbine und der Verdichter sind in einem Gehäuse angeordnet und bilden so den Abgasturbolader, der meist als Radialverdichter ausgebildet ist. Die Turbine wird in bekannter Weise durch die einströmenden erhitzten Abgase 5' aus dem Brennraum 2' des Zylinderliners Z' angetrieben, wobei die Abgase 5' schliesslich nach verlassen des Turboladers über einen als Auspuff ausgestaltete Auslassleitung 51' in die Umgebung abgegeben werden.

[0012] Zum Beschicken des Brennraums 2' des Zylinderliners Z' mit Ladeluft 81' wird durch das Verdichterlaufrad 711' Luft 80' aus der Umgebung angesaugt und im Abgasturbolader komprimiert. Aus dem Abgasturbolader gelangt die komprimierte Luft 80' durch den nach-

geschalteten Diffusor 720' und den Ladeluftkühler 730' über den Wasserabscheider 740' in einen Einlassrezeiver 750', von dem aus die komprimierte Luft 80' schliesslich als Ladeluft 81' durch die als Spülschlitze ausgestalteten Spülluftöffnungen 9' unter erhöhtem Druck in den Brennraum 2' des Zylinderliners Z' gelangt.

[0013] Aufgrund der immer schärfer werdenden Abgasvorschriften nehmen seit einigen Jahren die Anforderungen an die Qualität der Abgase immer mehr zu, wobei nicht nur, aber insbesondere auch die Konzentration von Stickoxiden in den Abgasen im Fokus der Abgasnormen ist. Hier werden die rechtlichen Vorgaben und Grenzwerte für die entsprechenden Abgasgrenzwerte immer weiter verschärft. Das hat insbesondere bei Grossdieselmotoren zur Folge, dass die Verbrennung des klassischen, mit Schadstoffen hoch belasteten Schweröls, aber auch die Verbrennung von Dieselöl oder anderen Brennstoffen wie z.B. Gas immer problematischer wird, weil die Einhaltung der Abgasgrenzwerte immer schwieriger, technisch aufwändiger und damit teurer wird, oder gar zu befürchten ist, dass deren Einhaltung schliesslich gar nicht mehr sinnvoll möglich sein könnte.

[0014] In der Praxis werden daher seit einiger Zeit enorme Anstrengungen bzgl. der Abgasreinigung, Stichwort "Abgaskatalysatoren" sowie bezüglich alternativer Brennstoffe unternommen. Daher, d.h. zusätzlich oder alternativ, besteht aus dem gleichen Grund bereits seit längerem das Bedürfnis nach sogenannten "Dual-Fuel Motoren", also Motoren, die mit zwei unterschiedlichen Brennstoffen betrieben werden können. In einem Gasmodus wird ein Gas, z.B. ein Erdgas wie LNG (liquefied natural gas) oder ein Gas in Form eines Autogases oder eines anderen zum Antrieb einer Brennkraftmaschine geeigneten Gases verbrannt, während in einem Flüssigmodus ein geeigneter flüssiger Brennstoff wie Benzin, Diesel, Schweröl oder andere geeignete flüssige Brennstoffe in demselben Motor verbrannt werden können. Die Motoren können dabei sowohl Zweitakt- als auch Viertaktmotoren sein und es kann sich dabei um kleine, mittelgrosse aber auch um Grossmotoren, insbesondere auch um längsgespülte Zweitakt-Grossdieselmotoren handeln.

[0015] Mit dem Begriff "Grossdieselmotor" sind somit im Rahmen dieser Anmeldung neben den klassischen Zweitakt-Grossdieselmotoren und Viertakt-Grossdieselmotoren, die mit Schweröl oder Dieselöl betrieben werden, auch solche Grossmotoren gemeint, die ausser im Dieselbetrieb, der durch die Selbstzündung des Brennstoffs gekennzeichnet ist, auch in einem Ottobetrieb, der durch die Fremdzündung des Brennstoffs gekennzeichnet ist, oder in Mischformen aus diesen beiden betrieben werden können. Ferner umfasst der Begriff Grossdieselmotor insbesondere auch die genannten Dual-Fuel-Motoren und auch solche Grossmotoren, bei denen die Zündung des Brennstoffs mittels Fremdzündung durch einen anderen Brennstoff initiiert wird.

[0016] Im Flüssigmodus wird üblicherweise der Brennstoff mittels einer Einspritzdüse direkt in den Brennraum

des Zylinderliners eingebracht und verbrennt dort nach dem Prinzip der Selbstzündung. Im Gasmodus ist es bekannt nach dem Otto-Prinzip das Gas im gasförmigen Zustand mit der Ladeluft zu vermischen, um so im Brennraum des Zylinderliners ein zündfähiges Gemisch zu erzeugen. Bei einem solchen oft auch als Niederdruckverfahren bezeichneten Betriebsverfahren erfolgt die Zündung des Gemisches im Zylinderliner üblicherweise dadurch, dass im richtigen Moment eine kleine Menge flüssigen Brennstoffs in den Brennraum des Zylinderliners oder in eine Vorkammer eingespritzt wird, die dann zur Zündung des Luft-Gas-Gemisches führt. Ein Dual-Fuel Motor kann oft auch während des Betriebs vom Gasmodus in den Flüssigmodus umgeschaltet werden und umgekehrt.

[0017] Aber auch reine Gasmotoren, also Motoren, die nur mit Gas und nicht alternativ noch mit Diesel, Schweröl oder einem anderen Brennstoff betreibbar sind, werden nachgefragt, insbesondere dann, wenn hohe Abgasstandards gefordert sind, die mit vertretbarem technischen Aufwand wirtschaftlich sinnvoll nur durch die Verbrennung von Gas eingehalten werden können und können somit ebenfalls Gegenstand der weiter unten nachfolgend beschriebenen Erfindung sein.

[0018] Ganz gleich ob es sich um einen Dual-Fuel Motor, einen reinen Gasmotor oder um einen mit einem flüssigen Brennstoff wie Benzin, Diesel, oder Schweröl betriebenen Motor handelt oder um Mischtypen aus den vorgenannten Motorentypen, wird es zukünftig unerlässlich sein, die Abgase mit geeigneten Anlagen und Methoden zu reinigen bzw. aufzubereiten, bevor die Abgase in die Umgebung abgegeben werden.

[0019] Insbesondere zur Reduzierung der Stickoxide im Abgas ist es bekannt Abgasreaktoren, insbesondere sogenannte "SCR-Reaktoren" zu verwenden.

[0020] Der Begriff SCR ist dabei die englische Abkürzung für "Selective Catalytic Reduction" und kann umgangssprachlich als Katalysator bezeichnet werden, welcher die Stickoxide im Abgas reduziert. Nur funktioniert dieser nicht wie beispielsweise beim Auto mit einem Platin-Katalysator Material sondern beim SCR-Reaktor besteht das Katalysator Element beispielsweise aus Keramik oder Metall und ist mit einer speziellen reaktiven Beschichtung versehen. Eine reduzierende Reaktion tritt in Verbindung mit der Beschichtung jedoch nur ein, wenn das Abgas vorher mit geeigneten chemischen Stoffen wie z.B. Harnstoff oder Ammoniak vermischt wurde, welcher im Abgas zu Ammoniak verdampfen muss.

