

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 286 036 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.02.2003 Patentblatt 2003/09

(51) Int Cl.7: **F02D 41/38, F02M 65/00**

(21) Anmeldenummer: **02016001.6**

(22) Anmeldetag: **18.07.2002**

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

(72) Erfinder:
• **Pfaeffle, Andreas**
71543 Wuestenrot (DE)
• **Wuest, Marcel**
70825 Korntal (DE)
• **Hammer, Juergen, Dr.**
70734 Fellbach (DE)

(30) Priorität: **16.08.2001 DE 10140151**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(54) **Verfahren zur Beeinflussung der Schadstoffemissionswerte und/oder der Geräuschemissionswerte eines Verbrennungsmotors und Kraftstoff-Einspritzanlage**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beeinflussung der Schadstoffemissionswerte und/oder der Geräuschemissionswerte eines eine Kraftstoff-Einspritzanlage (10) aufweisenden Verbrennungsmotors, insbesondere eines Dieselmotors, wobei die Kraftstoff-Einspritzanlage (10) eine Mehrzahl von Injektoren (131) aufweist, die dazu vorgesehen sind, bei entsprechender Ansteuerung durch eine Steuereinrichtung (160), Kraftstoff in die Zylinder des Verbrennungsmotors einzuspritzen.

Erfindungsgemäß umfasst das Verfahren die folgenden Schritte:

a) Zuordnen der Mehrzahl der Injektoren (131) zu einer jeweiligen Kraftstoff-Einspritzanlage (10) derart, dass die ausgewählte Mehrzahl von Injektoren (131) in zumindest einem vorgegebenen Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie (EM(T)) möglichst ähnliche Kennlinienverläufe aufweisen, und

b) Durchführen von zumindest einer adaptiven Maßnahme in Abhängigkeit von den möglichst ähnlichen Kennlinienverläufen, um die Ansteuerung der Injektoren (131) durch die Steuereinrichtung (160) zu beeinflussen.

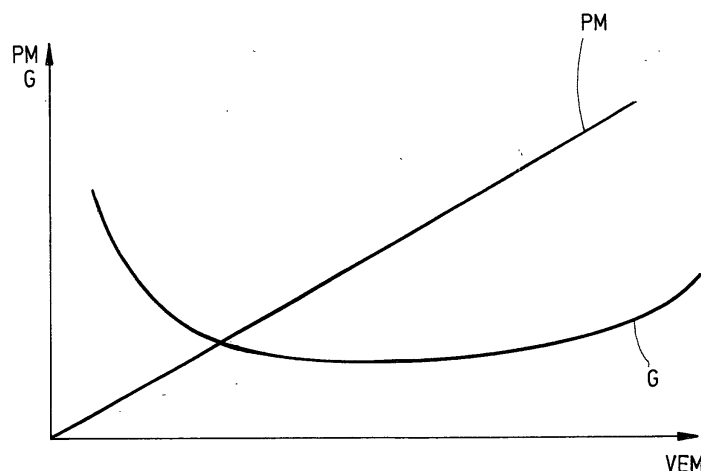


Fig.3 Stand der Technik

EP 1 286 036 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beeinflussung der Schadstoffemissionswerte und/oder der Geräuschemissionswerte eines eine Kraftstoff-Einspritzanlage aufweisenden Verbrennungsmotors, insbesondere eines Dieselmotors, wobei die Kraftstoff-Einspritzanlage eine Mehrzahl von Injektoren aufweist, die dazu vorgesehen sind, bei entsprechender Ansteuerung durch eine Steuereinrichtung, Kraftstoff in die Zylinder des Verbrennungsmotors einzuspritzen. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung eine Kraftstoff-Einspritzanlage für einen Verbrennungsmotor, insbesondere für einen Dieselmotor, wobei die Kraftstoff-Einspritzanlage eine Mehrzahl von Injektoren umfasst, die dazu vorgesehen sind, bei entsprechender Ansteuerung durch eine Steuereinrichtung, Kraftstoff in die Zylinder des Verbrennungsmotors einzuspritzen.

Stand der Technik

[0002] Bei einer bekannten Kraftstoff-Einspritzanlage, die auch als Speichereinspritzsystem bezeichnet wird, sind die Druckerzeugung und die Einspritzung voneinander entkoppelt. Der Einspritzdruck wird unabhängig von der Motordrehzahl und der Einspritzmenge erzeugt und steht in einem Kraftstoffspeicher für die Einspritzung bereit. Der Einspritzzeitpunkt und die Einspritzmenge werden in einem elektronischen Steuergerät berechnet und von einem Injektor beziehungsweise einer Einspritzeinheit an jedem Motorzylinder über ein angesteuertes Magnetventil umgesetzt.

[0003] In diesem Zusammenhang ist es bekannt, vor der so genannten Haupteinspritzung, mit der die Energie für die abgegebene Arbeit des Motors eingebracht wird, eine so genannte Voreinspritzung durchzuführen, bei der eine kleine Menge von Kraftstoff, insbesondere von Dieselmotorkraftstoff, in den Zylinder eingebracht wird. Die bei der Voreinspritzung in den Zylinder eingebrachte Kraftstoffmenge kann beispielsweise zwischen 1 mm³ und 4 mm³ liegen. Diese Voreinspritzung bewirkt eine Vorkonditionierung des Brennraums, verbessert den Wirkungsgrad der Verbrennung und kann darüber hinaus folgende Effekte erzielen: der Kompressionsdruck wird durch eine Vorreaktion beziehungsweise teilweise Verbrennung leicht angehoben, wodurch der Zündverzögerung der Haupteinspritzung verkürzt wird und der Verbrennungsdruckanstieg und die Verbrennungsdruckspitzen verringert werden, was zu einer so genannten weichen Verbrennung führt. Diese Effekte verringern das Verbrennungsgeräusch, den Kraftstoffverbrauch und in vielen Fällen die Emissionen. Ein Problem besteht darin, dass die Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinien sich auch bei baugleichen Injektoren in der Praxis zumindest geringfügig unterscheiden. Dies gilt insbesondere für kleine Einspritzmengen und ist durch Herstellungstoleranzen und/oder Bauteiltoleranzen bedingt. Die Unterschiede in den Einspritzmengen-An-

steuerdauer-Kennlinien können dazu führen, dass vorgegebene Grenzwerte, beispielsweise Partikelemissionsgrenzwerte und Geräuschpegelgrenzwerte, nicht eingehalten werden können, da eine für einen Injektor optimale Ansteuerung für einen anderen Injektor nicht optimal ist.

