

(19)



(11)

EP 3 121 428 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
25.01.2017 Patentblatt 2017/04

(51) Int Cl.:
F02D 41/30 ^(2006.01) **F02D 19/02** ^(2006.01)
F02D 41/00 ^(2006.01) **F02M 21/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16167075.7**

(22) Anmeldetag: **26.04.2016**

(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: **OTT, Marcel**
8406 Winterthur (CH)

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

(30) Priorität: **19.05.2015 EP 15168102**

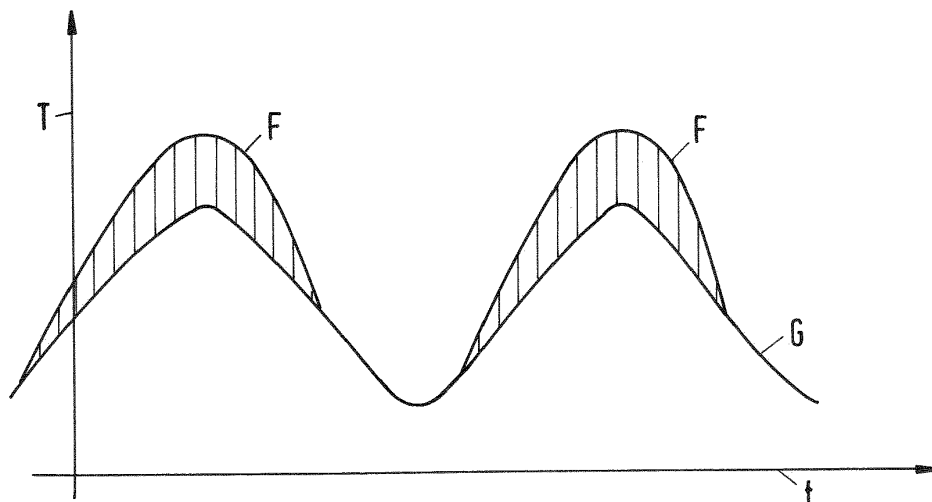
(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES GROSSDIESELMOTORS, VERWENDUNG DIESES VERFAHRENS SOWIE GROSSDIESELMOTOR**

(57) Es wird ein Verfahren zum Betreiben eines Grossdieselmotors vorgeschlagen, welcher zumindest in einem Gasmodus betreibbar ist, in welchem ein Gas als Brennstoff in einen Zylinder eingebracht wird, wobei während des Betriebs im Gasmodus (10) ein Zustand starker Lastwechsel detektiert wird (13) und dann der Grossdieselmotor in einem Transientmodus betrieben wird, der die folgenden Schritte umfasst:

- Festlegen eines Sollwertes für die Drehzahl oder das Drehmoment des Motors

- Bestimmen einer Obergrenze für die Menge an Gas (14), die pro Arbeitszyklus des Grossdieselmotors als Brennstoff bereitgestellt wird,

- Bestimmen einer Zusatzmenge eines flüssigen Brennstoffs (14), der zusätzlich zu dem Gas in den Brennraum eingebracht wird, wobei die Zusatzmenge so bemessen ist, dass der Sollwert für die Drehzahl realisiert wird. Ferner wird ein Grossdieselmotor vorgeschlagen, der nach einem solchen Verfahren betrieben wird.

Fig.3**EP 3 121 428 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Grossdieselmotors, einen Grossdieselmotor und die Verwendung des Verfahrens gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs der jeweiligen Kategorie.

[0002] Grossdieselmotoren, die als Zweitakt- oder als Viertakt-Maschinen ausgestaltet sein können, beispielsweise als längsgespülte Zweitakt-Grossdieselmotoren, werden häufig als Antriebsaggregate für Schiffe oder auch im stationären Betrieb, z.B. zum Antrieb grosser Generatoren zur Erzeugung elektrischer Energie eingesetzt. Dabei laufen die Motoren in der Regel über beträchtliche Zeiträume im Dauerbetrieb, was hohe Anforderungen an die Betriebssicherheit und die Verfügbarkeit stellt. Daher sind für den Betreiber insbesondere lange Wartungsintervalle, geringer Verschleiss und ein wirtschaftlicher Umgang mit den Betriebsstoffen zentrale Kriterien.

[0003] Ein weiterer wesentlicher Punkt ist seit einigen Jahren mit zunehmender Bedeutung die Qualität der Abgase, insbesondere die Stickoxid Konzentration in den Abgasen. Hier werden die rechtlichen Vorgaben und Grenzwerte für die entsprechenden Abgasgrenzwerte immer weiter verschärft. Das hat insbesondere bei Zweitakt-Grossdieselmotoren zur Folge, dass die Verbrennung des klassischen, mit Schadstoffen hoch belasteten Schweröls, aber auch die Verbrennung von Dieselöl oder anderen Brennstoffen problematischer wird, weil die Einhaltung der Abgasgrenzwerte immer schwieriger, technisch aufwändiger und damit teurer wird oder am Ende deren Einhaltung gar nicht mehr sinnvoll möglich ist.

[0004] In der Praxis besteht daher bereits seit langem 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.

[0005] Mit dem Begriff "Grossdieselmotor" sind auch solche Grossmotoren gemeint, die ausser im Dieseltrieb, 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 kann. Ferner umfasst der Begriff Grossdieselmotor insbesondere auch die genannten Dual-Fuel-Motoren und solche Grossmotoren, bei denen die Selbstzündung des Brennstoffs zur Fremdzündung eines anderen

Brennstoffs genutzt wird.

[0006] Im Flüssigmodus wird üblicherweise der Brennstoff direkt in den Brennraum des Zylinders 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 Spülluft zu vermischen, um so im Brennraum des Zylinders ein zündfähiges Gemisch zu erzeugen. Bei diesem Niederdruckverfahren erfolgt die Zündung des Gemisches im Zylinder üblicherweise, indem im richtigen Moment eine kleine Menge flüssiger Brennstoff in den Brennraum des Zylinders oder in eine Vorkammer eingespritzt wird, die dann zur Zündung des Luft-Gas-Gemisches führt. Ein Dual-Fuel Motor kann während des Betriebs vom Gasmodus in den Flüssigmodus umgeschaltet werden und umgekehrt.

[0007] 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. Ein solcher reiner Gasmotor ist beispielweise in der WO 2010 147071 A1 angegeben. Weiterer Stand der Technik findet sich z.B. in der DE 10 2010 005814 A1.

[0008] Ganz gleich ob es sich um einen Dual-Fuel Motor oder um einen reinen Gasmotor handelt ist der Vorgang der Einbringung des Brennstoffs Gas in den Brennraum des Zylinders einer entsprechenden Hubkolbenbrennkraftmaschine von entscheidender Bedeutung für den zuverlässigen, schadstoffarmen und sicheren Betrieb eines solchen Motors.

[0009] Im Gasmodus ist insbesondere das Einstellen des korrekten Verhältnisses von Spülluft zu Gas, das sogenannte Luft/Kraftstoffverhältnis, von entscheidender Bedeutung. In einem Grossdieselmotor wird die Spül- oder Ladeluft üblicherweise von einem Turbolader zur Verfügung gestellt, der einen Spül- oder Ladeluftdruck generiert, welcher von der Last des Motors und damit von der Leistung bzw. vom Drehmoment bzw. der Drehzahl des Motors abhängt. Für einen gegebenen Spülluftdruck lässt sich die Masse der Luft im Zylinder berechnen und dann für das jeweilige benötigte Antriebsmoment, welches vom Motor generiert wird, bzw. für die gewünschte Drehzahl eine geeignete Menge des gasförmigen Brennstoffs bestimmen, der für diesen Betriebszustand zu einem optimalen Verbrennungsprozess führt.

