



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 18 821 T2** 2008.05.21

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 485 604 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 18 821.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FI03/00193**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 744 391.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/078819**

(86) PCT-Anmeldetag: **13.03.2003**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **25.09.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.12.2004**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **23.01.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.05.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F02M 25/022** (2006.01)  
**F02B 47/02** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**20020537 20.03.2002 FI**

(73) Patentinhaber:  
**Wärtsilä Finland Oy, Vaasa, FI**

(74) Vertreter:  
**Zipse Habersack Kritzenberger, 80639 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,  
TR**

(72) Erfinder:  
**HUPLI, Juhani, FIN-65630 Mustasaari, FI; PARO,  
Daniel, FIN-66530 Kvevlax, FI**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR REDUZIERUNG VON STICKSTOFFOXID- (NOx-)EMISSIONEN IN AUFGE-  
LADENEN KOLBENMOTOREN UND KOLBENMOTORANORDNUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 und eine Brennkraftkolben-Einrichtung gemäß Anspruch 11.

Stand der Technik

**[0002]** Bei hohen Verbrennungstemperaturen werden Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) in dem Zylinder der Kolbenmaschine erzeugt, die mit den Abgasen in die Luft gelangen. Aufgrund umweltbedingter schädlicher Auswirkungen durch die Stickoxid-Emissionen wurden Anstrengungen unternommen, um diese zu minimieren.

**[0003]** Das Hinzufügen von Wasser zur Verbrennungsluft für den Verbrennungsvorgang reduziert in allgemein bekannter Weise die Generierung von Stickoxid-Emissionen. Dieses Phänomen basiert unter anderem auf dem Kühleffekt des Wassers. In der Praxis wird das Hinzufügen von Wasser zu dem Verbrennungsprozess der Brennkraftkolbenmaschine praktisch in hauptsächlich drei alternativen Weisen vollzogen, so dass das Wasser entweder direkt in die Brennkammer der Maschine geführt wird, das Wasser mit dem Brennstoff als Brennstoff-Emulsion zugeführt wird oder das Wasser durch einen Ansaug-Luftkanal in die Ansaugluft gebracht wird.

**[0004]** In der Veröffentlichung US 5758606 ist ein Verfahren zum Zuführen von Wasser in die Ansaugluft der Maschine nachfolgend dem Abgas-Lader dargestellt. Das Wasser wird zunächst mit dem Kühlwasser der Maschine erwärmt und in einem separaten Befeuchtungsturm gebracht, in dem das zu Nebel versprühte Wasser verdampft. Diese Art der Anwendung ist beispielsweise aufgrund des Raumerfordernisses dieses Befeuchtungsturmes unpraktisch und sie birgt auch ein gewisses Sicherheitsrisiko, da der großvolumige Befeuchtungsturm unter hohem Druck arbeitet. Ebenso zeigen die Dokumente EP-A-0916836, US-A-4960080, EP-A-1076169 und US-A-6082311 eine Maschine mit Ladevorrichtung, bei der der Wassergehalt der Verbrennungsluft erhöht wird, bevor die Luft in die Brennkammer geführt wird.

**[0005]** Das Zuführen von Wasser in die Ansaugluft zum Verbrennungsraum vermindert an sich nicht die Achsleistung der Maschine, jedoch es bei bestimmten Bedingungen erforderlich, dass die Temperatur der Ansaugluft angehoben wird, so dass die Luftfeuchtigkeit im Hinblick zur Reduzierung der Stickoxid-Emissionen ein ausreichendes Niveau erreichen kann, auf welchem Niveau seinerseits die Massenstromrate und der Sauerstoffgehalt der Luft reduziert ist. Die Menge an Wasser, die durch die Verdampfung im Verbrennungsraum erhalten wird, kann

deshalb nur diejenige Menge sein, die in Gasform zu den Druck- und Temperaturbedingungen der Ansaugluft vorliegend bleibt. Damit ist der Betrag an Wasser, der zusammen mit der Ansaugluft im Verbrennungsraum erhalten wird, durch die Sättigung des Wasserdampfs zu den Bedingungen der Ansaugluft begrenzt. Die Menge an benötigtem Wasser ist relativ hoch, da ein Teil des Wassers nicht genutzt werden kann, weil es während des Ausstoß- und Ansaugtaktes austritt, d.h. während sowohl das Ansaugventil als auch das Auslassventil gleichzeitig geöffnet sind.