[0021] Für diese Mischung und Verdampfung ist es aus dem Stand der Technik bekannt, vor dem Eintritt in den SCR-Reaktor eine bestimmte Länge einer als Misch- und Verdampfungsrohr ausgestalteten Mischstrecke in Form einer Mischrohrleitung zwischen Abgasrohrsammlerrohr und SCR-Reaktor mit einer gewissen Mindestlänge für die Mischung und Verdampfung des Reaktionsmittels, z.B. ein Harnstoff, mit den Abgasen vorzusehen.

[0022] Exemplarisch illustriert wird die spezielle Ausführungsform eines modernen Grossdieselmotors mit ei-

nem SCR Abgasreaktor anhand der schematischen Fig. 2, die einen aus dem Stand der Technik bekannten Grossdieselmotor mit Abgassammelrohr, Mischrohrleitung, SCR-Reaktor und Aufladegruppe für den Fall zeigt, dass nur ein einziger Turbolader vorhanden ist. Dabei ist es durchaus vor allem bei Grossdieselmotoren mit sehr vielen Zylinderlinern, wie z.B. mit 6, 8, 10, 12 oder gar mit 14 Zylinderlinern auch üblich, dass mehrere Aufladegruppen und / oder mehrere Abgasreaktoren mit den zugeordneten Baugruppen vorgesehen werden.

[0023] Die Fig. 2 zeigt im Unterscheid zur Fig. 1 einen bekannten Grossdieselmotor 1' mit einer Abgassammel-einheit 40' umfassend entsprechend der Anzahl der Zylinderliner Z' je einen Abgasstutzen 41' und ein gemeinsames Abgassammelrohr 4', und einen Abgasreaktor 6' sowie eine zugeordnete Mischstrecke 12' in Form einer Mischrohrleitung 121' in welcher das Abgas 5' z.B. mit Harnstoff vermischt wird, der im Abgas 5' zu Ammoniak verdampft. Wenn mehrere Aufladeeinheiten 7', 71' vorgesehen sind, kann zusätzlich auch ein in Fig. 2 nicht vorhandenes Abgasverteihr installiert sein, mit welchem das aus dem Abgasreaktor 6' austretende Abgas 5' an mehrere Aufladeeinheiten 7', 71' verteilt werden kann, so dass nicht für jede Aufladeeinheit 7', 71' ein separater Abgasreaktor 6' eigens vorgesehen werden muss. Bei noch moderneren Grossdieselmotoren 1', wie sie kürzlich in mehreren Patentanmeldungen von der Anmelderin vorgeschlagen wurden, ist es sogar möglich, dass die das Abgassammelrohr 4' und / oder die Mischstrecke 12' und / oder der Abgasreaktor 6' und / oder das Abgasverteihr in einer oder mehreren Baugruppen zusammengefasst sind, so dass nicht nur wertvoller Bauraum eingespart und eine höhere mechanische Stabilität gegen Schwingungsbelastungen und Vibrationen aller Art erreicht werden kann, sondern durch die Verkürzung der Abgasstrecken werden auch unnötige Druckverluste im Abgassystem vermieden, wodurch die Effektivität der Aufladeeinheiten 7', 71' und damit letztlich des Grossdieselmotors 1' insgesamt erhöht werden kann.

[0024] Eine eng mit der Abgasreinheit verknüpfte Problematik ist letztlich selbstverständlich auch eine optimale Verbrennung des Kraftstoffs, die wiederum eng mit dem Mengenverhältnis der im Brennraum des Zylinderliners zur Verbrennung zur Verfügung stehenden Ladeluft in Bezug auf den für einen Verbrennungsvorgang im Brennraum zur Verfügungen stehenden Menge an Brennstoff verknüpft ist.

[0025] Bei den aus dem Stand der Technik bekannten langsam laufenden Grossdieselmotoren wird das Mengenverhältnis von Ladeluft zu Kraftstoff im Zylinderliner aus dem Druck der Ladeluft und der Öffnungsdauer der Treibstoffeinspritzdüsen mit Hilfe von geeigneten Look-Up Tabellen grob ermittelt. Der konkrete Druck der Ladeluft ist dabei eine Funktion des mittleren effektiven Drucks und der Umdrehungsgeschwindigkeit des Grossdieselmotors. Die Look-Up Tabelle wird im wesentlichen manuell aus unter Laborbedingungen bzw. bei der Inbetriebnahme gewonnenen Messdaten für die verschiede-

nen Betriebszustände wie unterschiedlichen Umdrehungsgeschwindigkeiten und / oder der Last in unterschiedlichen Betriebszuständen und / oder unter Berücksichtigung des Drucks der Ladeluft, und / oder verschiedener Kraftstoffqualitäten bzw. Kraftstoffarten, wie z.B. Gas, Diesel, oder Schweröl erstellt.

[0026] Im Betriebszustand des Grossdieselmotors wird dann unter Berücksichtigung der aktuellen Parameter, die in der Look-Up Tabelle berücksichtigt sind und zumindest teilweise mit geeigneten Sensoren im Betriebszustand gemessen werden können, mittels einer Steuerung das Mengenverhältnis von Kraftstoff zu Ladeluft in der Regel für alle Zylinder gleichzeitig ermittelt und eingestellt, indem die Menge an Kraftstoff, die dem Brennraum des Zylinderliners pro Verbrennungstakt zur Verfügung gestellt wird, entsprechend angepasst wird. Da die Menge an Ladeluft unter gegebenen Betriebsbedingungen wie z.B. der Umdrehungsgeschwindigkeit des Grossdieselmotors im wesentlichen festgelegt ist, geschieht die Einstellung des Mengenverhältnisses von Kraftstoff zu Ladeluft im Stand der Technik meist dadurch, dass die Öffnungszeit einer Treibstoff Einspritzdüse entsprechend gesteuert wird, so dass bei einer längeren Einspritzzeit entsprechend mehr Kraftstoff pro Verbrennungstakt eingespritzt wird bzw. bei einer kürzeren Einspritzzeit entsprechend weniger.

[0027] Die Nachteile dieser bekannten Steuermethode das Mengenverhältnis von Ladeluft zu Kraftstoff bei einem Grossdieselmotor einzustellen liegen auf der Hand. Da es sich regelungstechnisch nicht um eine Regelung (im englischen close-loop-control) sondern um eine Steuerung (im englischen open-loop-control) handelt, kann anders als bei einer Regelung bei einer neuen Einstellung des Mengenverhältnisses durch die Steuerung kein Feedback berücksichtigt werden, das durch eine Änderung eines Betriebsparameters oder einer Zustandsgrösse bedingt ist, die mehr oder weniger spontan vor der erwähnten Einstellung des Mengenverhältnisses eingetreten ist und die aus verschiedenen Gründen in der Look-Up Tabelle nicht berücksichtigt sind bzw. in einer Look-Up Tabelle im voraus überhaupt nicht berücksichtigt werden können. Wie z.B. eine spontane Änderung von Druck oder Temperatur der Ladeluft oder Änderungen von Parametern während der Verbrennung, Änderungen der Luftfeuchtigkeit der Ladeluft oder Änderungen bedingt durch Schwankungen in der Qualität, z.B. chemischer oder physikalischer Eigenschaften der Betriebsstoffe Kraftstoff, Schmieröl usw..

[0028] Dem Fachmann sind dabei eine Vielzahl weiterer Faktoren bekannt, die sich auf das Verbrennungsverhalten auswirken können und daher das optimale Mengenverhältnis von Ladeluft zu Kraftstoff beeinflussen können.