[0010] Insbesondere, wenn der Gasmodus nach dem Otto-Prinzip betrieben wird, ist die korrekte Einstellung des Luft-Gas-Verhältnisses von entscheidender Bedeutung für einen möglichst schadstoffarmen, effizienten und wirtschaftlichen Betrieb des Motors. Ist der Gasanteil zu hoch, so wird das Luft-Gas-Gemisch zu fett. Die Verbrennung des Gemisches erfolgt zu schnell oder zu früh was zum Klopfen des Motors führen kann. Da der Verbrennungsprozess dann nicht mehr korrekt auf die Kolbenbewegung im Zylinder abgestimmt ist, führt dies unter

anderem auch dazu, dass die Verbrennung teilweise gegen die Bewegung des Kolbens arbeitet.

[0011] Auch wenn die korrekte Einstellung des Luft-Gas-Verhältnisses in modernen Grossdieselmotoren unter normalen Betriebsbedingungen keine grösseren Probleme mehr darstellt, so ergeben sich unter Betriebsbedingungen mit sehr plötzlichen, häufigen und starken Lastwechseln des Motors häufig Schwierigkeiten.

[0012] Als ein Beispiel sei hier genannt, wenn ein von einem Grossdieselmotor angetriebenes Schiff in schweren Seegang gerät. Dies kann zur Folge haben, dass die von dem Motor direkt angetriebene Schiffsschraube durch den hohen Wellengang mehr oder minder periodisch teilweise oder sogar ganz aus dem Wasser herauskommt, um anschliessend wieder vollständig einzutauchen. Dies hat natürlich sehr grosse und plötzliche Lastwechsel des Motors, bzw. des vom Motor auf das Wasser übertragenen Antriebsdrehmoments zur Folge. Da das Turboladersystem zur Bereitstellung der Spülluft phasenverschoben auf den Lastwechsel des Motors reagiert, kann es in solchen Betriebszuständen sehr leicht passieren, dass das Luft-Gas-Gemisch im Zylinder aufgrund eines zu niedrigen Spülluftdrucks zu fett wird, was dann zu einer schnellen oder klopfenden Verbrennung führt, die natürlich nachteilig ist. Solche schnellen und plötzlichen Lastwechsel sind im Gasmodus in der Praxis nur sehr schwer oder gar nicht mehr regelbar, sodass beispielsweise ein Herunterfahren der Motorleistung oder eine ständige Änderung bzw. Anpassung der Motordrehzahl notwendig wird oder aber ein Wechsel vom Gasmodus in den Flüssigmodus. Bei einem Grossdieselmotor, der im Flüssigmodus beispielsweise mit Schweröl betrieben wird, ist es jedoch aufgrund der geltenden Abgasbestimmungen gar nicht mehr zulässig, ihn in Küstennähe im Flüssigmodus zu betreiben, weil sich im Flüssigmodus die Abgasgrenzwerte nicht mehr einhalten lassen.

[0013] Ein anderes Beispiel, bei welchem sehr plötzliche, häufige oder starke Lastwechsel des Motors auftreten können, ist der Manövrierbetrieb eines Schiffes.

[0014] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es daher eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben eines Grossdieselmotors vorzuschlagen, mit welchem der Grossdieselmotor auch bei plötzlichen, häufigen oder starken Laständerungen, wie sie beispielsweise bei einem Schiff im schweren Seegang oder im Manövrierbetrieb auftreten, noch zuverlässig, effizient und umweltfreundlich betrieben werden kann. Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung, einen entsprechenden Grossdieselmotor vorzuschlagen.

[0015] Die diese Aufgabe lösenden Gegenstände der Erfindung sind durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs der jeweiligen Kategorie gekennzeichnet.

[0016] Erfindungsgemäss wird also ein Verfahren zum Betreiben eines Grossdieselmotors vorgeschlagen, welcher zumindest in einem Gasmodus betreibbar ist, in welchem ein Gas als Brennstoff in einen Zylinder einge-

bracht wird, wobei während des Betriebs im Gasmodus ein Zustand starker Lastwechsel detektiert wird und dann der Grossdieselmotor in einem Transientmodus betrieben wird, der die folgenden Schritte umfasst:

- Festlegen eines Sollwertes für die Drehzahl oder das Drehmoment des Motors
- Bestimmen einer Obergrenze für die Menge an Gas, die pro Arbeitszyklus des Grossdieselmotors als Brennstoff bereitgestellt wird,
- Bestimmen einer Zusatzmenge eines flüssigen Brennstoffs, der zusätzlich zu dem Gas in den Brennraum eingebracht wird, wobei die Zusatzmenge so bemessen ist, dass der Sollwert für die Drehzahl realisiert wird.

[0017] Dadurch, dass die Menge des zugeführten Gases auf eine Obergrenze beschränkt wird, die so bemessen ist, dass die Verbrennung des Luft-Gas-Gemisches im Zylinder nicht in den Bereich einer zu schnellen oder klopfenden Verbrennung gelangt, ist es möglich den Gasmodus auch bei plötzlichen, häufigen oder periodischen Lastwechseln oder Laständerungen weiter zu benutzen, ohne dass die Gefahr eines ineffizienten, schadstoffreichen und unwirtschaftlichen Betriebs resultiert. Die aufgrund der beschränkten oder reduzierten Gaszufuhr fehlende Leistung zum Erreichen der gewünschten Soll-Drehzahl wird dann dadurch generiert, dass im Transientmodus zusätzlich zu dem Gas eine vorbestimmte Menge an flüssigem Brennstoff in den Zylinder eingebracht wird, deren Verbrennung die fehlende Energie bzw. Leistung liefert.

[0018] Durch das erfindungsgemässe Verfahren ist es somit möglich, eine ähnliche Lastantwort in einem Grossdieselmotor zu realisieren, der zumindest in einem Gasmodus betreibbar ist, wie in einem Grossdieselmotor, der nur im Flüssigmodus betrieben wird. Dies wird dadurch möglich, dass das Luft-Gas-Gemisch im Zylinder nicht zu fett werden kann und die zusätzliche Verbrennung des flüssigen Brennstoffs, die in der Regel nach dem Diesel-Prinzip erfolgt, wesentlich weniger empfindlich auf Änderungen im Spülluftdruck reagiert.

[0019] Vorzugsweise ist der Grossdieselmotor als Dual-Fuel Motor zur Verbrennung eines Gases und zur Verbrennung eines flüssigen Brennstoffs, insbesondere Diesel oder Schweröl, ausgestaltet. Durch das erfindungsgemässe Verfahren wird es somit ermöglicht, dass ein Dual-Fuel Motor selbst bei plötzlichen und häufigen Lastwechseln noch effizient im Gasmodus betrieben werden kann. Im Falle des wichtigen Anwendungsbeispiels eines Grossdieselmotors als Antriebsaggregat eines Schiffes bedeutet, dies dass auch bei schwerem Seegang des Gasmodus weiterhin effizient genutzt werden kann. Durch das erfindungsgemässe Verfahren erhöht sich die Laufruhe des Motors und die Geschwindigkeitsfluktuationen werden deutlich reduziert.