**[0006]** In der Veröffentlichung EP 0 683 307 A1 ist eine Ausrüstung zum Zuführen von Wasser direkt in die Maschinenzylinder in Abhängigkeit der Zündreihenfolge der Maschine aufgezeigt. Hierbei wird Wasser während des Ansaugtaktes in gesteuerter Weise durch eine Regeleinheit unter Einbezug der Rotationsgeschwindigkeit der Maschine, der Position des Kolbens und/oder der Betriebsbedingungen der Maschine als Eingangsdaten eingesprüht. Bei dieser Art von Lösung ist das Problem beispielsweise eine optimale Wasserverteilung im Brennraum, so dass nicht zu viel Wasser eingesprüht werden darf und andererseits die gewünschte Wirkung erhalten wird. Überdies erfordert das direkte Zuführen von Wasser in den Brennraum eine ziemlich komplizierte Ausrüstung. Das Zuführen von Wasser und Brennstoff kann auch alternativ mit derselben Düseneinrichtung vollzogen werden.

**[0007]** Das Zuführen von Wasser direkt in den Brennraum ist als solches auch bekannt, wenn Wasser mit dem Brennstoff als eine Emulsion zugeführt wird. Diese Lösung ist in vielfacher Hinsicht vorteilhaft, jedoch liegt das besondere Problem darin, dass die Ausrüstung hinsichtlich ihrer durch die kombinierte Brennstoff- und Wasserzustromrate bestimmte Kapazität hoch zu bemessen ist. In diesem Fall ist insbesondere bei Teillastbetrieb die Arbeitsweise nicht wirklich optimal. In der Veröffentlichung EP 0 742 363 ist eine Lösung für das Problem der herkömmlichen Brennstoff-Wasser-Emulsion-Einspritzung aufgezeigt. An sich zeigen die Zubereitungssysteme einer Brennstoff-Wasser-Emulsion einen relativ komplizierten Aufbau, und die Steuerung der darin befindlichen Wassermenge ist langsam.

**[0008]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren und eine Vorrichtung zum Reduzieren von Stickoxid-Emissionen und ebenso einer Rauchbildung in einer Kolbenmaschine mit Ladevorrichtung vorzusehen, das auf der Nutzung der Vorteile von Wasser im Verbrennungsprozess basiert, bei der jedoch die Nachteile im Stand der Technik im Wesentlichen eliminiert sind. Genauer gesagt ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung aufzuzeigen, bei denen eine Wasser-Brennstoff-Emulsion verwendet wird, wie dies in der Veröf-

fentlichung EP 0 742 363 gezeigt ist, bei der jedoch die Nachteile dieses Systems und des Verfahrens eliminiert sind.

#### Offenbarung der Erfindung

**[0009]** Die Aufgaben der Erfindung sind im Grundsatz gemäß den Ansprüchen 1 und 11 gelöst, wobei Details aus den anderen Ansprüchen hervorgehen.

**[0010]** In dem Verfahren gemäß der Erfindung zur Reduzierung von Stickoxid-Emissionen ( $\text{NO}_x$ ) in einer geladenen Kolbenmaschine wird der Druck der Verbrennungsluft mittels einer Ladevorrichtung auf ein Niveau angehoben, wobei Wasser als eine Emulsion in den Brennraum der Maschine mit derselben Einspritzausrüstung während der Brennstoff-Einspritzung eingespritzt wird. Überdies wird der Wassergehalt der Verbrennungsluft in dem Verfahren angehoben, bevor die Verbrennungsluft in den Brennraum der Maschine gebracht wird, wobei der erforderliche Gesamtgehalt des Wassers durch Regulieren der in die Verbrennungsluft zugeführten Wassermenge eingestellt wird.

**[0011]** Gemäß dem Verfahren der Erfindung wird während des Laufs der Maschine sowohl der Bedarf an Wasser und die Zufuhr-Lokation kontinuierlich auf der Grundlage von Messdaten und/oder der Bestimmung der Betriebsbedingungen der Maschine wie auch gemäß der Leistungsanforderung des Brennstoff-Zufuhrsystems bestimmt. Auf diese Weise kann die von dem Brennstoff-Zufuhrsystem erhaltene exakte Information über den Betrag der einzusprühenden Brennstoff-Wasser-Emulsion und auf diese Weise auch über den Betrag an über diesen Weg eingeführtem Wasser verwendet werden.