[0004] Figur 1 zeigt den bekannten Zusammenhang zwischen der Partikelemission und der Emission von Stickoxiden für einen Dieselmotor, der durch Variation der Abgasrückführrate bei konstantem Spritzbeginn zustande kommt. Dieser Kurve ist zu entnehmen, dass eine Verringerung der Partikelemission zu einem Anstieg der Emission von Stickoxiden führt und umgekehrt. Die Wahl eines Arbeitspunktes AP stellt daher immer einen Kompromiss dar, weshalb der in Figur 1 dargestellte Zusammenhang auch als "Trade-Off" bezeichnet wird. Um beispielsweise vom Gesetzgeber vorgegebene Emissionsgrenzwerte EG sowohl für die Partikelemission als auch für die Emission von Stickoxiden einzuhalten, ist es daher erforderlich, den Arbeitspunkt AP in geeigneter Weise auf der in Figur 1 dargestellten Kurve zu verschieben. Durch eine Erhöhung der Voreinspritzmenge wird der Trade-Off gemäß dem Pfeil verschoben.

[0005] Wie erwähnt, sind die bei der Voreinspritzung eingespritzten Kraftstoffmengen sehr klein, so dass sehr kurze Injektor-Magnetventilöffnungsdauern erforderlich sind. Bei bekannten Verfahren zum Ansteuern von Injektor-Magnetventilen ist vorgesehen, dass die Magnetventilöffnungsdauer zur Laufzeit nur über eine Variation der Ansteuerdauer beeinflusst wird. Dabei tritt jedoch ein weiteres Problem auf, das anhand von Figur 2 näher erläutert wird.

[0006] Figur 2 zeigt ein an sich bekanntes Kennlinienfeld, das die Einspritzmenge EM in Abhängigkeit von der Einspritzdauer T für unterschiedliche Drücke p_s im Kraftstoffspeicher veranschaulicht. Den Kurvenverläufen von Figur 2 ist zu entnehmen, dass die Kurven im Bereich von kurzen Ansteuerdauern ein Plateau P aufweisen. Im Bereich eines Plateaus P verläuft die Kurve ungefähr parallel zur Ansteuerdauer-Achse, das heißt im Bereich eines Plateaus P ist eine Veränderung der Einspritzmenge durch eine Veränderung der Ansteuerdauer nicht möglich. Typischerweise werden jedoch gerade im Kennfeldbereich der Plateaus P die Voreinspritzungen durchgeführt.

[0007] Figur 3 zeigt den an sich bekannten Zusammenhang zwischen Voreinspritzmenge VEM und Partikelemission PM sowie Geräuschentwicklung G. Ziel dabei ist eine Geräuschoptimierung beziehungsweise ein erträglicher Rauchanstieg.

[0008] Zusammenfassend ist festzustellen, dass gemäß dem Stand der Technik das Problem auftritt, dass die einer konfigurierten beziehungsweise montierten Kraftstoff-Einspritzanlage zugeordneten Injektoren unterschiedliche Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinien aufweisen, die es in vielen Fällen verhindern, vorgegebene Emissionsgrenzwerte und Grenzwerte für den Geräuschpegel einzuhalten.

Vorteile der Erfindung

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren baut auf dem gattungsgemäßen Stand der Technik dadurch auf, dass es folgende Schritte umfasst:

a) Zuordnen der Mehrzahl der Injektoren zu einer jeweiligen Kraftstoff-Einspritzanlage derart, dass die ausgewählte Mehrzahl von Injektoren in zumindest einem vorgegebenen Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie möglichst ähnliche Kennlinienverläufe aufweisen, und

b) Durchführen von zumindest einer adaptiven Maßnahme in Abhängigkeit von den möglichst ähnlichen Kennlinienverläufen, um die Ansteuerung der Injektoren durch die Steuereinrichtung zu beeinflussen.

[0010] Die erfindungsgemäße Zuordnung der Mehrzahl der Injektoren zu einer jeweiligen Kraftstoff-Einspritzanlage kann dabei erfolgen, indem die Injektoren nach ihrer Herstellung zunächst in Klassen eingeteilt werden, die von dem Verlauf der möglichst ähnlichen Kennlinienverläufe der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie abhängen. Diese Kennlinienverläufe sind gegebenenfalls durch geeignete Test- und Messverfahren zu ermitteln. Die vorzugsweise auf alle Injektoren einer entsprechenden Kraftstoff-Einspritzanlage in gleicher Weise angewendeten adaptiven Maßnahmen ermöglichen es in Kombination mit der Verwendung von einer Klasse zugeordneten Injektoren, vorgegebene Emissionsgrenzwerte und Geräuschpegelgrenzwerte einzuhalten oder diese zumindest zu verbessern.

[0011] Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass der zumindest eine vorgegebene Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie den für eine Kraftstoffvoreinspritzung verwendeten Kennlinienabschnitt umfasst. Kraftstoff-Einspritzanlagen mit Injektoren, die unterschiedliche Kraftstoffmengen bei der Kraftstoffvoreinspritzung einspritzen, machen es beim Stand der Technik in vielen Fällen unmöglich, die vorgegebenen Grenzwerte einzuhalten, weil sich die bei der Voreinspritzung eingespritzte Kraftstoffmenge sowohl auf die Schadstoffemission als auch auf den Geräuschpegel stark auswirkt, wie dies eingangs bereits näher erläutert wurde. Die Verwendung von Injektoren, die in diesem Kennlinienbereich zumindest annähernd gleiche Eigenschaften aufweisen, für eine Kraftstoff-Einspritzanlage ist daher besonders vorteilhaft.

[0012] Insbesondere in diesem Zusammenhang kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren weiterhin vorgesehen sein, dass der zumindest eine vorgegebene Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie ein Plateau der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie umfasst, bei dem eine Veränderung der Ansteuerdauer zumindest keine wesentliche Veränderung

der Einspritzmenge bewirkt. Der das Plateau bildende Kennlinienabschnitt ist besonders kritisch, da innerhalb dieses Kennlinienabschnitts, wie erwähnt, über eine Veränderung der Einspritzdauer beim Stand der Technik zumindest keine wesentliche Veränderung der Einspritzmenge bewirkt werden kann, weshalb die Verwendung von Injektoren mit gleichen oder zumindest möglichst ähnlichen Plateaus für eine Kraftstoff-Einspritzanlage besonders vorteilhaft ist.

[0013] Die vorstehenden Ausführungen gelten insbesondere dann, wenn das Plateau ein Voreinspritzmengenplateau ist, da die bei der Voreinspritzung eingespritzten Kraftstoffmengen wie erwähnt sehr klein sind.

[0014] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann weiterhin vorgesehen sein, dass die zumindest eine adaptive Maßnahme umfasst, dass der Druck in einem der Kraftstoff-Einspritzanlage zugeordneten Kraftstoffspeicher verändert wird. Da der Kraftstoffspeicher vorzugsweise mit allen Injektoren in Verbindung steht, wirkt sich eine Veränderung des Druckes in diesem Kraftstoffspeicher auf das Einspritzverhalten aller Injektoren aus. Da die erwähnte Steuereinrichtung auch den Druck in dem Kraftstoffspeicher steuert, kann die Einstellung dieses Druckes beispielsweise durch geeignete Programmierung der Steuereinrichtung erfolgen. Der Begriff Steuerung beziehungsweise Steuereinrichtung ist innerhalb der vorliegenden Anmeldung derart aufzufassen, dass er auch Regelungen beziehungsweise Regeleinrichtungen umfasst.