[0020] Es ist vorteilhaft, wenn der jeweils aktuelle zur Verfügung stehende Druck der Spülluft zur Bestimmung

der Obergrenze für die Menge an Gas herangezogen wird. Somit lässt sich der Anteil, der auf der Verbrennung des Gases beruht, optimieren.

[0021] Gemäss einer ersten Ausführungsform wird der Transientmodus manuell eingeleitet. So kann beispielsweise auf einem Schiff das Bedienpersonal beim Eintreten von schwerem Seegang den Transientmodus des Motors aktivieren.

[0022] Es ist bevorzugt, wenn alternativ oder ergänzend der Transientmodus in Abhängigkeit von mindestens einem der folgenden Parameter eingeleitet wird: aktueller Druck der Spülluft, Zylinderdruck, berechnetes Luft-zu-Gas-Verhältnis, Signal eines Klopfdetektors, Verhältnis aus Drehzahl zu Last des Motors, Änderung des Verhältnisses aus Drehzahl zu Last des Motors, Drehmoment des Motors, Änderung des Drehmoments, Menge des benötigten Brennstoffs für die Einspritzung, Änderung der Menge des benötigten Brennstoffs für die Einspritzung. Die kontinuierliche oder regelmässige Bestimmung mindestens einer dieser Parameter ermöglicht auch eine automatische Aktivierung des Transientmodus.

[0023] Um im Transientmodus die Zusatzmenge des flüssigen Brennstoffs in den Brennraum einzubringen, gibt es mehrere bevorzugte Varianten:

[0024] Die Zusatzmenge des flüssigen Brennstoffs kann mittels einer Einspritzvorrichtung in den Brennraum eingebracht werden, welches in einem Flüssigmodus des Grossdieselmotors verwendet wird.

[0025] Die Zusatzmenge des flüssigen Brennstoffs kann mittels einer Piloteinspritzvorrichtung in den Brennraum eingebracht werden, welche im Gasmodus zur Zündung des Gases verwendet wird.

[0026] Die Zusatzmenge des flüssigen Brennstoffs kann mittels einer separaten Einspritzvorrichtung in den Brennraum eingebracht werden, welche für den Transientmodus vorgesehen ist.

[0027] Auch bezüglich der Zuführung des Gases in den Brennraum gibt es mehrere bevorzugte Varianten:

[0028] Die Zuführung des Gases in den Zylinder kann durch einen Zylinderliner hindurch erfolgen. Hierzu sind an sich bekannte Gaszuführsysteme bekannt, die an der Wandung des Zylinders vorgesehen sind und das Gas durch den Zylinderliner in den Innenraum des Zylinders einbringen. Solche Gaszuführsysteme sind vorzugsweise so angeordnet, dass sie das Gas an einer Stelle in den Zylinder einbringen, die vom oberen oder unteren Totpunkt des Kolbens im Zylinder eine Entfernung hat, insbesondere eine solche, die 40%-60%, vorzugsweise 50%, des Abstands zwischen dem oberem Totpunkt und dem unterem Totpunkt beträgt.

[0029] Die Zuführung des Gases in den Zylinder kann auch an einem Zylinderkopf erfolgen. Auch hierfür sind Gaszuführsysteme bekannt.

[0030] Auch ist es möglich, dass das Gas der Spülluft zugeführt wird, bevor die Spülluft in den Zylinder eingebracht wird oder wenn die Spülluft in den Zylinder eingebracht wird. Die letztgenannte Variante kann insbeson-

dere auch so realisiert werden, dass eine oder mehrere Gaseinlassdüsen an einem bzw. an mehreren Stege(n) vorgesehen sind, die benachbarte Spülluftöffnungen oder Spülluftschlitze voneinander trennen.

[0031] Erfindungsgemäss wird ferner ein Grossdieselmotor vorgeschlagen, welcher zumindest in einem Gasmodus betreibbar ist und welcher nach einem erfindungsgemässen Verfahren betrieben wird. Die hieraus resultierenden Vorteile entsprechen den voranstehenden Erläuterungen des erfindungsgemässen Verfahrens.

[0032] Vorzugsweise ist der Grossdieselmotor als Dual-Fuel Motor zur Verbrennung eines Gases und zur Verbrennung eines flüssigen Brennstoffs, insbesondere Diesel oder Schweröl, ausgestaltet.

[0033] In einer bevorzugten Ausführungsform ist eine Motorensteuerung vorgesehen, welche eine Kontrolleinrichtung zum Einleiten und Durchführen des Transientmodus umfasst.

[0034] Ferner wird erfindungsgemäss die Verwendung eines erfindungsgemässen Verfahrens zur Nachrüstung eines Grossdieselmotors, insbesondere eines Dual-Fuel Motors vorgeschlagen. Da sich das erfindungsgemässe Verfahren in vielen Fällen ohne grösseren zusätzlichen apparativen Aufwand realisieren lässt, ist es insbesondere auch dafür geeignet, bereits existierende Grossdieselmotoren umzurüsten bzw. nachzurüsten, damit diese insbesondere bei häufigen und plötzlich auftretenden Laständerungen, beispielsweise bei schwerem Seegang, effizient, sicher und umweltfreundlich betrieben werden können.

[0035] Weitere vorteilhafte Massnahmen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0036] Im Folgenden wird die Erfindung sowohl in apparativer als auch in verfahrenstechnischer Hinsicht anhand von Ausführungsbeispielen und anhand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung der Abhängigkeit des Drehmoments vom Luft-Gas Verhältnis in einem Ausführungsbeispiel eines Grossdieselmotors, Ausführungsbeispiels der Erfindung,

Fig. 2: eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemässen Verfahrens, und

Fig. 3: eine schematische beispielhafte Darstellung des zeitlichen Verlaufs des Drehmoments.

[0037] Bei der folgenden Beschreibung der Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels wird mit beispielhaftem Charakter auf den für die Praxis besonders wichtigen Fall eines Grossdieselmotors Bezug genommen, der als Dual-Fuel Motor ausgestaltet ist, also als ein Motor, der mit zwei unterschiedlichen Brennstoffen betrieben werden kann. Im speziellen kann dieses Ausführungsbei-

spiel des Grossdieselmotors in einem Flüssigmodus betrieben werden, in welchem nur ein flüssiger Brennstoff in einen Brennraum eines Zylinders eingespritzt wird. Üblicherweise wird der flüssige Brennstoff, beispielsweise Schweröl oder ein Dieselöl zu einem geeigneten Zeitpunkt direkt in den Brennraum eingespritzt und entzündet sich dort nach dem Diesel-Prinzip der Selbstzündung. Der Grossdieselmotor kann aber auch in einem Gasmodus betrieben werden, bei dem ein als Brennstoff dienendes Gas, beispielsweise Erdgas, in Form eines Luft-Gas-Gemisches im Brennraum zur Zündung gebracht wird. Im speziellen arbeitet der Grossdieselmotor im Gasmodus nach einem Niederdruckverfahren, d.h. das Gas wird im gasförmigen Zustand in den Zylinder eingebracht. Die Vermischung mit der Luft kann dabei im Zylinder selbst erfolgen oder auch schon vor dem Zylinder. Das Luft-Gas-Gemisch wird im Brennraum nach dem Otto-Prinzip fremdgezündet. Diese Fremdzündung wird üblicherweise dadurch bewirkt, dass zu einem geeigneten Moment eine kleine Menge flüssiger Brennstoff in den Brennraum eingebracht wird, der sich dann selbstentzündet und dadurch die Fremdzündung des Luft-Gas-Gemisches verursacht.