**[0012]** Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird der Brennstoffbetrag gemäß der Belastung der Maschine eingestellt; der Betrag an mit dem Brennstoff zuzuführendem Wasser wird so eingestellt, dass er an seinem Maximum der Differenz der Zufuhrmenge entsprechend der maximalen Auslastung des Brennstoff-Zufuhrsystems und der zuzuführenden Brennstoffmenge entspricht, und dass die Menge an in die Brennluft zuzuführendem Wasser derart eingestellt ist, dass dessen Quantität zumindest dem Betrag zum Ausgleichen der Differenz des vorbestimmten Stickoxid-Emissionsniveaus und dem Stickoxid-Emissionsniveau entspricht, das durch die mit dem Brennstoff zugeführte Wassermenge hervorgerufen wird.

**[0013]** Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird die Wassermenge der Brennstoff-Wasseremulsion nahezu konstant gehalten. Genauer gesagt wird die Menge an der Verbrennungsluft zuzuführendem Wasser gemäß der Maschinenlast eingestellt, vorteilhaft gemäß dem Druck der Ver-

brennungsluft. Um das Wasser immer in einer vorteilhaften Form in die Verbrennungsluft einsprühen zu können, ist die Injektion praktischerweise so umge-  
setzt, dass der Einspritzdruck in jeder Düse nahezu konstant aufrechterhalten wird. Die Menge an einzusprühendem Wasser wird eingestellt, indem die Menge an erforderlichen Düsen zu jedem bestimmten Zeitpunkt in Betrieb gehalten wird. Deshalb liegen mehrere Düsen vor, die gemäß dem An-/Aus-Prinzip eingestellt sind, in welchem Fall es notwendigerweise immer Düsen geben muss, die in Verwendung sind.

**[0014]** Gemäß der Erfindung weist die Brennstoff-Wasser-Emulsion vorteilhafterweise Wasser im Bereich von 10% bis 55% des Brennstoffanteils auf, wobei der Anteil an mit der Brennluft zuzuführendem Wasser 0,5–5 Mal dem Betrag des zugeführten Brennstoffs entspricht. Der Wassergehalt der Brennstoff-Wasser-Emulsion ist nahezu konstant gehalten, mit anderen Worten wird dieser gemäß den Dynamiken schneller Lastvariationen der Maschine nicht umgestellt. Gegenüber der Einstellung der Menge an zur Brennluft zuzuführendem Wasser ist eine Steuerung vorgesehen, die auf der tatsächlichen Last der Maschine basiert. Das der Brennluft zugesprühte Wasser ist vorteilhafterweise flüssig, es kann jedoch in einigen Fällen Dampf sein.

**[0015]** Die Steuerung des Verfahrens ist überdies vereinfacht, wenn die Menge an der Brennluft zuzuführendem Wasser so eingestellt ist, dass sie leicht größer ist als die Menge an Wasser, die theoretisch zur Sättigung der Luft erforderlich ist, wobei das Wasser, das in flüssiger Form zurückbleibt, aus der Brennluft separiert wird, bevor die Luft in den Brennraum der Maschine geführt wird.

**[0016]** Die Kolbenmaschine gemäß der Erfindung weist mehrere Zylinder, einen Turbolader, der in Strömungsverbindung mit jedem der Zylinder durch einen Brennluft-Kanal verbunden ist, sowie eine Ausrüstung zum Zuführen der Brennstoff-Wasser-Emulsion und zusätzlich Düsen in Verbindung mit den Zylindern zum Zuführen der Brennstoff-Wasser-Emulsion an jedem Zylinder auf. Überdies ist in der Kolbenbrennkraftmaschine gemäß der Erfindung eine Düseneinrichtung vorgesehen, die eine Anzahl von Düsen aufweist, die unabhängig geöffnet und geschlossen werden können, welche Einrichtung in dem Brennluftkanal angeordnet ist, um das Wasser der Brennluft nachfolgend dem Turbolader in der Richtung des Brennluft-Stroms zuzuführen.

**[0017]** In dem Brennluft-Kanal ist vorteilhafterweise mindestens ein Tropfenseparator zum Separieren von flüssigem Wasser aus der Brennluft eingepasst, bevor diese an den Zylinder der Maschine geführt wird. Die Maschineneinrichtung weist überdies vorteilhaft eine Wasservorheizeinrichtung auf, die mit

der besagten Düsenrichtung verbunden ist, in welchem Fall der Tropfenseparator in Strömungsverbindung mit der Wasservorheizeinrichtung steht.