[0015] Im Zusammenhang mit der Veränderung des Druckes in dem Kraftstoffspeicher sieht das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise weiterhin vor, dass der Druck in dem der Kraftstoff-Einspritzanlage zugeordneten Kraftstoffspeicher erhöht wird, um die Rauchbildung zu verringern, wenn das Voreinspritzmengenplateau einer relativ hohen Voreinspritzmenge entspricht.

[0016] In ähnlicher Weise sieht das erfindungsgemäße Verfahren in diesem Zusammenhang vor, dass der Druck in dem der Kraftstoff-Einspritzanlage zugeordneten Kraftstoffspeicher verringert wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau einer relativ niedrigen Voreinspritzmenge entspricht.

[0017] Zusätzlich oder alternativ zu der vorstehend erläuterten adaptiven Maßnahme kann das erfindungsgemäße Verfahren weiterhin vorsehen, dass die zumindest eine adaptive Maßnahme umfasst, dass eine Abgasrückführrate verändert wird. Auch die Einstellung der Abgasrückführrate kann dabei durch geeignete Programmierung der Motorsteuerung erfolgen, die beispielsweise durch die erwähnte Steuereinrichtung durchgeführt werden kann.

[0018] Im Zusammenhang mit der Veränderung der Abgasrückführrate sieht das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise weiterhin vor, dass die Abgasrückführrate verringert wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau einer relativ hohen Voreinspritzmenge entspricht.

[0019] In ähnlicher Weise sieht das erfindungsgemäße Verfahren in diesem Zusammenhang vorzugsweise weiterhin vor, dass die Abgasrückführrate erhöht wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau einer relativ niedrigen Voreinspritzmenge entspricht.

[0020] Durch die vorstehend erläuterte Veränderung der Abgasrückführrate können in vielen Fällen die Schadstoffemissionswerte und/oder die Geräuschemissionswerte gesenkt werden.

[0021] Zusätzlich oder alternativ zu einer oder beiden der vorstehend erläuterten adaptiven Maßnahmen kann das erfindungsgemäße Verfahren weiterhin vorsehen, dass die zumindest eine adaptive Maßnahme umfasst, dass ein Ansteuerbeginn der Injektoren verändert wird. Die Veränderung des Ansteuerbeginns der Injektoren kann dabei sowohl eine Kraftstoffvoreinspritzung als auch eine Kraftstoffhaupteinspritzung betreffen. Auch die Veränderung des Ansteuerbeginns der Injektoren kann durch geeignete Programmierung der Steuereinrichtung erfolgen.

[0022] Im Zusammenhang mit der Veränderung des Ansteuerbeginns der Injektoren sieht das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise weiterhin vor, dass der Ansteuerbeginn für eine Voreinspritzung je nach Lage des Ausgangspunktes auf dem NO_x /PM-Trade-Off nach früh oder spät verschoben wird. Die Richtung hängt dabei vom zu erreichenden Emissionsziel ab. Wird zum Beispiel eine NO_x -Verringerung angestrebt, so empfiehlt sich die Adaption des Ansteuerbeginns nach spät, wird eine Rußverringerung angestrebt, so empfiehlt sich eine Adaption des Ansteuerbeginns nach früh.

[0023] Jede zur Durchführung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete Vorrichtung fällt in den Schutzbereich der zugehörigen Ansprüche.

[0024] Die erfindungsgemäße Kraftstoff-Einspritzanlage baut auf dem gattungsgemäßen Stand der Technik dadurch auf, dass zur Beeinflussung der Schadstoffemissionswerte und/oder der Geräuschemissionswerte des Verbrennungsmotors die Mehrzahl der Injektoren in zumindest einem vorgegebenen Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie zumindest annähernd gleiche Kennlinienverläufe aufweist, wobei die Ansteuerung der Injektoren durch die Steuereinrichtung durch zumindest eine adaptive Maßnahme beeinflusst wird, die von den annähernd gleichen Kennlinienverläufen abhängt. Auf diese Weise können die Schadstoffemissionswerte und/oder die Geräuschemissionswerte im Vergleich zum Stand der Technik gesenkt werden und es ist in vielen Fällen beispielsweise möglich, vom Gesetzgeber vorgegebene Grenzwerte einzuhalten. Dass die Mehrzahl der Injektoren in zumindest einem vorgegebenen Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie zumindest annähernd gleiche Kennlinienverläufe aufweist, kann insbesondere dadurch sichergestellt werden, dass die Injektoren vor der Zuordnung zu einer jeweiligen Kraftstoff-Einspritzanlage entsprechend ihren Kennlinienverläufen in Klassen einge-

teilt werden. Die zumindest eine adaptive Maßnahme wird vorzugsweise durch eine geeignete Programmierung der Steuereinrichtung verwirklicht. Insbesondere wenn diese Programmierung der Steuereinrichtung Regelalgorithmen umfasst, kann die zumindest eine adaptive Maßnahme gegebenenfalls während der Lebensdauer des Verbrennungsmotors an den Verschleiß oder anderen Größen angepasst werden.

[0025] Ähnlich wie bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist auch bei der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzanlage vorzugsweise vorgesehen, dass der zumindest eine vorgegebene Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie den für eine Kraftstoffvoreinspritzung verwendeten Kennlinienabschnitt umfasst. Ähnlich wie bei dem erfindungsgemäßen Verfahren gilt auch hier: Kraftstoff-Einspritzanlagen mit Injektoren, die unterschiedliche Kraftstoffmengen bei einer Kraftstoffvoreinspritzung einspritzen, machen es beim Stand der Technik in vielen Fällen unmöglich, die vorgegebenen Grenzwerte einzuhalten, weil sich die bei der Voreinspritzung eingespritzte Kraftstoffmenge sowohl auf die Schadstoffemission als auch auf den Geräuschpegel stark auswirkt, wie dies eingangs bereits näher erläutert wurde. Die Verwendung von Injektoren, die in diesem Kennlinienbereich zumindest annähernd gleiche Eigenschaften aufweisen, für eine Kraftstoff-Einspritzanlage ist daher besonders vorteilhaft.

[0026] Auch bei der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzanlage ist vorzugsweise vorgesehen, dass der zumindest eine vorgegebene Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie ein Plateau der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie umfasst, bei dem eine Veränderung der Ansteuerdauer zumindest keine wesentliche Veränderung der Einspritzmenge bewirkt. Wie bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert wurde, ist der das Plateau bildende Kennlinienabschnitt besonders kritisch, da innerhalb dieses Kennlinienabschnitts über eine Veränderung der Einspritzdauer beim Stand der Technik zumindest keine wesentliche Veränderung der Einspritzmenge bewirkt werden kann. Daher ist auch im Zusammenhang mit den erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzanlagen die Verwendung von Injektoren mit gleichen oder zumindest mit möglichst ähnlichen Plateaus für eine Kraftstoff-Einspritzanlage besonders vorteilhaft.