[0038] Der Grossdieselmotor kann sowohl als Viertakt-Motor als auch als Zweitaktmotor ausgestaltet sein. Bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel ist der Grossdieselmotor als längsgespülter Zweitakt-Grossdieselmotor ausgestaltet, der im Flüssigmodus mit einem Common-Rail System arbeitet.

[0039] Der Aufbau und die einzelnen Komponenten eines Grossdieselmotors, wie beispielsweise das Einspritzsystem für den Flüssigmodus, das Gaszuführsystem für den Gasmodus, das Gaswechselsystem, das Abgassystem oder das Turboladersystem für die Bereitstellung der Spül- bzw. Ladeluft, sowie die Kontroll- und Steuerungssystem für einen Grossdieselmotor sind dem Fachmann sowohl für die Ausgestaltung als Zweitaktmotor als auch für die Ausgestaltung als Viertaktmotor hinlänglich bekannt und bedürfen daher hier keiner weiteren Erläuterung.

[0040] Bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel eines längsgespülten Zweitakt-Grossdieselmotors sind üblicherweise im unteren Bereich eines jeden Zylinders bzw. Zylinderliners Spülluftschlitze vorgesehen, die durch die Bewegung des Kolbens im Zylinder periodisch verschlossen und geöffnet werden, sodass die von dem Turbolader unter einem Ladedruck bereitgestellte Spülluft durch die Spülluftschlitze in den Zylinder einströmen kann, solange diese geöffnet sind. Im Zylinderkopf bzw. im Zylinderdeckel ist ein meistens zentral angeordnetes Auslassventil vorgesehen, durch welches die Verbrennungsgase nach dem Brennprozess aus dem Zylinder in das Abgassystem ausgetragen werden können. Für das Einbringen des flüssigen Brennstoffs sind ein oder mehrere Brennstoffeinspritzdüsen vorgesehen, die beispielsweise im Zylinderkopf in der Nähe des Auslassventils angeordnet sind. Für die Gaszuführung im Gasmodus ist ein Gaszuführsystem vorgesehen, das min-

destens ein Gaseinlassventil mit einer Gaseinlassdüse umfasst. Die Gaseinlassdüse ist typischerweise in der Wandung des Zylinders vorgesehen, beispielsweise auf einer Höhe, die etwa in der Mitte zwischen dem oberen und dem unteren Totpunkt des Kolbens liegt.

[0041] Ferner wird im Folgenden beispielhaft auf den Anwendungsfall Bezug genommen, dass der Grossdieselmotor das Antriebsaggregat eines Schiffes ist.

[0042] Aufgrund der gesetzlichen Bestimmungen bezüglich der Abgaswerte müssen heute Grossdieselmotoren in Küstennähe häufig im Gasmodus betrieben werden, weil sonst die vorgeschriebenen Grenzwerte für den Abgasausstoss, insbesondere sind dies Stickoxide NO_x und Schwefeldioxide, nicht mehr eingehalten werden können.

[0043] Im Gasmodus sind die Effizienz und die möglichst schadstoffarme Verbrennung des Luft-Gas-Gemisches ganz empfindlich von dem Verhältnis der Menge an Luft und der Menge an Gas abhängig. Dieses Verhältnis wird üblicherweise durch den λ -Wert angegeben, welcher das Verhältnis aus der Masse der für die Verbrennung zur Verfügung stehenden Luft und der Masse des Gases angibt, welches als Brennstoff verwendet wird.

[0044] Das optimale Luft-zu-Gas Verhältnis hängt von dem vom Motor zu generierenden Antriebsdrehmoment ab und damit von der gewünschten Geschwindigkeit des Schiffes. Da Grossdieselmotoren üblicherweise direkt mit der Schiffschraube des Schiffes verbunden sind, entspricht jeder Geschwindigkeit eine Drehzahl des Motors.

[0045] Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung einen beispielhaften Zusammenhang zwischen dem Luft-zu-Gas Verhältnis 1 und dem vom Motor generierten Drehmoment 2, welches das Schiff antreibt. Diese Darstellung gilt für ein bestimmtes Drehmoment, was einer bestimmten Geschwindigkeit des Schiffes - oder einer bestimmten Drehzahl des Motors -, entspricht, wenn sich das Schiff in im Wesentlichen ruhigem Gewässer bewegt. Im speziellen ist das in Fig. 1 dargestellte Drehmoment 2 das BMEP (Brake Mean Effective Pressure) Drehmoment, was im Wesentlichen ein über einen Arbeitszyklus (eine Periode der Kolbenbewegung für Zweitakt-Maschinen und zwei Perioden der Kolbenbewegung für Viertakt-Maschinen) gemitteltes Drehmoment ist.

[0046] In der Darstellung in Fig. 1 sind zwei Grenzkurven zu sehen, nämlich eine Klopfgrenze (knocking-Kurve) 3 und eine Zündaussetzgrenze (misfiring-Kurve) 4. Bei Betriebszuständen, die sich darstellungsgemäss oberhalb der Klopfgrenze 3 befinden, ist das Luft-Gas-Gemisch zu fett, das heisst es ist zu wenig Luft im Gemisch. Ein zu fettes Gemisch kann zu verschiedenen Problemen führen, nämlich dass die Verbrennung zu schnell abläuft (fast combustion) oder dass der Motor zu klopfen beginnt oder dass das Gemisch im Zylinder dann üblicherweise durch Selbstzündung aufgrund des zu hohen Gehalts an Gas zu früh (bezogen auf den Arbeitszyklus) zu verbrennen beginnt (pre-ignition). Bei Betriebszuständen, die darstellungsgemäss oberhalb der

Zündaussetzgrenze 4 liegen, ist das Luft-Gas-Gemisch zu mager, das heisst es ist nicht genügend Gas für eine optimale Verbrennung im Brennraum vorhanden.

[0047] Daher ist man bemüht, den Grossdieselmotor stets an einem optimalen Punkt 5 für das Luft-zu-Gas Verhältnis zu betreiben. In der Praxis sind natürliche Schwankungen des Drehmoments bzw. des Luft-zu-Gas-Verhältnisses 1 auch bei konstanter Drehzahl bzw. konstanter Geschwindigkeit des Schiffes nicht zu vermeiden bzw. nicht regelbar, daher gibt es einen Toleranzbereich 6, der in Fig. 1 durch die beiden Geraden 7 und 8 begrenzt ist, innerhalb dessen Abweichungen des Luft-zu-Gas Verhältnisses 1 vom optimalen Punkt 5 toleriert werden. Ein optimaler Betrieb im Gasmodus ist in Fig. 1 durch den mit A bezeichneten Betriebspunkt gegeben.