[0029] Im Fall von schnell laufenden kleinen Motoren, d.h. Zweitakt- oder Viertakt Otto oder Dieselmotoren, die Drehzahlen von z.B. 1000 rpm (Umdrehungen pro Minute) bis zu 6000rpm oder gar 12000rpm bei Rennmotoren für Autos, Motorräder oder Rennboote mit einem verhält-

nismässig kleinen Hubraum von meist wenigen 100 Kubikzentimetern (ccm) ist das Problem durch Verwenden einer sogenannten Lamdasonde bereits weitestgehend gelöst.

[0030] Bei den zuvor erwähnten kleinen schnell laufenden Motoren ist die Lamdasonde in der Regel im Abgaskrümmen, der dem Abgassammelrohr bei Grossdieselmotoren entspricht, oder im sich an den Abgaskrümmen anschliessenden Sammelrohr, das zum Auspuff führt, angeordnet. Die Lamdasonde misst hier gemittelt über alle am Abgaskrümmen angeschlossenen Zylinder und gemittelt über eine Mehrzahl von Umdrehungen des Motors den Restsauerstoffgehalt im Abgas und vergleicht diesen mit dem momentanen Sauerstoffgehalt der zur Verbrennung des Kraftstoffs im Motor verwendeten Atmosphärenluft. Daraus wird das optimale Verhältnis von Verbrennungsluft zu Kraftstoff ermittelt und entsprechend durch eine Regelung der Zufuhr der Verbrennungsluft und oder der Kraftstoffmenge permanent für alle Zylinder gleichzeitig auf den gleichen Wert eingeregelt.

[0031] Bei den schnell laufenden kleinen Motoren sind alle relevanten Abläufe derart schnell und spielen sich auf Grund der im Vergleich zu den Grossdieselmotoren extrem kleinen Abmessungen auf einem so eng begrenzten Raum ab, dass eine Mittelung über den Anteil des Sauerstoffgehalts in den Abgasen über alle Zylinder und zudem über mehrere Umdrehungen des Motors völlig ausreichend ist. Dazu kommt, dass der Kraftstoff bei kleinen schnell laufenden Motoren meistens für alle Zylinder gleichzeitig zentral in die Verbrennungsluft eingebracht wird, und die Regelung des Mengenverhältnisses von Ladeluft zu Kraftstoff unter Auswertung der Lamdasonde somit für alle Zylinder gleichzeitig erfolgt. Das Verbrennungsverhalten eines einzelnen Zylinders bzw. das gemittelte Verbrennungsverhalten aller Zylinder während einer kleinen Anzahl von Umdrehungen schnell laufender Motoren bestimmt unter technischen Gesichtspunkten insgesamt die Zusammensetzung und damit auch den Restgehalt an Sauerstoff im Abgas. Die Vorgänge in einem einzelnen Zylinder während eines bestimmten Verbrennungstakts lassen sich weder separat messen noch sind diese für sich allein genommen technisch relevant für den optimalen Betrieb des Motors.

[0032] Bei Grossdieselmotoren sind die Verhältnisse allein schon aufgrund der enormen Baugrösse dieser Motoren grundsätzlich anders.

[0033] Jeder Zylinderliner kann einen Hubraum von mehreren Kubikmetern, z.B. bei einer Zylinderbohrung von 1 m Durchmesser und einem Hub von 2,50m einen enorm grossen Hubraum von bis zu 8 Kubikmetern haben. Entsprechend langsam laufen diese Motoren auch. So sind maximale Umdrehungsgeschwindigkeiten von z.B. 250rpm oder 300rpm durchaus üblich. Zudem sind die Zylinderliner wie eingangs beschrieben thermisch gesehen weitgehend voneinander isoliert, jeder Zylinderliner hat bei einem modernen Grossdieselmotor eine unabhängig von den anderen Zylinderlinern ansteuerbare

Kraftstoffeinspritzung, Ventilsteuerung und Zylinderschmierung. Zudem sind die verschiedenen Zylinderliner häufig unterschiedlich lang in Gebrauch, so dass sich die beteiligten Teile wie Kolben, Kolbenringe, Zylinderlaufflächen usw. der verschiedenen Zylinderliner in der Praxis meist in unterschiedlichen Verschleisszuständen befinden, so dass sich selbst bei ansonsten gleichen Bedingungen beispielsweise ein unterschiedlicher Verbrennungsdruck oder Verbrennungstemperatur und damit insgesamt ein zwischen zwei Zylinderlinern unterschiedliches Verbrennungsverhalten einstellen kann.

[0034] Damit ist das zuvor beschriebene Regelungskonzept mit Lamdasonden, wie es in schnell laufenden kleinen Motoren seit langem etabliert ist, für Grossdieselmotoren grundsätzlich keine Option für die Regelung des Mengenverhältnisses von Ladeluft zu Kraftstoff.

[0035] Ausgehend vom Stand der Technik ist es daher eine Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren zum Betreiben eines langsam laufenden Grossdieselmotors bzw. einen solchen Grossdieselmotor bereitzustellen, insbesondere einen langsam laufenden längsgespülten Zweitakt- oder Viertakt-Grossdieselmotor bereitzustellen, bei welchem es auf zuverlässige Weise möglich ist, in jedem Zylinderliner separat ein optimales Mengenverhältnis von Ladeluft zu Kraftstoff einzustellen. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere Zweitakt-Grossdieselmotor bereitzustellen, mit welchem bei vergleichbarer Last Treibstoff eingespart werden kann und die Abgasemissionen insgesamt reduziert werden können.

[0036] Die diese Aufgaben lösenden Gegenstände der Erfindung sind durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gekennzeichnet.

[0037] Die abhängigen Ansprüche beziehen sich auf besonders vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

[0038] Die Erfindung betrifft somit ein Verfahren zum Betreiben eines langsam laufenden Grossdieselmotors, umfassend einen Zylinderliner mit einem Brennraum und einem dem Brennraum zugeordneten Auslassventil, wobei der Brennraum des Zylinderliners mit einer einen Abgasstutzen und ein Abgassammelrohr umfassenden Abgassammeleinheit strömungsverbunden ist, und im Betriebszustand ein in einer Verbrennung aus einem Kraftstoff und einer Ladeluft gebildetes Abgas aus dem Brennraum des Zylinderliners über das jeweils zugeordnete Auslassventil und den jeweils zugeordneten Abgasstutzen dem Abgassammelrohr zugeführt wird. Weiter ist eine Aufladeeinheit umfassend eine Aufladegruppe zum Verdichten von Luft vorgesehen, welcher das Abgas aus dem Abgassammelrohr zugeführt wird, und die mittels der Aufladegruppe verdichtete Luft in den Zylinderliner über eine jedem Zylinderliner jeweils zugeordnete Spül-
luftöffnung als Ladeluft eingeleitet wird. Erfindungsgemäss umfasst die Abgassammeleinheit eine Abgassonde mit welcher ein Kennwert einer Zusammensetzung des Abgases ermittelt wird und in Abhängigkeit vom Kennwert im Brennraum ein Mengenverhältnis der La-

deluft in Bezug auf den Kraftstoff eingestellt wird.

[0039] Wesentlich für die Erfindung ist somit, dass die Abgassammeleinheit eine Abgassonde umfasst, mit welcher ein Kennwert einer Zusammensetzung des Abgases ermittelt wird und in Abhängigkeit vom Kennwert im Brennraum ein Mengenverhältnis der Menge an Ladeluft in Bezug auf die Menge des Kraftstoff eingestellt wird.