[0027] Auch im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzanlage gelten die vorstehenden Ausführungen insbesondere dann, wenn das Plateau ein Voreinspritzmengenplateau ist.

[0028] Ähnlich wie bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann auch bei der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzanlage vorgesehen sein, dass die zumindest eine adaptive Maßnahme umfasst, dass der Druck in einem der Kraftstoff-Einspritzanlage zugeordneten Kraftstoffspeicher verändert wird.

[0029] Im Zusammenhang mit der Veränderung des Drucks in dem der Kraftstoff-Einspritzanlage zugeord-

neten Kraftstoffspeicher sieht die erfindungsgemäße Kraftstoff-Einspritzanlage vorzugsweise weiterhin vor, dass der Druck in dem der Kraftstoff-Einspritzanlage zugeordneten Kraftstoffspeicher erhöht wird, um eine Rauchbildung zu verringern, wenn das Voreinspritz-

[0030] Ähnlich wie das erfindungsgemäße Verfahren kann auch die erfindungsgemäße Kraftstoff-Einspritzanlage in diesem Zusammenhang weiterhin vorsehen, dass der Druck in dem der Kraftstoff-Einspritzanlage zugeordneten Kraftstoffspeicher verringert wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau einer relativ niedrigen Voreinspritzmenge entspricht.

[0031] Zusätzlich oder alternativ zu der vorstehend erläuterten adaptiven Maßnahme kann auch bei der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzanlage vorgesehen sein, dass die zumindest eine adaptive Maßnahme umfasst, dass eine Abgasrückführrate verändert wird. Eine entsprechende Veränderung der Abgasrückführrate kann auch in diesem Zusammenhang durch entsprechende Programmierung der Steuereinrichtung erfolgen.

[0032] Im Zusammenhang mit der Veränderung der Abgasrückführrate ist bei der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzanlage vorzugsweise weiterhin vorgesehen, dass die Abgasrückführrate verringert wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau einer relativ hohen Voreinspritzmenge entspricht.

[0033] In ähnlicher Weise kann bei der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzanlage in diesem Zusammenhang vorgesehen sein, dass die Abgasrückführrate erhöht wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau einer relativ niedrigen Voreinspritzmenge entspricht.

[0034] Ähnlich wie bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann auch im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzanlage vorgesehen sein, dass die zumindest eine adaptive Maßnahme zusätzlich oder alternativ zu einer oder beiden der vorstehend erläuterten adaptiven Maßnahmen umfasst, dass ein Ansteuerbeginn der Injektoren verändert wird. Eine entsprechende Veränderung des Ansteuerbeginns kann wieder durch geeignete Programmierung der Steuereinrichtung erzielt werden. Im Übrigen wird auf die entsprechenden Ausführungen im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verwiesen.

[0035] Im Zusammenhang mit der Veränderung des Ansteuerbeginns der Injektoren ist bei der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzanlage vorzugsweise weiterhin vorgesehen, dass der Ansteuerbeginn für eine Voreinspritzung je nach Lage des Ausgangspunktes auf dem NO_x /PM-Trade-Off nach früh oder spät verschoben wird. Die Richtung hängt dabei vom zu erreichenden Emissionsziel ab. Wird zum Beispiel eine NO_x -Verringerung angestrebt, so empfiehlt sich die Adaption des Ansteuerbeginns nach spät, wird eine Rußverringerung angestrebt, so empfiehlt sich eine Adaption des Ansteuerbeginns nach früh.

[0036] Der Erfindung liegt somit die Erkenntnis zugrunde, dass durch die Verwendung von klassifizierten Injektoren mit zumindest sehr ähnlichen Kennlinienverläufen, insbesondere in dem Bereich der Kennlinie, der für die Voreinspritzung verwendet wird, und die Durchführung geeigneter adaptiver Maßnahmen, die insbesondere durch geeignete Programmierung der Steuereinrichtung verwirklicht werden können, in vielen Fällen Grenzwerte für die Schadstoffemissionswerte und/oder die Geräuschemissionswerte eingehalten werden können.

Zeichnungen

[0037] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der zugehörigen Zeichnungen noch näher erläutert.

[0038] Es zeigen:

Figur 1 den bekannten Zusammenhang zwischen der Partikelemission und der Emission von Stickoxiden für einen Dieselmotor,

Figur 2 ein an sich bekanntes Kennlinienfeld, das den Zusammenhang von eingespritzter Kraftstoffmenge und Ansteuerdauer eines Injektors für unterschiedliche Drücke innerhalb eines Kraftstoffspeichers veranschaulicht,

Figur 3 den an sich bekannten Zusammenhang zwischen Voreinspritzmenge und Partikelemission sowie Voreinspritzmenge und Geräuschpegel,

Figur 4 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Verbesserung der Schadstoffemissionswerte und/oder der Geräuschemissionswerte, und

Figur 5 ein Blockschaltbild einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzanlage.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele .

[0039] In Figur 4 ist die Abhängigkeit der Partikelemission PM und des Geräuschpegels G von der Voreinspritzmenge VEM dargestellt. Der um die Voreinspritzmenge VEM_2 eingezeichnete senkrechte Korridor ist der Korridor zum Erreichen des Emissionsziels (Nennauslegung). Der von rechts nach links zeigende Pfeil veranschaulicht eine erste Strategie für eine hohe Voreinspritzmenge, während der von links nach rechts zeigende Pfeil eine zweite Strategie für eine niedrige Voreinspritzmenge veranschaulicht. Werden Injektoren 131 mit einer relativ niedrigen Voreinspritzmenge VEM_1 eingesetzt, so kann in Kauf genommen werden, dass der sich tatsächlich ergebende Geräuschpegel in einen

Sollbereich SOLL verschoben wird, der gesetzlichen Vorgaben noch entspricht, indem zumindest eine adaptive Maßnahme durchgeführt wird. Dies kann erforderlich sein, damit der sich tatsächlich ergebende Partikelemissionswert, der ohne die erfindungsgemäße Lösung für Injektoren 131 mit relativ niedriger Voreinspritzmenge VEM_1 außerhalb des Sollbereichs SOLL liegen würde, in den Sollbereich verschoben werden kann. Bei Injektoren 131 mit einer relativ niedrigen Voreinspritzmenge VEM_1 kann die Verschiebung der Schadstoffemissionswerte und/oder der Geräuschemissionswerte insbesondere erfolgen, indem der Druck p_s in dem der Kraftstoff-Einspritzanlage 10 zugeordneten Kraftstoffspeicher 130 verringert wird, indem die Abgasrückführ rate erhöht wird. Der Ansteuerbeginn für eine Voreinspritzung wird dabei je nach Lage des Ausgangspunktes auf dem NO_x/PM -Trade-Off nach früh oder spät verschoben wird. Die Richtung hängt dabei vom zu erreichenden Emissionsziel ab. Wird zum Beispiel eine NO_x -Verringerung angestrebt, so empfiehlt sich die Adaption des Ansteuerbeginns nach spät, wird eine Rußverring erung angestrebt, so empfiehlt sich eine Adaption des Ansteuerbeginns nach früh. Der von der relativ niedrigen Voreinspritzmenge VEM_1 ausgehende Pfeil in Figur 4 veranschaulicht daher nicht eine Verschiebung der Voreinspritzmenge, sondern die Erzielung von im Sollbereich SOLL liegenden Partikelemissionswerten beziehungsweise Geräuschemissionswerten, trotz der eigentlich zu niedrigen Voreinspritzmenge.