[0048] Wenn nun das Schiff aus ruhigem Wasser (worauf sich Fig. 1 bezieht) in schwere See gerät, so können daraus sehr plötzlich und starke Lastwechsel für den Motor resultieren, d.h. das von dem Motor über die Schiffsschraube auf das Wasser ausgeübte Drehmoment kann sich sehr schnell und um grosse Beträge ändern (Lastwechsel). So kann es beispielsweise sein, dass bei starkem Wellengang die Schiffsschraube kurzfristig teilweise oder ganz aus dem Wasser herauskommt, was die momentane Last des Motors enorm reduziert. Taucht die Schiffsschraube anschliessend wieder vollständig in das Wasser ein, so führt das zu einer deutlichen Lasterhöhung und damit zu einer Erhöhung des Drehmoments. In Fig. 1 bedeutet dies in der Praxis, dass man sich beispielsweise vom Punkt A zu dem mit B bezeichneten Punkt bewegt, der oberhalb der knocking-Kurve 3 liegt und somit in dem Bereich der "fast combustion" und/oder des Klopfens. Aufgrund der phasenverschobenen Antwort des Turboladersystems kann die Spülluft nicht mehr mit dem benötigten Ladedruck zur Verfügung gestellt werden, sodass das Luft-Gas-Gemisch zu fett wird.

[0049] Da im schweren Seegang diese starken Fluktuationen der Motorlast häufig hintereinander, näherungsweise periodisch auftreten, ist somit ein effizienter, wirtschaftlicher und schadstoffarmer Betrieb des Grossdieselmotors im Gasmodus nicht mehr möglich.

[0050] Dem wird durch das erfindungsgemässe Verfahren Abhilfe geschaffen. Fig. 2 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Verfahrens. Ausgangspunkt ist in einem Schritt 10, dass der Grossdieselmotor im Gasmodus betrieben wird. Gerät das Schiff nun in schwere See, so kann dieser Zustand durch Beobachtung des Betriebspersonals 11 und/oder anhand der Auswertung von Betriebsparametern durch die Motorensteuerung oder andere Kontrolleinrichtungen im Schritt 12 detektiert werden. Werden die dadurch verursachten starken Lastwechsel als zu gross beurteilt, so wird in einem Schritt 13 entschieden, den Grossdieselmotor in einen Transientmodus umzuschalten. In diesem Transientmodus wird zunächst ein Sollwert für die Drehzahl oder das von

dem Motor zu generierende Drehmoment festgelegt. Dies kann beispielsweise der Wert sein, welcher der Bewegung des Schiffs im ruhigen Wasser entspricht. In einem Schritt 14 bestimmt die Kontrolleinrichtung eine Obergrenze für die Menge an Gas, die pro Arbeitszyklus des Grossdieselmotors als Brennstoff bereitgestellt wird. Diese Obergrenze wird dabei so festgelegt, dass die zur Verfügung stehende Spülluft ausreichend ist, um die durch die Obergrenze festgelegte maximale Menge an Gas so zu verbrennen, dass der Bereich der "fast combustion" und/oder der klopfenden Verbrennung vermieden wird, das Luft-Gas-Gemisch also nicht zu fett wird. Die Obergrenze für die maximal zulässige Menge an Gas zur Vermeidung der Überschreitung der Klopfgrenze 3 (Fig. 1) hängt von der Masse der im Zylinder vorhandenen Luft ab. Bei bekanntem Zylindervolumen kann diese Masse der Luft mit Hilfe des zur Verfügung stehenden Ladedrucks der Spülluft bestimmt werden. Dabei werden natürlich die Schwankungen des Ladedrucks berücksichtigt, d.h. man geht vorteilhafterweise von einem minimalen Ladedruck aus, der auf jeden Fall zur Verfügung steht. In die Bestimmung einer geeigneten Obergrenze für die Gasmenge können natürlich auch Erfahrungswerte oder andere bekannte Betriebsgrössen des Grossdieselmotors einfließen.

[0051] Besonders bevorzugt wird der momentan zur Verfügung stehende Ladedruck der Spülluft für die Bestimmung der Obergrenze der Menge an Gas herangezogen. Dieser Ladedruck wird üblicherweise in einem Grossdieselmotor messtechnisch erfasst und steht somit in der Kontrolleinrichtung zur Verfügung bzw. kann an diese übermittelt werden. Insbesondere kann dabei die Bestimmung der Obergrenze für die Gasmenge mit Hilfe der Differenz aus dem momentanen Wert des zur Verfügung stehenden Ladedrucks der Spülluft und dem benötigten Ladedruck der Spülluft bestimmt werden. Der benötigte Ladedruck für die aktuellen Betriebsparameter ist beispielsweise in look-up-Tabellen oder -Matrizen gespeichert.

[0052] Die Kontrolleinrichtung umfasst dann eine vom Ladedruck abhängige Obergrenze für die Gasmenge, die dem Zylinder als Brenngas zugeführt werden kann und begrenzt die Menge an Gas auf diese Obergrenze. Damit nun die Drehzahl oder das vom Motor generierte Drehmoment auf dem Sollwert gehalten werden kann, wird von der Kontrolleinrichtung im Schritt 14 ferner eine Zusatzmenge an flüssigem Brennstoff bestimmt, die so bemessen ist, dass sie die Differenz zwischen dem Sollwert für die Drehzahl oder das Drehmoment und dem mit der maximalen Gasmenge erzielbaren Wert ausgleicht.

[0053] Das bedeutet, die Kontrolleinrichtung bestimmt denjenigen Wert für das Drehmoment oder die Drehzahl, der mit der durch die Obergrenze festgelegten maximalen Menge an Gas erreichbar ist. Dann wird die Differenz aus dem Sollwert und diesem Wert ermittelt. Anschliessend wird die Menge an flüssigem Brennstoff bestimmt, die benötigt wird, um diese Differenz auszugleichen.

[0054] Nun wird die ermittelte Menge an Gas im Schritt

15 in den Zylinder eingebracht und dort wie im Gasmodus zur Verbrennung gebracht. Gleichzeitig, d.h. im gleichen Arbeitszyklus, wird die vorgängig bestimmte Menge des flüssigen Brennstoffs im Schritt 16 in den Zylinder eingebracht und zündet sich dort selbst. Durch die gemeinsame Verbrennung des Gases und des zusätzlich eingebrachten flüssigen Brennstoffs kann somit der Sollwert für die Drehzahl oder das Drehmoment generiert werden. Die Selbstzündung des flüssigen Brennstoffs kann dabei zur Fremdzündung des Luft-Gas Gemisches verwendet werden.

[0055] Im Schritt 17 wird kontinuierlich oder in regelmässigen Abständen durch Beobachtungen des Betriebspersonals und/oder durch die Bestimmung von den Betriebsparametern überprüft, ob die Bedingungen für die Aktivierung des Transientmodus noch erfüllt sind. Falls ja, wird der Transientmodus beibehalten, wie dies der Pfeil 18 in Fig. 2 zeigt, wobei vorzugsweise die Werte für die Obergrenze der Menge an Gas und für die Zusatzmenge an flüssigem Brennstoff überprüft bzw. aktualisiert werden.

[0056] Sind bei der Überprüfung im Schritt 17 die Bedingungen für den Transientmodus nicht mehr erfüllt, so kann im Schritt 19 wieder in den normalen Gasmodus umgeschaltet werden.