[0040] Somit ist es durch die vorliegende Erfindung erstmals möglich, das aus dem Stand der Technik bisher für langsam laufende Grossdieselmotoren verwendete unflexible statische Konzept der Einstellung des Mengenverhältnisses von Ladeluft zu Kraftstoff im Brennraum des Zylinderliners allein mittels statischer Look-Up Tabellen durch ein neues innovatives Konzept zu ersetzen, das es erstmals ermöglicht, das Mengenverhältnis von Ladeluft zu Kraftstoff im Zylinderliner dynamisch an die aktuellen, tatsächlich herrschenden Verhältnisse im Brennraum des Zylinderliners bzw. an die tatsächlich aktuell herrschenden Betriebsbedingungen bzw. an die die Verbrennung massgeblichen bestimmenden aktuellen Parameter anzupassen. Das geschieht erfindungsgemäss dadurch, dass mittels einer Abgassonde jeweils die aktuelle Zusammensetzung des Abgases nach einem vorgebbaren Zeitschema, z.B. kontinuierlich oder in vorgegebenen Messabständen immer wieder neu bestimmt wird, so dass durch ständige Auswertung der Messergebnisse der Abgassonde das Mengenverhältnis der Ladeluft in Bezug auf den Kraftstoff dynamisch auf jede Veränderung der Verbrennungsbedingungen im Brennraum optimal eingestellt werden kann.

[0041] Der Erfindung liegt letztlich die Erkenntnis zugrunde, dass dadurch, dass die einzelnen Zylinderliner eines langsam laufenden Grossdieselmotors, anders als bei den eingangs erwähnten kleinen schnell laufenden Motoren, bei sehr kleinen Drehzahlen von wenigen hundert Umdrehungen pro Minute (rpm), im Dauerbetrieb typischerweise meist sogar nur bei ca. 100rpm bis 150rpm und selbst bei Vollast bei kaum mehr als 250rpm betrieben werden und diese in der Regel auch nicht bei höheren Umdrehungszahlen betreibbar sind, auch mit relativ langsam messenden Abgassonden, die z.B. Responsezeiten im Bereich von 5ms oder länger haben, wie beispielsweise mit einer bekannten Abgassonde in Form einer Breitband Lamda-Sonde, die Abgasemissionen der einzelner Zylinderliner separat bestimmt werden können.

[0042] Als wesentliches weiteres Kriterium wurde erkannt, dass die einzelnen Zylinderliner eines Grossdieselmotors selbstverständlich zwar mechanisch über die Pleuellwelle gekoppelt sind, andererseits thermisch aber mehr oder weniger entkoppelt sind und sich zudem die einzelnen Zylinderliner und deren Komponenten wie Zylinderlaufflächen, Pleuellringe, Pleuellringe usw. meist in unterschiedlichen Verschleisszuständen befinden, z.B. weil sie zu unterschiedlichen Zeiten ausgetauscht oder gewartet werden, so dass selbst bei sonst thermodynamisch vergleichbaren Bedingungen, ein Verbrennungsvorgang bei zwei verschiedenen Zylinderlinern in ein und

demselben Grossdieselmotor deutlich verschieden ablaufen kann, was unter anderem aus den vorgenannten sogar der Regelfall ist, so dass eine gemeinsame, über alle Zylinderliner gemittelte Auswertung der Abgasqualität, wie sie grundsätzlich bei kleinen schnell laufenden Motoren ausschliesslich durchgeführt werden kann und nicht zuletzt wegen der starken thermischen Kopplung der Zylinder eines kleinen Motors und des prinzipiell immer vergleichbaren Verschleisszustands bei kleinen schnell laufenden Motoren auch nur Sinn macht, bei Grossdieselmotoren eben gerade keinen Sinn macht und aus den zuvor genannten Gründen zu unbrauchbaren Messresultaten führen würde.

[0043] Das heisst, es ist eine wesentliche Erkenntnis der Erfindung, dass die an sich z.B. aus dem Kraftfahrzeugbereich oder von kleinen Schiffsmotoren bekannten Abgassonden, wie die bekannten Lamda-Sonden, auch für langsam laufende Grossdieselmotoren vorteilhaft verwendet werden können, wenn nur ein anderes Messverfahren, also ein Messverfahren, dass sich wesentlich von dem bei kleinen schnell laufenden Motoren verwendeten unterscheidet, eingesetzt wird.

[0044] Somit wird letztlich das weit verbreitete technische Vorurteil, dass eine Regelung des Mengenverhältnisses der Ladeluft in Bezug auf den Kraftstoff mittels eines Abgassensors, wie beispielsweise einer an sich bekannten Lamda-Sonde sinnvoll nicht möglich ist, durch die Erfindung erstmals widerlegt.

[0045] In der Praxis wird das erfindungsgemässe Verfahren mittels eines langsam laufenden Grossdieselmotors durchgeführt, wobei der Grossdieselmotor eine Mehrzahl von Zylinderlinern umfasst, deren Brennraum über das jeweils zugeordnete Auslassventil mit dem Abgassammelrohr derart strömungsverbunden ist, dass im Betriebszustand das Abgas aus jedem Brennraum dem Abgassammelrohr zugeführt wird.

[0046] Ganz besonders bevorzugt ermittelt bei einem erfindungsgemässen Verfahren die Abgassonde den Kennwert der Zusammensetzung des Abgases für jeden Zylinderliner separat, bzw. lässt sich aus den Messdaten der Abgassonde der Kennwert der Zusammensetzung des Abgases für jeden Zylinderliner separat bestimmen, so dass in Abhängigkeit vom Kennwert für jeden einzelnen Zylinderliner individuell ein optimales Mengenverhältnis der Ladeluft in Bezug auf den Kraftstoffs separat und individuell eingestellt werden kann.

[0047] Dabei wird die Abgassonde in der Praxis besonders vorteilhaft direkt am bzw. im Abgasstutzen eines Zylinderliners angeordnet, insbesondere an mehreren oder allen Abgasstutzen des Grossdieselmotors vorgesehen, so dass die Abgassonde im wesentlichen nur die Abgasemissionen aus dem Brennraum desjenigen Zylinderliners misst, dem der entsprechende Abgasstutzen in dem die Abgassonde angeordnet ist, zugeordnet ist. Dabei ist es aber auch möglich, dass die Abgassonde am Abgassammelrohr vorgesehen ist, insbesondere auch, dass mehrere Abgassonden am Abgassammelrohr vorgesehen sind.

[0048] Dabei kann der Kennwert des Abgases, der von der einen oder den mehreren Abgassonden ermittelt wird, und die z.B. im Abgassammelrohr und / oder im Abgasstutzen vorgesehen sein können, mit einer beispielsweise in einer Datenverarbeitungsanlage programmierten bzw. gespeicherten Eichung verglichen werden, und aus dem Vergleich mit der Eichung die Zusammensetzung des Abgases für einen vorgegebenen Zylinderliner, besonders bevorzugt für alle oder mehrere Zylinderliner individuell und separat ermittelt werden und das Mengenverhältnis der Ladeluft in Bezug auf den Kraftstoff für den Brennraum des vorgegebenen Zylinders separat eingestellt werden.

[0049] Der Kennwert kann dabei nach einem geeigneten vorgebbaren Zeitschema, z.B. quasi kontinuierlich, in gleichen periodisch wiederkehrenden Zeitabständen oder nach einem anderen geeigneten Zeitschema, durch die Abgassonde immer wieder neu ermittelt werden und im Brennraum das Mengenverhältnis der Ladeluft in Bezug auf den Kraftstoff in Abhängigkeit vom Kennwert, im Speziellen unter zusätzlicher Verwendung einer Look-Up Tabelle aktualisiert eingestellt bzw. eingeregelt werden.