**[0018]** Mehrere Vorteile werden mit der Erfindung erhalten, wie beispielsweise eine wirkungsvollere kombinierte Reduktion an Stickoxiden und Rauchbildung in den Abgasen. Überdies ist der Gesamtwasser-Verbrauch nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ebenso geringer als bei bekannten Lösungen, und auch der Brennstoff spezifische Verbrauch ist gemäß dem Erfindungsverfahren sehr gering. Bei der erfindungsgemäßen Lösung wird die Brennstoff-Tropfenbildung und auf diese Weise die Verbrennung als solche effizienter, wenn das Wasser in der Form einer Emulsion in den Brennstoff verdampft wird, was zur Auflösung des Brennstoff-Tropfens führt.

**[0019]** Die Erfindung wird nun in exemplarischer Weise mit Bezug auf die beigefügte Zeichnung näher beschrieben, in der [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Ausführungsform zeigt.

**[0020]** In [Fig. 1](#) bezeichnet die Bezugsziffer **1** eine Kolbenbrennkraftmaschine, die in an sich bekannter Weise mit einem Turbolader **2** verbunden ist. In Verbindung mit jedem Zylinder der Maschine **1** ist eine Brennstoff-Einspritzdüse **7** angeordnet, mittels der eine Mischung aus Brennstoff und Wasser, eine Brennstoff-Wasser-Emulsion in die Maschine geführt wird. Das System umfasst ferner eine Einrichtung zum Zuführen der Brennstoff-Wasser-Emulsion **7'**. Es ist möglich, dass der Brennstoff als endfertige Emulsion vorbereitet ist, in welchem Fall die Einrichtung **7'** primär nur die Brennstoff-Zufuhreinrichtung umfasst, wobei es ebenso möglich ist, dass die Einrichtung zum Zuführen der Brennstoff-Wasser-Emulsion auch eine Ausrüstung zum Erzeugen der Brennstoff-Wasser-Emulsion umfasst. Das Zuführen der Brennstoff-Wasser-Emulsion reduziert in beträchtlicher Weise die Stickoxid-Emissionen der Maschine. Der Betrag an Wasser in der Brennstoff-Wasser-Emulsion wird in vorteilhafter Weise konstant gehalten, wobei das Wasser typischerweise von 10% bis 55% der Brennstoffmenge ausmacht. Der Wassergehalt des Brennstoffs kann so hoch wie möglich gehalten werden, wobei jedoch die durch das Brennstoff-System und den verwendeten Brennstoff gesetzten Grenzen zu beachten sind. Wenn sich die Anteile an Wasser und Brennstoff ändern, erfolgt dies in vorteilhafter Weise gemäß der Lastanforderung an die Maschine.

**[0021]** In dem Kanal **3**, mit dem der Super-Lader **2** mit der Maschine verbunden ist, ist eine Düsenrichtung **4** in Verbindung mit der Leitung **12** zum Zuführen von Wasser an die Verbrennungsluft angeordnet. Es kann ebenso eine entsprechende Düsenrichtung

**4'** vor dem Kompressor des Super-Laders vorliegen. In der Figur ist das Wassersystem mit der Bezugsziffer **11** dargestellt. Gemäß den Anforderungen kann dieses beispielsweise einen Dampfgenerator oder eine Wasser-Vorheizvorrichtung umfassen. Im Kanal **3** ist ferner eine Wärmetauscher-Vorrichtung **5** zum Verändern der Temperatur der Verbrennungsluft angeordnet. Der Kanal **3** ist mit der Luftpumpe **8** der Maschine verbunden, von der Luft an jeden der Zylinder der Maschine geführt wird. In der Figur ist ebenso ein Tropfenseparator **6** zu sehen, der in vorteilhafter Weise in der Einrichtung verwendet wird. Von dem Tropfenseparator **6** ist ein Kanal **13** an das Wassersystem **11** angeschlossen, mit dem ein Recyceln und eine Wiederverwendung des von der Verbrennungsluft separierten Wassers möglich ist. Auf diese Weise kann, wenn der Bedarf steigt, mehr Wasser an die Verbrennungsluft geführt werden als derjenige Betrag, der theoretisch zum Sättigen der Luft ausreicht. Mit der Düsenrichtung **4, 4'** wird der Verbrennungsluft-Wassergehalt erhöht, bevor die Verbrennungsluft in den Brennraum der Maschine geführt wird. Der Betrag an der Luft zuzuführendem Wasser wird jederzeit vorteilhafterweise so gewählt, dass die Luft im Wesentlichen gesättigt ist. Typischerweise beträgt der Gehalt an Wasser, der der Verbrennungsluft zugeführt wird, ca. 0,5–5 Mal dem Betrag des zugeführten Brennstoffs. Von Fall zu Fall kann das Wasser entweder als Flüssigkeit oder als Dampf zugeführt werden.