[0040] In Figur 4 ist weiterhin ein um eine normale Voreinspritzung VEM_2 gelegener Bereich eingezeichnet, der keine adaptive Maßnahmen erfordert.

[0041] In ähnlicher Weise ist es für Injektoren 131 mit einer relativ hohen Einspritzmenge VEM_3 möglich, Schadstoffemissionswerte, insbesondere Partikelemissionswerte, und Geräuschemissionswerte zu erzielen, die in dem Sollbereich SOLL liegen, obwohl dies mit Injektoren 131 mit einer relativ hohen Voreinspritzmenge VEM_3 gemäß dem Stand der Technik nicht möglich war. In diesem Fall kann die zumindest eine adaptive Maßnahme insbesondere vorsehen, dass der Druck p_s in einem der Kraftstoff-Einspritzanlage 10 zugeordneten Kraftstoffspeicher 130 erhöht wird, dass die Abgasrückführ rate verringert wird. Wie erwähnt kann zusätzlich oder alternativ vorgesehen sein, dass der Ansteuerbeginn für eine Voreinspritzung je nach Lage des Ausgangspunktes auf dem NO_x/PM -Trade-Off nach früh oder spät verschoben wird. Die Richtung hängt dabei vom zu erreichenden Emissionsziel ab. Wird zum Beispiel eine NO_x -Verringerung angestrebt, so empfiehlt sich die Adaption des Ansteuerbeginns nach spät, wird eine Rußverring erung angestrebt, so empfiehlt sich eine Adaption des Ansteuerbeginns nach früh.

[0042] Figur 5 zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzanlage. In Figur 5 sind die für das Verständnis der Erfindung erforderlichen Bauteile einer insgesamt mit 10 bezeichneten Kraftstoff-Einspritzanlage einer Brenn-

kraftmaschine mit Hochdruckeinspritzung dargestellt. Die dargestellte Kraftstoff-Einspritzanlage 10 wird üblicherweise auch als Common-Rail-System bezeichnet.

[0043] Mit 100 ist ein Kraftstofftank bezeichnet. Der Kraftstofftank 100 steht über ein erstes Filter 105 und eine Vorförderpumpe 110 mit einem zweiten Filtermittel 115 in Verbindung. Von dem zweiten Filtermittel 115 gelangt der Kraftstoff über eine Leitung zu einer Hochdruckpumpe 125. Die Verbindungsleitung zwischen dem Filtermittel 115 und der Hochdruckpumpe 125 steht über ein Niederdruckbegrenzungsventil 145 mit dem Kraftstofftank 100 in Verbindung. Die Hochdruckpumpe 125 steht mit einem Rail oder Kraftstoffspeicher 130 in Verbindung. Das Rail 130 steht über Kraftstoffleitungen mit verschiedenen Injektoren 131 in Kontakt. Über ein Druckablassventil 135 ist das Rail 130 mit dem Kraftstofftank 100 verbindbar. Das Druckablassventil 135 ist mittels einer Spule 136 steuerbar.

[0044] Die Leitungen zwischen dem Ausgang der Hochdruckpumpe 125 und dem Eingang des Druckriegelventils 135 werden als Hochdruckbereich bezeichnet. In diesem Bereich steht der Kraftstoff unter hohem Druck. Der Druck im Hochdruckbereich wird mittels eines Sensors 140 erfasst. Die Leitungen zwischen dem Tank 100 und der Hochdruckpumpe 125 werden als Niederdruckbereich bezeichnet.

[0045] Eine Steuerung 160, über die die erfindungsgemäßen adaptiven Maßnahmen verwirklicht werden, beaufschlagt die Hochdruckpumpe 125 mit einem Ansteuersignal AP, die Injektoren 131 mit einer Ansteuersignal A und/oder das Druckablassventil 135 mit einem Ansteuersignal AV. Die Steuereinrichtung 160 verarbeitet verschiedene Signale verschiedener Sensoren 165, die den Betriebszustand der Brennkraftmaschine und/oder des Kraftfahrzeugs, das die Brennkraftmaschine antreibt, charakterisieren. Ein solcher Betriebszustand ist beispielsweise die Drehzahl N der Brennkraftmaschine.

[0046] Diese Einrichtung arbeitet wie folgt: Der Kraftstoff, der sich in dem Kraftstofftank 100 befindet, wird von der Vorförderpumpe 110 durch die Filtermittel 105 und 115 gefördert.

[0047] Steigt der Druck im Niederdruckbereich auf unzulässig hohe Werte an, so öffnet das Niederdruckbegrenzungsventil 145 und gibt die Verbindung zwischen dem Ausgang der Vorförderpumpe 110 und dem Kraftstofftank 100 frei.

[0048] Die Hochdruckpumpe 125 fördert die Kraftstoffmenge Q_1 vom Niederdruckbereich in den Hochdruckbereich. Die Hochdruckpumpe 125 baut im Rail 130 einen sehr hohen Druck auf. Üblicherweise werden bei Systemen für fremdgezündete Brennkraftmaschinen Druckwerte von etwa 30 bis 100 bar und selbstzündenden Brennkraftmaschinen Druckwerte von etwa 1000 bis 2000 bar erzielt. Über die Injektoren 131 kann der Kraftstoff unter hohem Druck den einzelnen Zylindern der Brennkraftmaschine zugemessen werden.

[0049] Mittels des Sensors 140 wird der Druck p_s im

Rail beziehungsweise im gesamten Hochdruckbereich erfasst. Mittels der steuerbaren Hochdruckpumpe 125 und/oder des Druckablassventils 135 wird der Druck im Hochdruckbereich geregelt.

[0050] Als Förderpumpe 110 werden üblicherweise Elektrokraftstoffpumpen eingesetzt. Für höhere Fördermengen, die insbesondere bei Nutzkraftfahrzeugen erforderlich sind, können auch mehrere parallel geschaltete Vorförderpumpen eingesetzt werden.

[0051] Die bis hier beschriebene Struktur der in Figur 5 dargestellten Kraftstoff-Einspritzanlage ist an sich bekannt. Erfindungsgemäß ist jedoch vorgesehen, dass die Injektoren 131 in zumindest einem vorgegebenen Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie EM(T) möglichst ähnliche Kennlinienverläufe aufweisen und dass die Ansteuerung der Injektoren 131 durch die Steuereinrichtung 160 im Vergleich zum Stand der Technik durch zumindest eine der bereits erläuterten adaptive Maßnahme verändert wird, die von den annähernd gleichen Kennlinienverläufen abhängt.