[0050] Der Fachmann versteht ohne weiteres, dass die Look-Up Tabelle weitere notwendige Daten enthalten kann, wie beispielsweise Informationen über den verwendeten Treibstoff oder über das verwendete Schmieröl, oder Informationen zum Grossdieselmotor, wie beispielsweise dessen Leistung, Zahl der Zylinderliner oder jede andere notwendige Information enthalten kann, die vorteilhaft für die Ermittlung des optimalen Mengenverhältnisses von Ladeluft zu Kraftstoff ist. Auch können selbstverständlich weitere relevante Messdaten wie Temperatur, Druck oder Luftfeuchtigkeit der Ladeluft, die Drehzahl oder die aktuelle Last des Grossdieselmotors oder jeder andere geeignete Betriebsparameter für die Ermittlung des optimalen Mengenverhältnisses von Ladeluft zu Kraftstoff herangezogen werden, wobei zur Ermittlung der vorgenannten zusätzlichen relevanten Grössen auch an geeigneter Stelle am Grossdieselmotor in an sich bekannter Weise geeignete Sensoren zur Erfassung dieser Grössen vorgesehen sein können.

[0051] In der Praxis ist der Kennwert, der durch die Abgassonde ermittelt wird, besonders vorteilhaft eine Restsauerstoffmenge im Abgas und die Abgassonde ermittelt entsprechend die Restsauerstoffmenge im Abgas, wobei die Abgassonde besonders bevorzugt eine an sich bekannte Lamda-Sonde, insbesondere eine Breitband Lamda-Sonde ist.

[0052] Dabei kann das Mengenverhältnis der Ladeluft in Bezug auf den Kraftstoff beispielsweise durch eine Regulierung der in den Brennraum zugeführten Menge an Ladeluft geregelt werden. Massnahmen zur Regulierung der in den Zylinderliner einbringbaren Menge an Ladeluft sind dem Fachmann an sich bekannt. So können z.B. geeignete regelbare Ventile oder Klappen an den Spülschlitzen oder in den Zuleitungen vom oder zum Turbolader oder andere an sich bekannte bauliche Massnahmen

zur Regulierung der in den Brennraum zugeführten Ladeluftmenge vorgesehen werden.

[0053] Auch ist es selbstverständlich möglich, durch Regulierung der in den Brennraum zugeführten Menge an Kraftstoff das Mengenverhältnisses von Ladeluft zu Kraftstoff einzustellen, beispielsweise indem die Dauer der Einbringung z.B. der Einspritzung des Kraftstoffs mittels einer Einspritzdüse in den Brennraum entsprechend geregelt wird, oder z.B. bei Gasmotoren der Druck des in den Brennraum einströmenden Brenngases entsprechend geregelt wird oder andere geeignete Massnahmen zur Regelung der Menge des in den Brennraum eingebrachten Kraftstoffs ermittelt werden, die dem Fachmann an sich wohl bekannt sind und daher hier im einzelnen nicht diskutiert werden müssen.

[0054] Selbstverständlich ist es auch möglich, sowohl die Menge an Kraftstoff als auch die Menge an in den Brennraum eingebrachten Treibstoff gleichzeitig geeignet einzustellen bzw. zu regeln.

[0055] Der Grossdieselmotor wird dabei bei einer maximalen Drehzahl von höchstens 300rpm, im Speziellen zwischen 10rpm und 200rpm, bevorzugt bei einer maximalen Drehzahl zwischen 30rpm und 150rpm betrieben und / oder es wird eine Abgassonde mit einer Responsezeit von weniger als 10ms, im Speziellen mit einer Responsezeit von 2ms bis 10ms, insbesondere mit einer Responsezeit von ca. 5ms verwendet. Es versteht sich, dass die Einstellung bzw. Regelung des optimalen Mengenverhältnisses von Ladeluft zu Kraftstoff umso besser bzw. genauer vorgenommen werden kann, je langsamer der Grossdieselmotor dreht bzw. je kleiner die Responsezeit der Abgassonde, also die Zeit, die die Abgassonde benötigt, um eine verlässliche Messung vorzunehmen, ist.

[0056] Die Erfindung betrifft weiter einen langsam laufenden Grossdieselmotor, insbesondere längsgespülten Zweitakt- oder Viertakt-Grossdieselmotor zur Durchführung eines Verfahrens der vorliegenden Erfindung, wobei an einer Abgassammeleinheit, im Speziellen an einem Abgasstutzen und / oder an einem Abgassammelrohr des Grossdieselmotors eine Abgassonde, insbesondere eine Abgassonde zur Messung eines Restsaurestoffgehalts im Abgas vorgesehen ist.

[0057] Dabei ist der Grossdieselmotor in der Praxis bevorzugt bei einer maximalen Drehzahl von höchstens 300rpm, im Speziellen zwischen 70rpm und 200rpm, bevorzugt bei einer maximalen Drehzahl zwischen 80rpm und 150rpm betreibbar ist und / oder die Abgassonde hat eine Responsezeit von weniger als 10ms, im Speziellen eine Responsezeit von 2ms bis 10ms, insbesondere eine Responsezeit von ca. 5ms.

[0058] Die Erfindung wird im Folgenden an Hand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

Fig. 1 schematisch ein aus dem Stand der Technik bekannter längsgespülter Zweitakt-Grossdieselmotor;

Fig. 2 ein weiterer bekannter Grossdieselmotor mit SCR-Reaktor zur Abgasaufbereitung;

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Zweitakt-Grossdieselmotors mit SCR-Reaktor zur Abgasaufbereitung.

[0059] Die Fig. 1 und Fig. 2 beziehen sich auf Beispiele aus dem Stand der Technik, die bereits eingangs ausführlich beschrieben wurden und daher an dieser Stelle nicht nochmals diskutiert werden müssen.

[0060] Die erfindungsgemässe Hubkolbenbrennkraftmaschine, die im folgenden gesamthaft mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet wird, ist insbesondere als langsam laufender Zweitakt- oder Viertakt-Grossdieselmotor mit Längsspülung ausgelegt, wie er beispielsweise im Schiffsbau verbreitet Verwendung findet.

[0061] Die Fig. 3 zeigt ein spezielles Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Grossdieselmotors 1 in Form eines langsam laufenden längsgespülten Zweitakt-Grossdieselmotors 1, der mit Schweröl als Treibstoff betrieben wird. Der Grossdieselmotor 1 gemäss Fig. 3 ist dabei ein besonders modernes Ausführungsbeispiel, das bereits mit einem SCR-Reaktor 6 zur Reduzierung der Stickoxide ausgerüstet ist.

[0062] Es versteht sich, dass ein erfindungsgemässer langsam laufender Grossdieselmotor nicht unbedingt mit einem Abgaskatalysator ausgerüstet sein muss. Auch betrifft die Erfindung selbstverständlich alle Typen von langsam laufenden Grossdieselmotoren. Also sowohl Zweitakt- als auch Viertakt-Grossdieselmotoren, sowie Grossdieselmotoren, die mit Schweröl, Diesel, Gas oder einem anderen geeigneten Treibstoff betrieben werden, ebenso wie sogenannte Dual-Fuel Motoren, die alternativ oder gleichzeitig mit zwei verschiedenen Treibstoffarten betrieben werden können, beispielsweise mit Schwer- oder Dieselöl und mit Gas, sowie alle andere Typen von langsam laufenden Grossdieselmotoren, die dem Fachmann an sich wohl bekannt sind.