**[0022]** Um das erfindungsgemäße Verfahren zu implementieren, ist das Steuersystem **9** der Maschine so vorgesehen, dass es Informationen von mehreren verschiedenen Stellen der Maschine sammelt. Der Zustand der Verbrennungsluft der Maschine wird mittels einem Messelement **3.1** bestimmt, das vor dem Kompressor angeordnet ist. Es kann auch ein zusätzliches Messelement **3.3** vorgesehen sein, das nachfolgend dem Kompressor positioniert ist, wie das in [Fig. 1](#) gezeigt ist. Überdies wird der Zustand der Verbrennungsluft wie auch der sogenannte Superlader-Druck mittels einem Messelement **3.2** bestimmt, das in Verbindung mit der Brennluftkammer **8** der Maschine angeordnet ist. Der Zustand des Abgases der Maschine wird gemäß den Messdaten des Messelements **10** bestimmt. Der Maschinenbetrieb folgt ferner mit Hilfe der Messungen der Messelemente **1.1** und **1.2**. Daneben ist insbesondere das Messelement **1.2** zur Messung der Last und der Rotationsgeschwindigkeit der Maschine vorgesehen.

**[0023]** In dem erfindungsgemäßen Verfahren findet das Zuführen des Wassers in dem Verbrennungsprozess in einer kombinierten Weise sowohl mit Brennstoff als auch mit Verbrennungsluft statt. Auf diese Weise wird unter Verwendung zweier separater Systeme die Steuerung des Wassergehalts in der Praxis vorteilhaft umgesetzt, so dass der Wassergehalt der Brennstoff-Wasser-Emulsion nahezu konstant ge-

macht wird und der erforderliche Gesamt-Wasser-Betrag durch Steuern und Einstellen der Wassermenge eingestellt wird, die in die Verbrennungsluft zuzuführen ist. Der Betrag des der Verbrennungsluft zuzuführenden Wassers wird vorteilhafterweise gemäß der Maschinenlast eingestellt, für die beispielsweise der Druck der Verbrennungsluft ein geeigneter Indikator ist. Der Wasserbetrag, der der Verbrennungsluft zuzuführen ist, wird durch Öffnen und Schließen gemäß dem jeweiligen momentanen Bedarf einer geeigneten Anzahl von Wassereinspritzdüsen eingestellt, wobei der Einspritzdruck in jeder der Düsen nahezu konstant ist. Auf diese Weise wird eine geeignete Tropfenbildung oder Atomisierung des Wassers erreicht, während gleichzeitig der richtige Betrag an Wasser für die Verbrennungsluft vorgeesehen ist.

**[0024]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist in vorteilhafter Weise derart implementiert, dass die Brennstoff-Wasser-Emulsion eine konstante Quantität an Wasser enthält, typischerweise von 10% bis 55% des Brennstoffbetrages, wobei flüssiges Wasser in der Wasserquelle vorgeheizt wird und zum Anfeuchten der Verbrennungsluft verwendet wird. Demzufolge wird der erforderliche Gesamtbetrag an Wasser durch Regulieren der der Verbrennungsluft zuzuführenden Wassermenge derart reguliert, dass die der Luft zuzuführenden Wassermenge immer den theoretischen Betrag des Wassergehaltes übersteigt, der zur Sättigung der Luft erforderlich ist. In dem Verfahren wird das Wasser in flüssiger Form von der Verbrennungsluft separiert, bevor es in den Verbrennungsraum der Maschine geführt wird, wobei das separierte Wasser an die Wasserquelle zurückgeführt und wiederverwendet wird.