[0057] Die Kontrolleinrichtung zum Einleiten und Durchführen des Transientmodus ist vorzugsweise in die Motorensteuerung integriert.

[0058] In dem Transientmodus wird somit durch eine Kombination der Verbrennung von Gas mit einer Verbrennung von flüssigem Brennstoff gewährleistet, dass der Sollwert für die Motorgeschwindigkeit, d.h. die Drehzahl oder der Sollwert für das Drehmoment aufrecht erhalten bleibt, ohne dass die Verbrennung des Gases im Bereich der "fast combustion" und/oder im Bereich des Klopfens und/oder im Bereich der "pre-ignition" erfolgt. Durch die Obergrenze für die Menge an Gas ist gewährleistet, dass das Luft-Gas-Gemisch im Brennraum nicht zu fett wird.

[0059] Durch dieses Verfahren kann also beispielsweise ein Dual-Fuel Grossdieselmotor, der im Gasbetrieb nach dem Otto-Prinzip arbeitet, eine zumindest näherungsweise gleiche Lastwechsel-Antwort erreichen, wie ein nur nach dem Dieselpinzip arbeitender Grossdieselmotor, der ausschliesslich mit flüssigem Brennstoff betrieben wird. Denn einerseits ist sichergestellt, dass bei dem erfindungsgemässen Verfahren bzw. bei dem erfindungsgemässen Grossdieselmotor das Luft-Gas-Gemisch nicht zu fett wird, und andererseits reagiert der zum flüssigen Brennstoff gehörende Verbrennungsanteil viel weniger empfindlich auf einen zu geringen Ladedruck der Spülluft. Somit können insbesondere in schwerer See auch beim Gasbetrieb die Laufstabilität des Grossdieselmotors verbessert werden und die Geschwindigkeitsfluktuationen reduziert werden.

[0060] Die schematische Darstellung in Fig. 3 veranschaulicht das Zusammenwirken der Gasverbrennung und der Verbrennung des flüssigen Brennstoffs im Tran-

sientmodus nochmals anhand eines Beispiels. Aufgetragen ist das Drehmoment T des Grossdieselmotors in Abhängigkeit von der Zeit t , wie es bei schwerer See auftreten kann. Die hohen Wellenbewegungen, denen das Schiff dann ausgesetzt ist, verursachen eine -näherungsweise- periodische zeitliche Änderung des Drehmoments T . Die Kurve G zeigt den Anteil des Drehmoments, der durch die Verbrennung des Gases verursacht wird, wobei die maximale Gasmenge so begrenzt ist, dass die zur Verfügung stehende Spülluft ausreicht, damit das Luft-Gas-Gemisch nicht zu fett wird. Die beiden Kurven mit dem Bezugszeichen F , welche die schraffiert dargestellten Bereiche begrenzen, zeigen den zusätzlichen Beitrag zum Drehmoment T der durch die zusätzliche Verbrennung des flüssigen Brennstoffs generiert wird.

[0061] Für die Einbringung der zusätzlichen Menge an flüssigem Brennstoff in den Brennraum des Zylinders während des Transientmodus gibt es verschiedene Möglichkeiten. Falls der Grossdieselmotor als Dual-Fuel Motor ausgestaltet ist, kann für die Einspritzung des flüssigen Brennstoffs die gleiche Einspritzvorrichtung verwendet werden, die auch im Flüssigmodus für die Einspritzung des Brennstoffs verwendet wird.

[0062] Eine weitere Möglichkeit zum Einbringen des flüssigen Brennstoffs im Transientmodus besteht darin, dass der flüssige Brennstoff mittels einer Piloteinspritzvorrichtung in den Brennraum eingebracht wird, welche im Gasmodus zur Zündung des Luft-Gas Gemisches verwendet wird.

[0063] Natürlich ist es auch möglich, dass für das Einbringen des flüssigen Brennstoffs während des Transientmodus eine separate Einspritzvorrichtung vorgesehen ist. Dies ist insbesondere bevorzugt, wenn der Grossdieselmotor nicht für den Flüssigmodus ausgestaltet ist und keine dementsprechende Einspritzvorrichtung aufweist.

[0064] Bezüglich des Einbringens des Gases in den Brennraum des Zylinders, sowohl während des Transientmodus als auch während des Gasmodus, gibt es mehrere bevorzugte Varianten. Wie bereits voranstehend erwähnt, kann ein Gaszuführsystem mit mindestens einer Gaseinlassdüse vorgesehen sein, welche im Zylinderliner angeordnet ist, sodass das Gas in den Zylinder einbringbar ist und sich dort mit der Spülluft zu dem zündfähigen Luft-Gas Gemisch vermischt.

[0065] Es ist aber auch möglich, eine oder mehrere Gaseinlassdüsen am Zylinderkopf bzw. am Zylinderdeckel vorzusehen, sodass die Zuführung des Gases in den Zylinder vom Zylinderkopf aus erfolgt und sich das Gas dann mit der Spülluft vermischt.

[0066] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Gas der Spülluft zuzuführen, bevor die Spülluft in den Zylinder eingebracht wird. Das Gas vermischt sich dann bereits ausserhalb des Zylinderinnenraums mit der Spülluft zu einem Luft-Gas Gemisch, das dann in den Zylinder eingebracht wird, beispielsweise durch die Spülluftschlitze oder Spülluftöffnungen. Hierbei kann die Gaszuführung

in die Spülluft an einer Stelle zwischen dem Ausgang des Turboladersystems und den Eintrittsöffnungen in den Innenraum des Zylinders, beispielsweise den Spülluftschlitzen, erfolgen.

[0067] Insbesondere ist es auch möglich, das Gas der Spülluft dann zuzuführen, wenn die Spülluft in den Zylinder eingebracht wird. Hierzu ist es beispielsweise möglich, an einem oder mehreren Stegen, die benachbarte Spülluftschlitze trennen, jeweils eine oder mehrere Gaseinlassdüsen vorzusehen, sodass sich die Spülluft beim Durchtritt durch die Spülluftschlitze mit dem Gas durchmischt.

[0068] Die Betriebsparameter, welche im Schritt 12 (Fig. 2) bestimmt oder analysiert werden, um im Schritt 13 zu beurteilen, ob in den Transientmodus umgeschaltet werden soll, sind vorzugsweise solche Parameter, die in der Motorensteuerung bereits vorliegen, also für den Betrieb oder während des Betriebs des Grossdieselmotors sowieso erfasst werden, oder aus solchen Parametern ableitbare Grössen. Es ist auch möglich, dass für die Entscheidung des Umschaltens in den Transientmodus nur ein Betriebsparameter herangezogen wird, oder die Entscheidung zum Umschalten in den Transientmodus alleine aufgrund der Beobachtungen durch das Betriebspersonal erfolgt, welches den Transientmodus auch manuell einleiten kann.

[0069] Als Betriebsparameter für den Schritt 12 bzw. die Entscheidung im Schritt 13 eignen sich beispielsweise einer oder mehrere der folgenden Grössen: Der aktuelle Druck der Spülluft, die von dem Turboladersystem zur Verfügung gestellt wird, bzw. die Änderung dieses Druckes, der Zylinderdruck, das berechnete Luft-zu-Gas-Verhältnis, Signale eines Klopfdetektors, mit welchem erkennbar ist, wenn die Verbrennung im Zylinder klopfend erfolgt, also das Luft-Gas Gemisch zu fett ist, das Verhältnis aus Drehzahl zu Last des Motors oder Änderungen in diesem Verhältnis oder das gemessene Drehmoment oder dessen zeitliche Änderung.