[0063] Der langsam laufende längsgespülte Zweitakt-Grossdieselmotor 1 der Fig. 3 umfasst in an sich bekannter Weise einen Zylinderliner Z mit einem Brennraum 2 und einem dem Brennraum 2 zugeordneten Auslassventil 3, wobei der Brennraum 2 des Zylinderliners Z mit einer einen Abgasstutzen 41 und ein Abgassammelrohr 4 umfassenden Abgassammeleinheit 40 strömungsverbunden ist, so dass im Betriebszustand ein in einer Verbrennung aus einem Kraftstoff F und einer Ladeluft 81 gebildetes Abgas 5 aus dem Brennraum 2 des Zylinderliners Z über das jeweils zugeordnete Auslassventil 3 und den jeweils zugeordneten Abgasstutzen 41 dem Abgassammelrohr 4 zuführbar ist. Der hoch moderne spezielle Grossdieselmotor der Fig. 3 hat dabei eine Abgasaufbereitung in Form eines Abgasreaktors 6, der ein an sich bekannter SCR-Reaktor zur Reduktion der schädlichen Stickoxide im Abgas 5 ist. Die Abgase 5 gelangen aus dem Abgassammelrohr 4 über die als Mischrohr 121 ausgestaltete Mischstrecke 12 in den Abgasreaktor 6 und

werden von dort über ein Abgasverteilerrohr 10 an die beiden Turbolader der beiden Aufladegruppen 71 verteilt. Die Aufladeeinheit 7 umfasst eine Aufladegruppe 71 zum verdichten von Luft 80, die im Betriebszustand von den Turboladern der Aufladegruppen 71 aus der Umgebung angesaugt wird, wobei die mittels der Aufladegruppe 71 verdichtete Luft 80 in den Zylinderliner Z über eine jedem Zylinderliner Z jeweils zugeordnete, in Fig. 3 nicht sichtbare Spülluftöffnung als Ladeluft 81 eingeleitet wird. Erfindungsgemäss umfasst die Abgassammeleinheit 40, hier sowohl in den Abgasstutzen 41 als auch im Abgassammelrohr 4, Abgassonden 9, mit welchen ein Kennwert einer Zusammensetzung des Abgases 5, hier eine Menge an Restsauerstoff im Abgas 5 ermittelt wird, so dass im Betriebszustand in Abhängigkeit vom Kennwert im Brennraum 2 ein Mengenverhältnis L der Ladeluft 81 in Bezug auf den Kraftstoffs F optimal eingestellt werden kann.

[0064] Der Fachmann versteht, dass die Erfindung nicht auf die explizit diskutierten Ausführungsbeispiele beschränkt ist, sondern entsprechende Weiterbildungen ebenfalls von der Erfindung abgedeckt sind. Insbesondere betrifft die Erfindung selbstverständlich alle geeigneten Kombinationen der diskutierten speziellen Ausführungsformen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines langsam laufenden Grossdieselmotors (1), umfassend einen Zylinderliner (Z) mit einem Brennraum (2) und einem dem Brennraum (2) zugeordneten Auslassventil (3), wobei der Brennraum (2) des Zylinderliners (Z) mit einer einen Abgasstutzen (41) und ein Abgassammelrohr (4) umfassenden Abgassammeleinheit (40) strömungsverbunden ist, und im Betriebszustand ein in einer Verbrennung aus einem Kraftstoff (F) und einer Ladeluft (81) gebildetes Abgas (5) aus dem Brennraum (2) des Zylinderliners (Z) über das jeweils zugeordnete Auslassventil (3) und den jeweils zugeordneten Abgasstutzen (41) dem Abgassammelrohr (4) zugeführt wird, und eine Aufladeeinheit (7, 71) umfassend eine Aufladegruppe (71) zum verdichten von Luft (80) vorgesehen ist, welcher das Abgas (5) aus dem Abgassammelrohr (4) zugeführt, und die mittels der Aufladegruppe (71) verdichtete Luft (80) in den Zylinderliner (Z) über eine jedem Zylinderliner (Z) jeweils zugeordnete Spülluftöffnung als Ladeluft (81) eingeleitet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgassammeleinheit (40) eine Abgassonde (9) umfasst mit welcher ein Kennwert einer Zusammensetzung des Abgases (5) ermittelt wird und in Abhängigkeit vom Kennwert im Brennraum (2) ein Mengenverhältnis (L) der Ladeluft (81) in Bezug auf den Kraftstoffs (F) eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Grossdiesel-

motor (1) eine Mehrzahl von Zylinderlinern (Z) umfasst, deren Brennraum (2) über das jeweils zugeordnete Auslassventil (3) mit dem Abgassammelrohr (4) derart strömungsverbunden ist, dass im Betriebszustand das Abgas (5) aus jedem Brennraum (2) dem Abgassammelrohr (4) zugeführt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Abgassonde (9) den Kennwert der Zusammensetzung des Abgases (5) für jeden Zylinder (Z) separat ermittelt.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei in Abhängigkeit vom Kennwert das Mengenverhältnis (L) der Ladeluft (81) in Bezug auf den Kraftstoffs (F) für jeden Brennraum (2) separat eingestellt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Abgassonde (9) am Abgasstutzen (41) vorgesehen ist, insbesondere an mehreren oder allen Abgasstutzen (41) des Grossdieselmotors (1) eine Abgassonde (9) vorgesehen ist.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Abgassonde (9) am Abgassammelrohr (4) vorgesehen ist, insbesondere mehrere Abgassonden (9) am Abgassammelrohr (4) vorgesehen sind.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Kennwert ermittelt von einer oder mehreren Abgassonden (9) mit einer Eichung verglichen wird, und aus dem Vergleich mit der Eichung die Zusammensetzung des Abgases (5) für einen vorgegebenen Zylinderliner (Z) separat ermittelt wird und das Mengenverhältnis (L) der Ladeluft (81) in Bezug auf den Kraftstoffs (F) für den Brennraum (2) des vorgegebenen Zylinderliners (Z) separat eingestellt wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Kennwert ermittelt von einer oder mehreren Abgassonden (9) mit einer Eichung verglichen wird, und aus dem Vergleich mit der Eichung die Zusammensetzung des Abgases (5) für jeden Zylinderliner (Z) des Grossdieselmotors (1) separat ermittelt wird, und das Mengenverhältnis (L) der Ladeluft (81) in Bezug auf den Kraftstoffs (F) für den Brennraum (2) eines jeden Zylinderliners (Z) des Grossdieselmotors (1) separat eingestellt wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Kennwert nach einem vorgebbaren Zeitschema, bevorzugt in periodischen Zeitabständen durch die Abgassonde (9) immer wieder neu ermittelt wird und im Brennraum (2) das Mengenverhältnis (L) der Ladeluft (81) in Bezug auf den Kraft-

stoff (F) in Abhängigkeit vom Kennwert (K), im Speziellen unter zusätzlicher Verwendung einer Look-UP Tabelle aktualisiert eingestellt wird.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Kennwert eine Restsauerstoffmenge im Abgas (5) ist und die Abgassonde (9) die Restsauerstoffmenge im Abgas ermittelt. 5

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Mengenverhältnis (L) der Ladeluft (81) in Bezug auf den Kraftstoff (F) durch eine Regulierung der in den Brennraum (2) zugeführten Menge an Ladeluft (81) und / oder durch Regulierung der in den Brennraum (2) zugeführten Menge an Kraftstoff (F) eingestellt wird. 10
15