**[0025]** Die Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungsformen begrenzt, da verschiedene Modifikationen innerhalb des Umfangs der beigefügten Ansprüche möglich sind.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Reduzieren von Stickoxid-(NOx)-Emissionen in einer supergeladenen Kolbenbrennkraftmaschine (1), bei dem der Druck der Verbrennungsluft mit Hilfe einer Superlader-Ausrüstung (2) auf ein Niveau erhöht wird, das höher ist als der Umgebungsdruck, und bei dem Wasser in den Brennraum der Maschine als eine Emulsion in Verbindung mit der Brennstoffeinspritzung mit derselben Einspritz-Einrichtung eingespritzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich der Wassergehalt der Verbrennungsluft durch Zuführen von Wasser in die Verbrennungsluft erhöht wird (4, 4'), bevor die Verbrennungsluft in den Brennraum der Maschine gebracht wird, und dass der erforderliche Gesamtwasserbetrag durch Regulieren der der Verbrennungsluft (4, 4') zuzuführendem Wassermenge eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass während des Laufs der Maschine sowohl die Wasserzufuhr-Anforderung und die Zufuhr-Lokation (4, 4') auf der Grundlage des Messens und/oder Bestimmens der Betriebsbedingungen (1.1, 1.2, 3.1, 3.2) der Maschine und dem Maß der Leistungsanforderung an das Brennstoff-Zufuhrsystem kontinuierlich bestimmt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Brennstoffmenge gemäß der Maschinenlast (1.2) eingestellt wird,
- die Menge an mit dem Brennstoff zuzuführendem Wasser eingestellt wird, derart, dass sie in ihrem Maximum der Differenz der Zufuhrmenge entsprechend dem Maximum der Kapazität des Brennstoff-Zufuhrsystems und der zuzuführenden Brennstoff menge gleicht,
- die Menge des der Verbrennungsluft (4, 4') zuzuführenden Wassers derart eingestellt wird, dass deren Quantität zumindest der Menge entspricht, mit der die Differenz des vorbestimmten Stickoxid-Emissionsniveaus und dem Stick-Emissionsniveaus ausgeglichen wird, das durch die mit dem Brennstoff zugeführte Wassermenge hervorgerufen ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge an Wasser der Brennstoffwasser-Emulsion (7) nahezu konstant gehalten wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge an der Verbrennungsluft zuzuführendem Wasser gemäß der Maschinenlast (1.2) eingestellt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge an der Verbrennungsluft zuzuführendem Wasser gemäß dem Druck der Verbrennungsluft (3.2) eingestellt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffwasser-Emulsion Wasser von 10% bis 55% des Brennstoffgehaltes aufweist, und dass die Menge an mit der Verbrennungsluft zuzuführendem Wasser 0,5–5 Mal der zuzuführenden Brennstoffmenge entspricht.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Wassergehalt der Verbrennungsluft durch Einsprühen von flüssigem Wasser in die Verbrennungsluft erhöht wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Wassergehalt der Verbrennungsluft durch Einsprühen von Wasserdampf in die Verbrennungsluft erhöht wird.

10. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die der Verbrennungsluft zuzuführende Menge an Wasser eingestellt wird, dass sie größer ist als die zur Sättigung von Luft theoretisch erforderliche Wassermenge, und dass flüssiges Wasser aus der Verbrennungsluft separiert wird, bevor die Luft in den Brennraum der Maschine geführt wird.

11. Kolbenbrennkraftmaschine (1), die mehrere Zylinder umfasst, einen Turbolader (2), der durch einen Verbrennungsluft-Kanal in Strömungsverbindung mit jedem der Zylinder angeordnet ist, eine Einrichtung zum Zuführen der Brennstoff-Wasser-Emulsion (7'), sowie Düsen (7) in Verbindung mit den Zylindern zum Zuführen der Brennstoff-Wasser-Emulsion an jeden Zylinder, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung eine Düseneinrichtung (4, 4') aufweist, die eine Anzahl an Düsen umfasst, die unabhängig geöffnet und geschlossen werden können, angeordnet in dem Brennluft-Kanal (3), um das Wasser der Verbrennungsluft nachfolgend dem Turbolader in der Strömungsrichtung der Verbrennungsluft zuzuführen.

12. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Verbrennungsluft-Kanal (3) mindestens eine Tropfenseparatortorrichtung (6) zum Separieren von flüssigem Wasser aus der Verbrennungsluft angeordnet ist, bevor diese dem Zylinder der Maschine (1) zugeführt wird.

13. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Wasservorheizeinrichtung (1) aufweist, die an der besagten Düseneinrichtung angeschlossen ist, und dass die Tropfenseparatortorrichtung (6) in Strömungsverbindung mit der Wasservorheizeinrichtung (11) steht.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

**Fig. 1**