[0070] Das erfindungsgemässe Verfahren lässt sich insbesondere auch dazu verwenden, um bereits bestehende Grossdieselmotoren, insbesondere Dual-Fuel Motoren, nachzurüsten. Da in solchen Grossdieselmotoren die apparativen Voraussetzungen zur Durchführung eines erfindungsgemässen Verfahrens häufig schon erfüllt sind oder mit geringem Aufwand bzw. Umbau realisierbar sind, ist es oft möglich, den Grossdieselmotor durch entsprechende Anpassungen oder Ergänzungen in der Motorensteuerung für den Transientbetrieb bereit zu machen. Diese Möglichkeit der Nachrüstung ist insbesondere auch im Hinblick auf die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte ein grosser Vorteil.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Grossdieselmotors, welcher zumindest in einem Gasmodus betreibbar ist, in welchem ein Gas als Brennstoff in einen Zylinder

eingebracht wird, wobei während des Betriebs im Gasmodus (10) ein Zustand starker Lastwechsel detektiert wird (13) und dann der Grossdieselmotor in einem Transientmodus betrieben wird, der die folgenden Schritte umfasst:

- Festlegen eines Sollwertes für die Drehzahl oder das Drehmoment des Motors
- Bestimmen einer Obergrenze für die Menge an Gas (14), die pro Arbeitszyklus des Grossdieselmotors als Brennstoff bereitgestellt wird,
- Bestimmen einer Zusatzmenge eines flüssigen Brennstoffs (14), der zusätzlich zu dem Gas in den Brennraum eingebracht wird, wobei die Zusatzmenge so bemessen ist, dass der Sollwert für die Drehzahl realisiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem der Grossdieselmotor als Dual-Fuel Motor zur Verbrennung eines Gases und zur Verbrennung eines flüssigen Brennstoffs, insbesondere Diesel oder Schweröl, ausgestaltet ist.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem der jeweils aktuelle zur Verfügung stehende Druck der Spülluft zur Bestimmung der Obergrenze für die Menge an Gas (14) herangezogen wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem der Transientmodus manuell eingeleitet wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem der Transientmodus in Abhängigkeit von mindestens einem der folgenden Parameter eingeleitet wird: aktueller Druck der Spülluft, Zylinderdruck, berechnetes Luft-zu-Gas-Verhältnis, Signal eines Klopfdetektors, Verhältnis aus Drehzahl zu Last des Motors, Änderung des Verhältnisses aus Drehzahl zu Last des Motors, Drehmoment des Motors, Änderung des Drehmoments, Menge des benötigten Brennstoffs für die Einspritzung, Änderung der Menge des benötigten Brennstoffs für die Einspritzung.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem die Zusatzmenge des flüssigen Brennstoffs mittels einer Einspritzvorrichtung in den Brennraum eingebracht wird, welches in einem Flüssigmodus des Grossdieselmotors verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem die Zusatzmenge des flüssigen Brennstoffs mittels einer Piloteinspritzvorrichtung in den Brennraum eingebracht wird, welche im Gasmodus zur Zündung des Gases verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem die Zusatzmenge des flüssigen Brennstoffs mittels einer separaten Einspritzvorrichtung in den Brennraum eingebracht wird, welche für den Transientmodus vorgesehen ist. 5
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem die Zuführung des Gases in den Zylinder durch einen Zylinderliner hindurch erfolgt. 10
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem die Zuführung des Gases in den Zylinder an einem Zylinderkopf erfolgt.
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem das Gas der Spülluft zugeführt wird, bevor die Spülluft in den Zylinder eingebracht wird oder wenn die Spülluft in den Zylinder eingebracht wird. 15
20
12. Grossdieselmotor, welcher zumindest in einem Gasmodus (10) betreibbar ist und welcher nach einem Verfahren gemäss einem der vorangehenden Ansprüche betrieben wird. 25
13. Grossdieselmotor nach Anspruch 12, welcher als Dual-Fuel Motor zur Verbrennung eines Gases und zur Verbrennung eines flüssigen Brennstoffs, insbesondere Diesel oder Schweröl, ausgestaltet ist. 30
14. Grossdieselmotor nach einem der Ansprüche 12 oder 13, bei welchem eine Motorensteuerung vorgesehen ist, welche eine Kontrolleinrichtung (14) zum Einleiten und Durchführen des Transientmodus umfasst. 35
15. Verwendung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-11 zur Nachrüstung eines Grossdieselmotors, insbesondere eines Dual-Fuel Motors. 40
45
50
55