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Grossdieselmotor (1) bei einer maximalen Drehzahl von höchstens 300rpm, im Speziellen zwischen 10rpm und 200rpm, bevorzugt bei einer maximalen Drehzahl zwischen 30rpm und 150rpm betrieben wird. 20

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Abgassonde (9) mit einer Responsezeit von weniger als 10ms, im Speziellen mit einer Responsezeit von 2ms bis 10ms, insbesondere mit einer Responsezeit von ca. 5ms verwendet wird. 25
30

14. Langsam laufender Grossdieselmotor, insbesondere längsgespülter Zweitakt- oder Viertakt-Grossdieselmotor zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei an einer Abgassammeleinheit (4), im Speziellen an einem Abgasstutzen (41) und / oder an einem Abgasammelrohr (4) des Grossdieselmotors eine Abgassonde (9), insbesondere eine Abgassonde (9) zur Messung eines Restsauerstoffgehalts im Abgas (5) vorgesehen ist. 35
40

15. Grossdieselmotor nach Anspruch 13, wobei der Grossdieselmotor bei einer maximalen Drehzahl von höchstens 300rpm, im Speziellen zwischen 70rpm und 200rpm, bevorzugt bei einer maximalen Drehzahl zwischen 80rpm und 150rpm betreibbar ist und / oder wobei die Abgassonde (9) eine Responsezeit von weniger als 10ms, im Speziellen eine Responsezeit von 2ms bis 10ms, insbesondere eine Responsezeit von ca. 5ms hat. 45
50