[0052] Die vorhergehende Beschreibung der Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung dient nur zu illustrativen Zwecken und nicht zum Zwecke der Beschränkung der Erfindung. Im Rahmen der Erfindung sind verschiedene Änderungen und Modifikationen möglich, ohne den Umfang der Erfindung sowie ihre Äquivalente zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beeinflussung der Schadstoffemissionswerte und/oder der Geräuschemissionswerte eines eine Kraftstoff-Einspritzanlage (10) aufweisenden Verbrennungsmotors, insbesondere eines Dieselmotors, wobei die Kraftstoff-Einspritzanlage (10) eine Mehrzahl von Injektoren (131) aufweist, die dazu vorgesehen sind, bei entsprechender Ansteuerung durch eine Steuereinrichtung (160), Kraftstoff in die Zylinder des Verbrennungsmotors einzuspritzen, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

a) Zuordnen der Mehrzahl der Injektoren (131) zu einer jeweiligen Kraftstoff-Einspritzanlage (10) derart, dass die ausgewählte Mehrzahl von Injektoren (131) in zumindest einem vorgegebenen Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie (EM(T)) möglichst ähnliche Kennlinienverläufe aufweisen, und

b) Durchführen von zumindest einer adaptiven Maßnahme in Abhängigkeit von den möglichst ähnlichen Kennlinienverläufen, um die Ansteuerung der Injektoren (131) durch die Steuereinrichtung (160) zu beeinflussen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-**

zeichnet, dass der zumindest eine vorgegebene Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie (EM(T)) den für eine Kraftstoffvoreinspritzung verwendeten Kennlinienabschnitt umfasst.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine vorgegebene Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie (EM(T)) ein Plateau (P) der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie (EM(T)) umfasst, bei dem eine Veränderung der Ansteuerdauer (T) zumindest keine wesentliche Veränderung der Einspritzmenge (EM) bewirkt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Plateau (P) ein Voreinspritzmengenplateau (P) ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine adaptive Maßnahme umfasst, dass der Druck (p_s) in einem der Kraftstoff-Einspritzanlage (10) zugeordneten Kraftstoffspeicher (130) verändert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck (p_s) in dem der Kraftstoff-Einspritzanlage (10) zugeordneten Kraftstoffspeicher (130) erhöht wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau (P) einer relativ hohen Voreinspritzmenge (VEM) entspricht.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck (p_s) in dem der Kraftstoff-Einspritzanlage (10) zugeordneten Kraftstoffspeicher (130) verringert wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau (P) einer relativ niedrigen Voreinspritzmenge (VEM) entspricht.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine adaptive Maßnahme umfasst, dass eine Abgasrückführrate verändert wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgasrückführrate verringert wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau (P) einer relativ hohen Voreinspritzmenge (VEM) entspricht.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgasrückführrate erhöht wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau (P) einer relativ niedrigen Voreinspritzmenge (VEM) entspricht.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-

che, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine adaptive Maßnahme umfasst, dass ein Ansteuerbeginn der Injektoren (131) verändert wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ansteuerbeginn für eine Voreinspritzung je nach Lage des Ausgangspunktes auf dem NO_x/PM -Trade-Off nach früh oder spät verschoben wird. 5
13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche. 10
14. Kraftstoff-Einspritzanlage für einen Verbrennungsmotor, insbesondere für einen Dieselmotor, wobei die Kraftstoff-Einspritzanlage eine Mehrzahl von Injektoren (131) umfasst, die dazu vorgesehen sind, bei entsprechender Ansteuerung durch eine Steuereinrichtung (160), Kraftstoff in die Zylinder des Verbrennungsmotors einzuspritzen, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Beeinflussung der Schadstoffemissionswerte und/oder der Geräuschemissionswerte des Verbrennungsmotors die Mehrzahl der Injektoren (131) in zumindest einem vorgegebenen Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie ($\text{EM}(\text{T})$) zumindest annähernd gleiche Kennlinienverläufe aufweist, wobei die Ansteuerung der Injektoren (131) durch die Steuereinrichtung (160) durch zumindest eine adaptive Maßnahme beeinflusst wird, die von den annähernd gleichen Kennlinienverläufen abhängt. 15
15. Kraftstoff-Einspritzanlage nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine vorgegebene Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie ($\text{EM}(\text{T})$) den für eine Kraftstoffvoreinspritzung verwendeten Kennlinienabschnitt umfasst. 20
16. Kraftstoff-Einspritzanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine vorgegebene Abschnitt der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie ($\text{EM}(\text{T})$) ein Plateau (P) der Einspritzmengen-Ansteuerdauer-Kennlinie ($\text{EM}(\text{T})$) umfasst, bei dem eine Veränderung der Ansteuerdauer (T) zumindest keine wesentliche Veränderung der Einspritzmenge (EM) bewirkt. 25
17. Kraftstoff-Einspritzanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Plateau (P) ein Voreinspritzmengenplateau (P) ist. 30
18. Kraftstoff-Einspritzanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine adaptive Maßnahme umfasst, dass der Druck (p_s) in einem der Kraftstoff-Einspritzan- 35

lage (10) zugeordneten Kraftstoffspeicher (130) verändert wird.

19. Kraftstoff-Einspritzanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck (p_s) in dem der Kraftstoff-Einspritzanlage (10) zugeordneten Kraftstoffspeicher (130) erhöht wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau (P) einer relativ hohen Voreinspritzmenge (VEM) entspricht. 40
20. Kraftstoff-Einspritzanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck (p_s) in dem der Kraftstoff-Einspritzanlage (10) zugeordneten Kraftstoffspeicher (130) verringert wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau (P) einer relativ niedrigen Voreinspritzmenge (VEM) entspricht. 45
21. Kraftstoff-Einspritzanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine adaptive Maßnahme umfasst, dass eine Abgasrückführrate verändert wird. 50
22. Kraftstoff-Einspritzanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgasrückführrate verringert wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau (P) einer relativ hohen Voreinspritzmenge (VEM) entspricht. 55
23. Kraftstoff-Einspritzanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgasrückführrate erhöht wird, wenn das Voreinspritzmengenplateau (P) einer relativ niedrigen Voreinspritzmenge (VEM) entspricht.
24. Kraftstoff-Einspritzanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine adaptive Maßnahme umfasst, dass ein Ansteuerbeginn der Injektoren (131) verändert wird.
25. Kraftstoff-Einspritzanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ansteuerbeginn für eine Voreinspritzung je nach Lage des Ausgangspunktes auf dem NO_x/PM -Trade-Off nach früh oder spät verschoben wird.