Fig.1

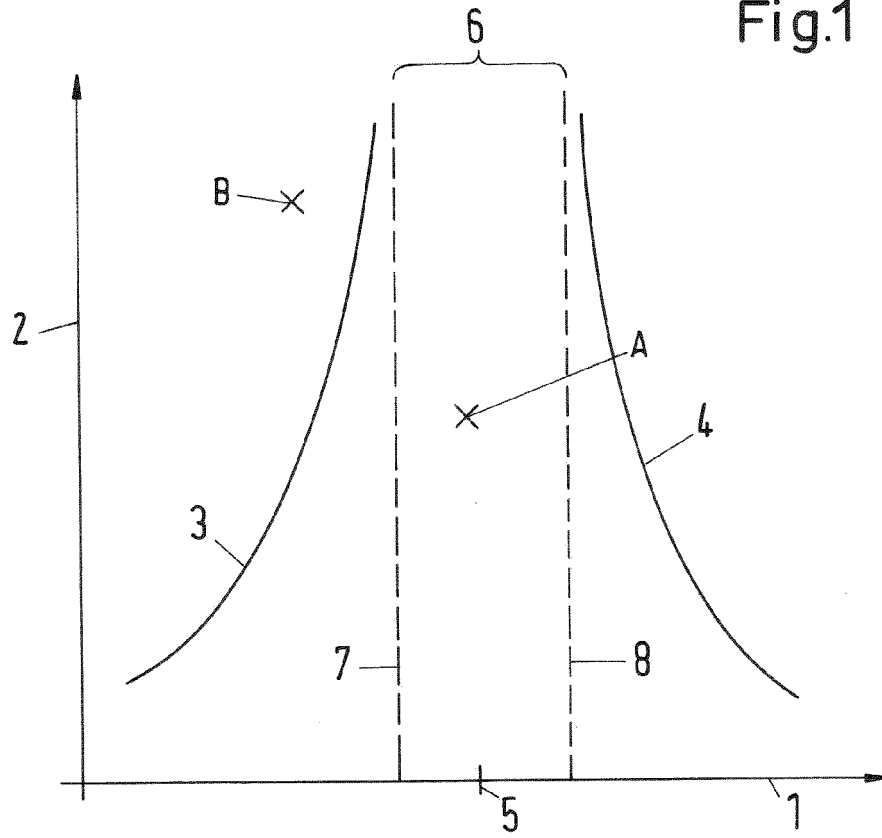


Fig.3

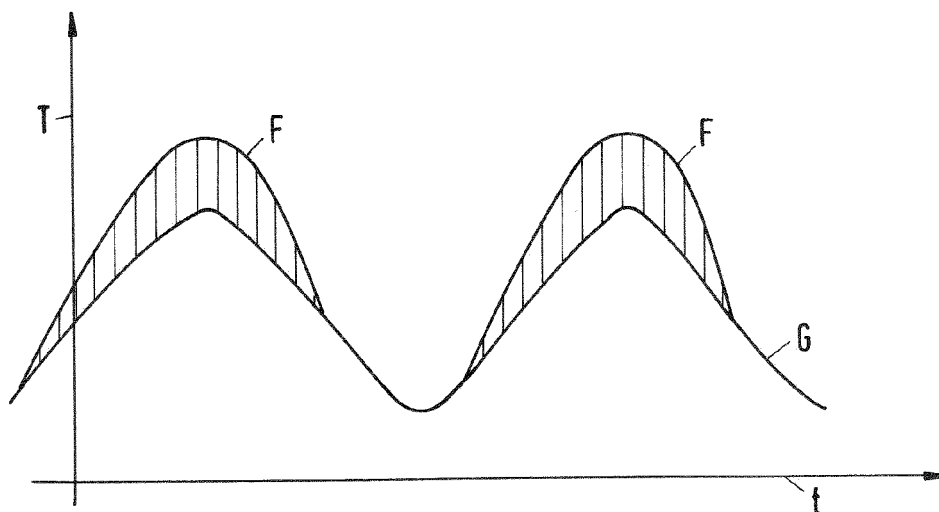
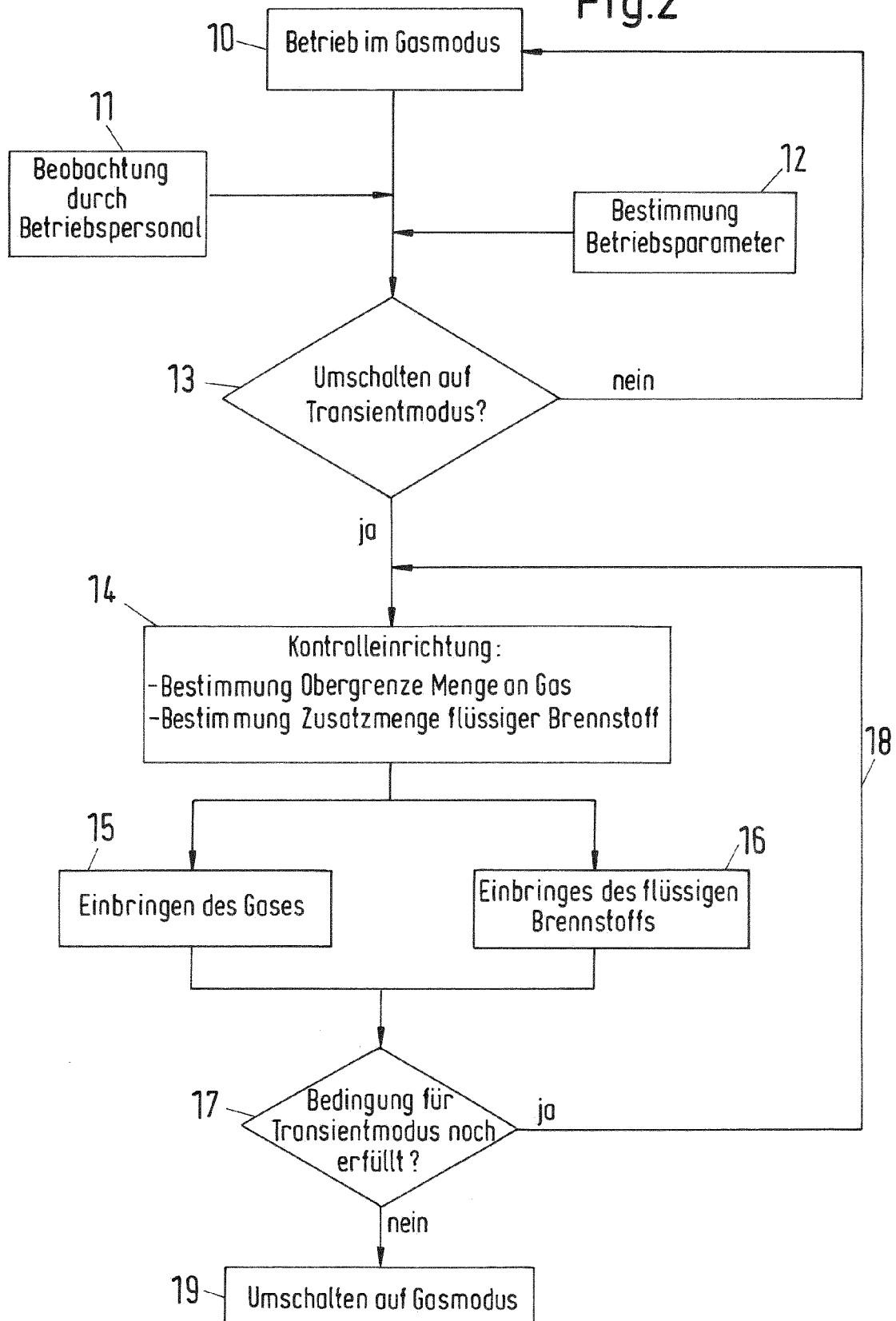


Fig.2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 16 7075

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)
Y	US 2002/007805 A1 (GREEN JASON E [US]) 24. Januar 2002 (2002-01-24) * Spalte 1, Zeile 1 - Spalte 2, Zeile 29 * * Spalte 3, Zeile 40 - Zeile 64 *	1,2,4,6, 8-10, 12-15	INV. F02D41/30 F02D19/02 F02D41/00 F02M21/02
Y	DE 39 26 322 A1 (FUJI HEAVY IND LTD [JP]) 15. Februar 1990 (1990-02-15) * Absatz [0005] - Absatz [0015] * * Absatz [0020] * * Ansprüche 1, 18 *	1,2,4,6, 8-10, 12-15	
A	EP 1 956 210 A2 (WAERTSILAE SCHWEIZ AG [CH]) 13. August 2008 (2008-08-13) * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F02D F02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. Oktober 2016	Prüfer De Vita, Diego
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 Patentdokument, 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 03.92 (P04C03)

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

EP 16 16 7075

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.

07-10-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
15	US 2002007805	A1	24-01-2002	EP	1395738 A1	10-03-2004
				US	2002007805 A1	24-01-2002
				WO	02101213 A1	19-12-2002
				WO	02101214 A1	19-12-2002
20	DE 3926322	A1	15-02-1990	DE	3926322 A1	15-02-1990
				GB	2221722 A	14-02-1990
				JP	H0249939 A	20-02-1990
				US	5054444 A	08-10-1991
25	EP 1956210	A2	13-08-2008	AT	544940 T	15-02-2012
				BR	PI0800111 A	07-10-2008
				CN	101245731 A	20-08-2008
				DK	1956210 T3	21-05-2012
				EP	1956210 A2	13-08-2008
				JP	2008196483 A	28-08-2008
				JP	2013238246 A	28-11-2013
30				KR	20080075440 A	18-08-2008
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2010147071 A1 [0007]
- DE 102010005814 A1 [0007]