55

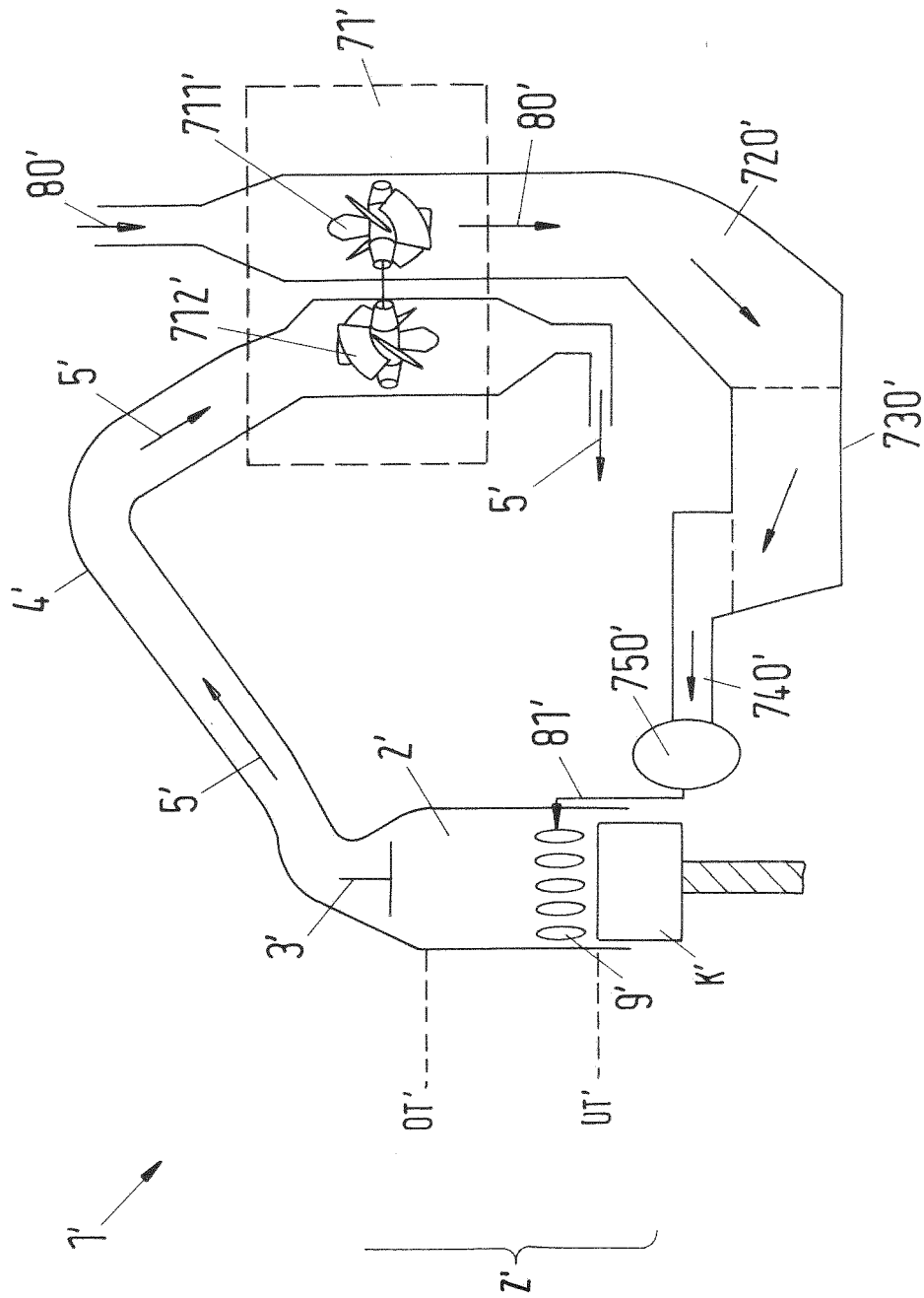


Fig.1

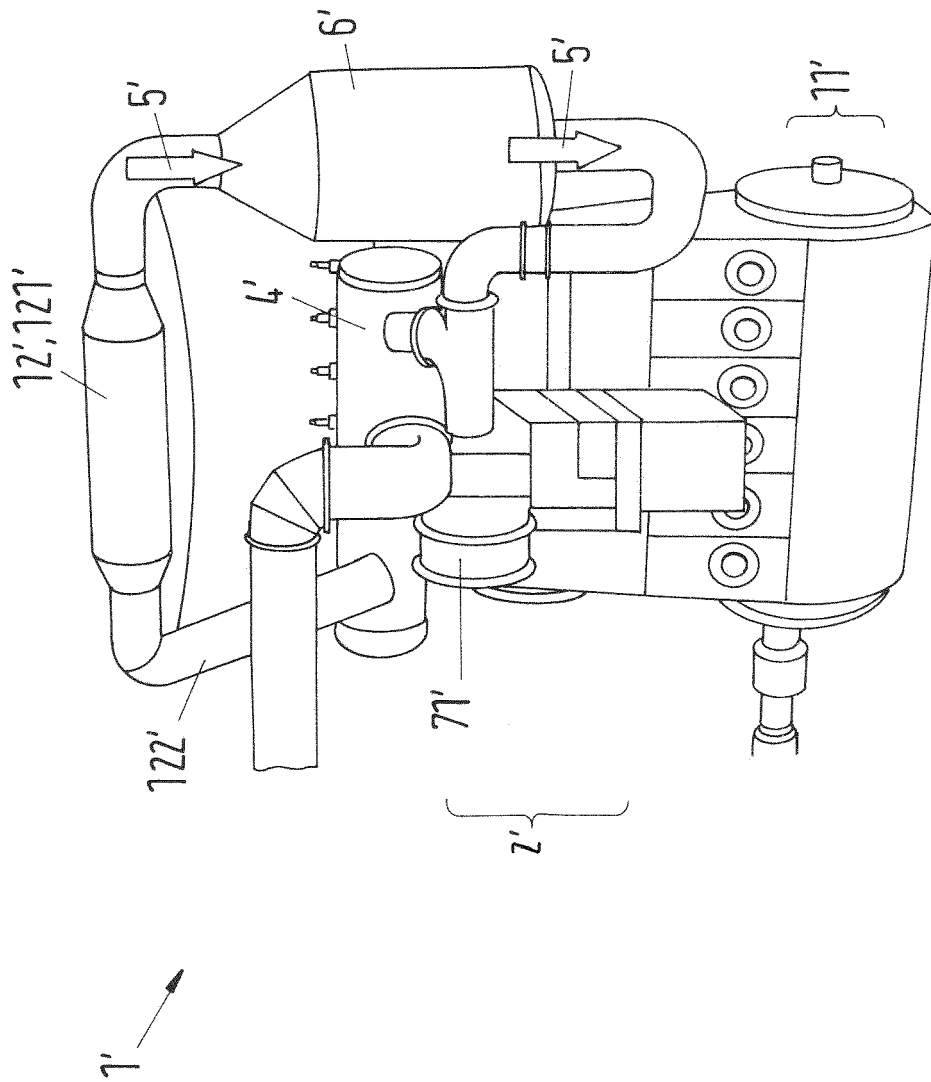


Fig.2

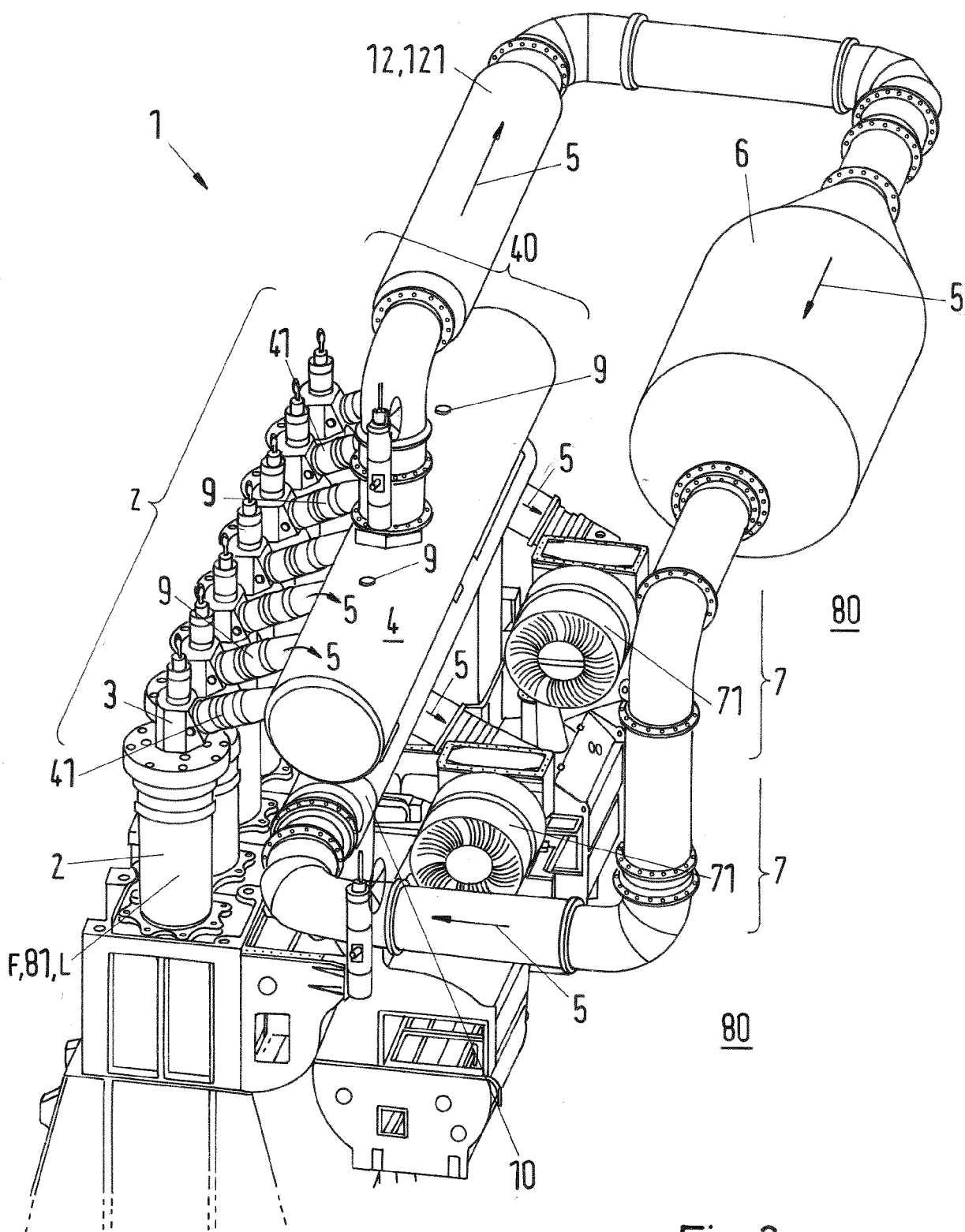


Fig.3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 19 0354

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 112 349 A1 (WAERTSILAE SCHWEIZ AG [CH]) 28. Oktober 2009 (2009-10-28) * Absätze [0027], [0029], [0032], [0041], [0044], [0045]; Abbildungen 1,2 *	1-15	INV. F01N13/00
X	& KR 2009 0111272 A 26. Oktober 2009 (2009-10-26) * Absätze [0027], [0029], [0032], [0041], [0044], [0045]; Abbildung 1 *	1-14	
X	WO 2015/108144 A1 (IHI CORP) 23. Juli 2015 (2015-07-23) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,3 * & EP 3 098 415 A1 (IHI CORP [JP]) 30. November 2016 (2016-11-30) * Absätze [0011], [0013], [0061] - [0063] *	1-15	
X	WO 2015/086898 A1 (LANGH TECH AB OY [FI]) 18. Juni 2015 (2015-06-18) * Absatz [0016]; Abbildung 2 *	1,14	
X	US 8 696 777 B1 (PATIL SUNIL K R [US] ET AL) 15. April 2014 (2014-04-15) * Abbildung 1 *	1,14	
A	DE 10 2008 025671 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 29. Januar 2009 (2009-01-29) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 10. Februar 2017	Prüfer Boye, Michael
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 19 0354

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

10-02-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2112349 A1	28-10-2009	BR PI0900931 A2	26-01-2010
		CN 101566092 A	28-10-2009
		DK 2112349 T3	24-06-2013
		EP 2112349 A1	28-10-2009
		JP 5461039 B2	02-04-2014
		JP 2009264372 A	12-11-2009
		KR 20090111272 A	26-10-2009
		RU 2009115011 A	27-10-2010

WO 2015108144 A1	23-07-2015	CN 105874181 A	17-08-2016
		EP 3098415 A1	30-11-2016
		KR 20160090392 A	29-07-2016
		WO 2015108144 A1	23-07-2015

WO 2015086898 A1	18-06-2015	KEINE	

US 8696777 B1	15-04-2014	KEINE	

DE 102008025671 A1	29-01-2009	CN 101324199 A	17-12-2008
		DE 102008025671 A1	29-01-2009
		US 2008295815 A1	04-12-2008

EPO FORM P0461

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