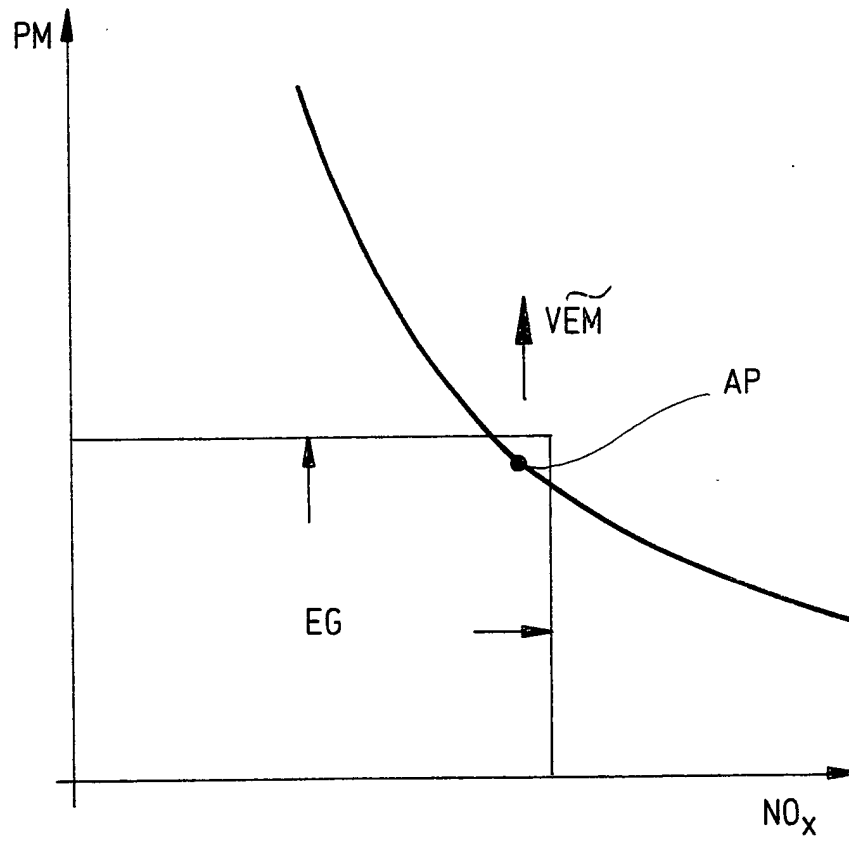


Fig.1 Stand der Technik

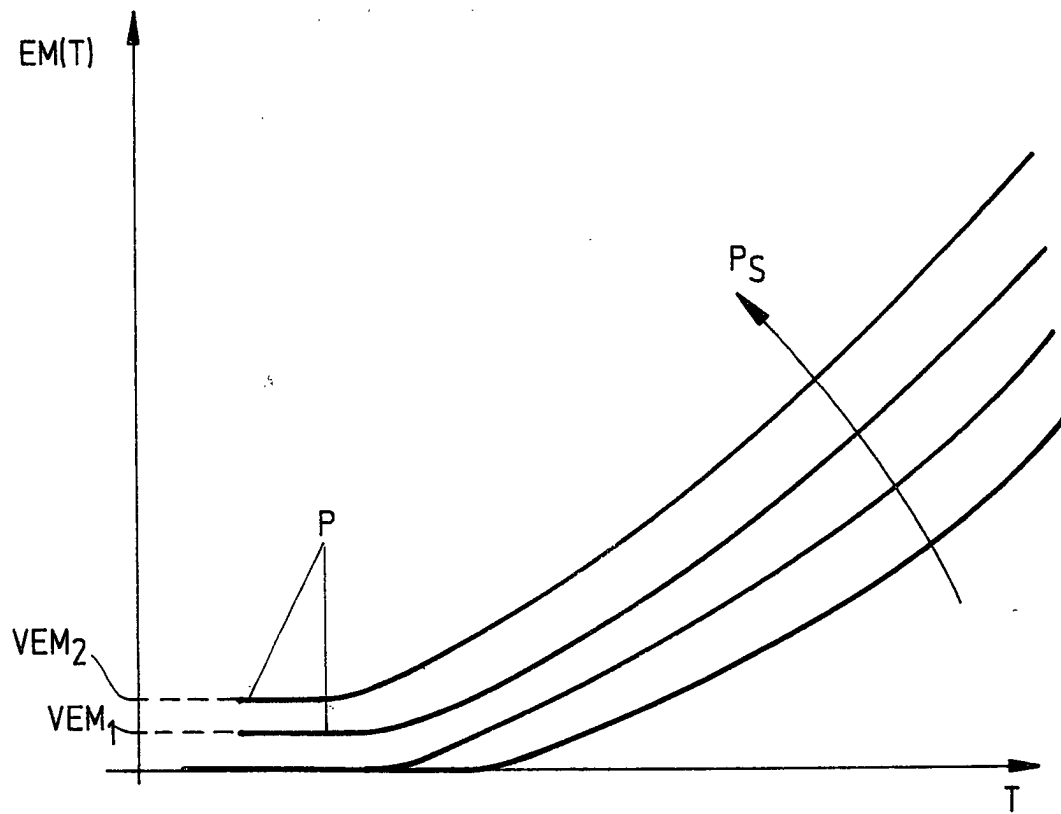


Fig.2 Stand der Technik

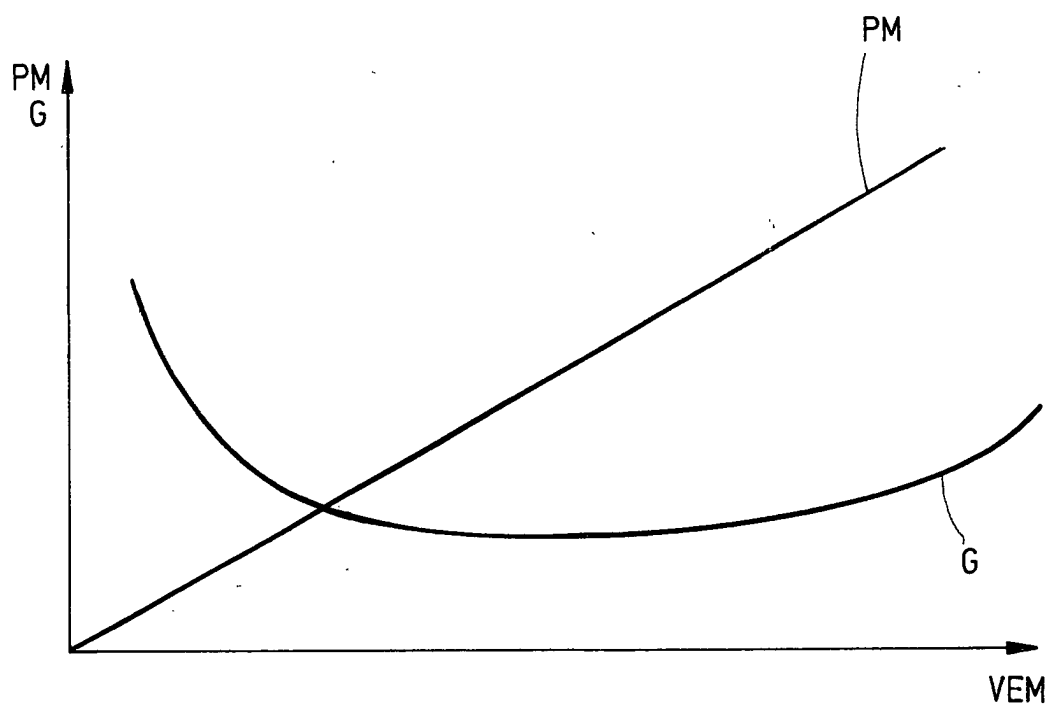


Fig.3 Stand der Technik

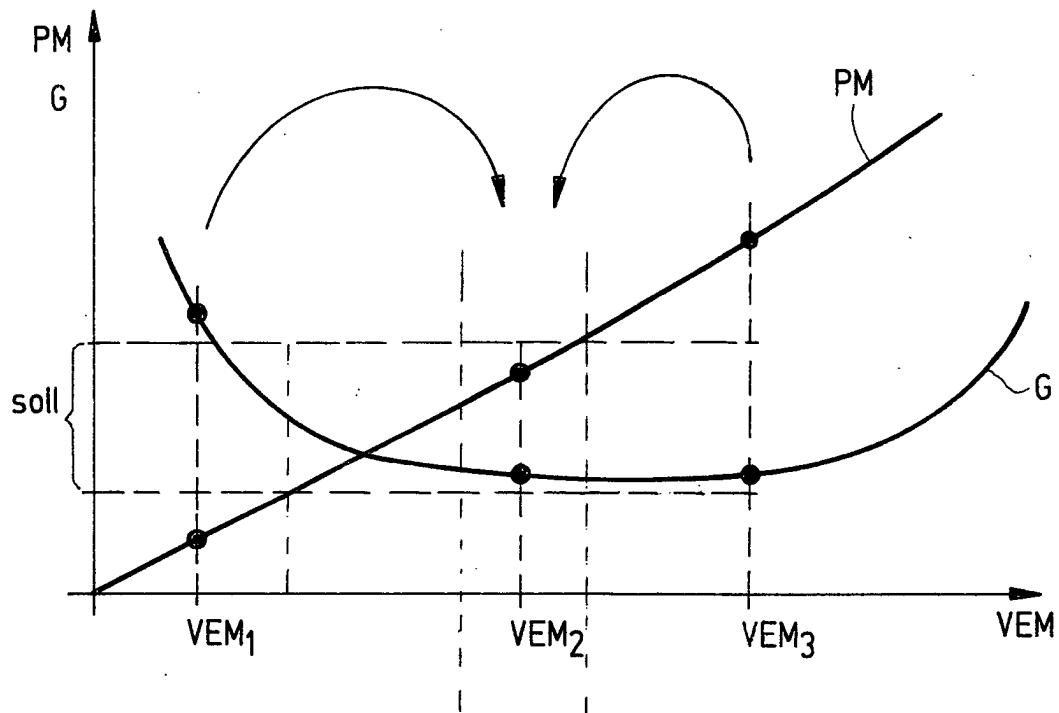


Fig.4

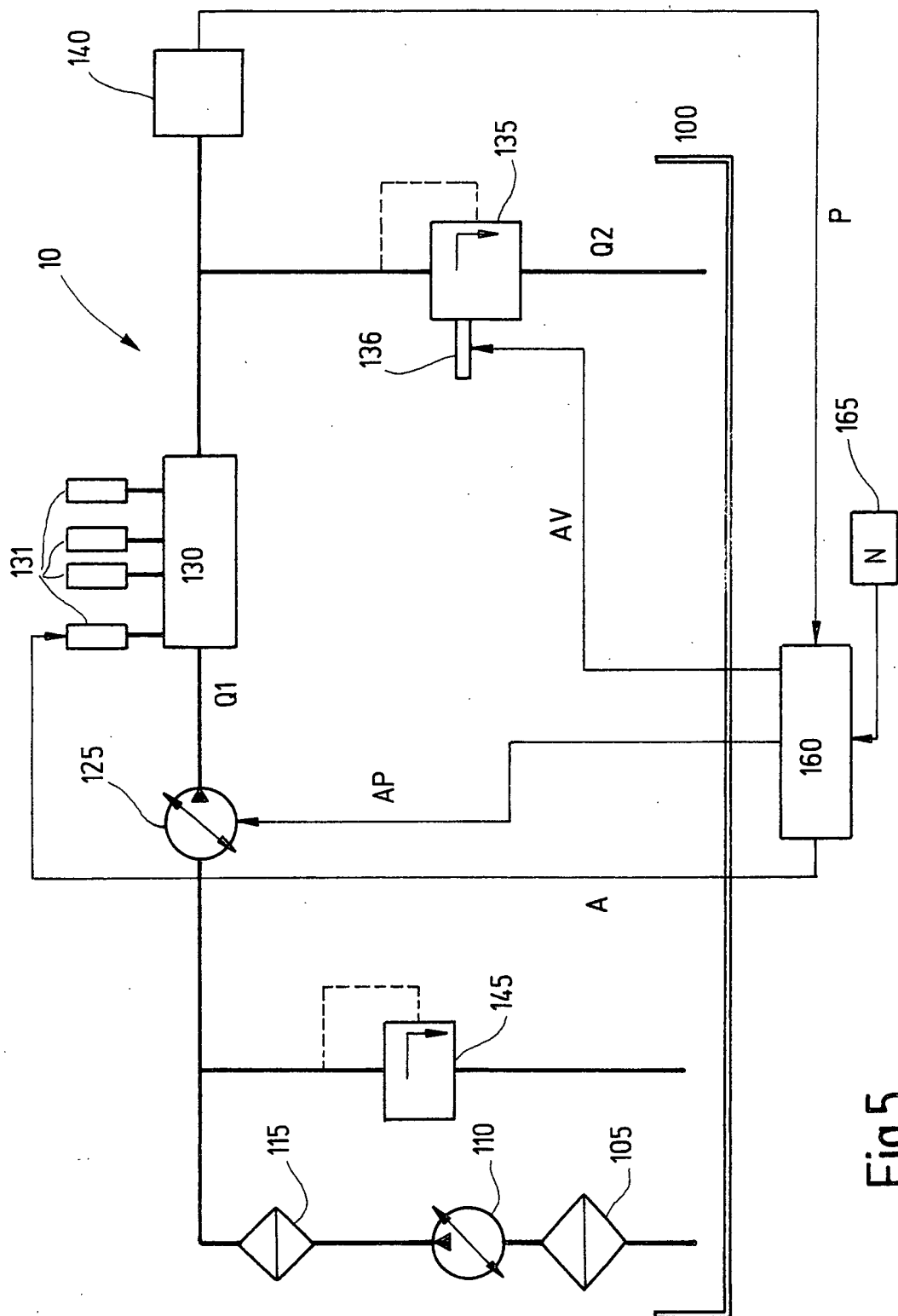


Fig.5