(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 001 784 B4** 2020.04.02

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 001 784.1**
(22) Anmeldetag: **15.05.2008**
(43) Offenlegungstag: **19.11.2009**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **02.04.2020**

(51) Int Cl.: ***F02D 41/40*** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

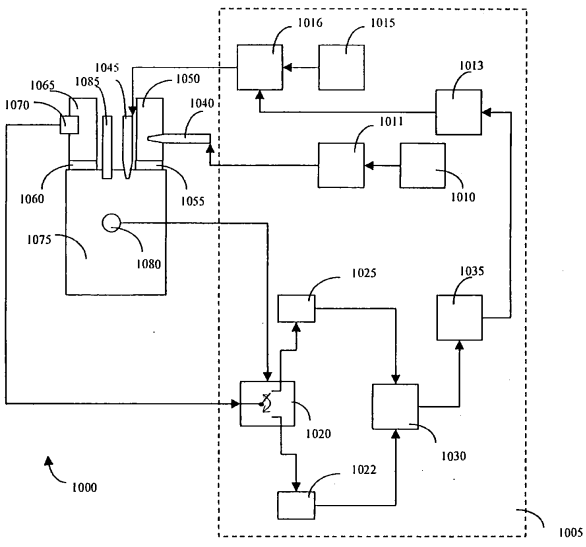
(72) Erfinder:
Kemmer, Helerson, 71665 Vaihingen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	**2005 / 0 235 960**	**A1**
EP	**1 930 577**	**A1**

(54) Bezeichnung: **Steuergerät, Verfahren, Computerprogramm und Computerprogrammprodukt zum Betreiben einer Brennkraftmaschine**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine (1000), bei dem Kraftstoff mittels eines ersten Einspritzventils (1040) und mittels eines zweiten Einspritzventils (1045) zur Verbrennung in eine Brennkammer (1075) eingespritzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass es folgende Schritte umfasst:
a) Vorgabe einer ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge,
b) Ansteuern des ersten Einspritzventils (1040) zum Einspritzen der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge gemäß einer ersten Zuordnungsvorschrift (Z1), die der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge einen ersten Sollwert (S1) eines ersten Ansteuersignals (205), insbesondere mittels Interpolation, zuordnet,
c) Ermitteln eines ersten Ist-Werts (I1) einer aus der Verbrennung einer durch die Ansteuerung des ersten Einspritzventils (1040) im Schritt b) eingespritzten ersten tatsächlichen Kraftstoffmenge (q_1) resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine (1000),
d) Vorgabe einer zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge,
e) Ansteuern des ersten Einspritzventils (1040) zum Einspritzen der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge und zusätzlich Ansteuern des zweiten Einspritzventils (1045) zum Einspritzen der zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge gemäß einer zweiten Zuordnungsvorschrift (Z2), die der zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge einen zweiten Sollwert (S2) eines zweiten Ansteuersignals (225), insbesondere mittels Interpolation, zuordnet,
f) Ermitteln eines zweiten Ist-Werts (12) der aus der Verbrennung ...



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht von einem Verfahren, einem Steuergerät, einem Computerprogramm und einem Computerprogrammprodukt zum Betreiben einer Brennkraftmaschine nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche aus.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Verfahren und Vorrichtungen zum Betreiben einer Brennkraftmaschine bekannt, bei denen Kraftstoff mit einem ersten Einspritzventil in ein Saugrohr und mit einem zweiten Einspritzventil direkt in eine Brennkammer der Brennkraftmaschine eingespritzt werden, wobei Ventilkennlinien verwendet werden, die eine für das jeweilige Ventil charakteristische Zuordnung einer vorgegebenen Kraftstoffmenge zu einem Sollwert für ein Ansteuersignal beschreiben. Diese Ventilkennlinien berücksichtigen jedoch keine beispielsweise durch Fertigungstoleranzen bedingten ventilindividuellen Abweichungen einer tatsächlich mit dem Ventil eingespritzten Kraftstoffmenge von einer vorgegebenen einzuspritzenden Kraftstoffmenge.

[0003] Aus der Offenlegungsschrift US 2005/0 235 960 A1 ist eine elektronische Steuereinheit bekannt, die einen Korrekturwert und einen zweiten Korrekturwert ermittelt. Der erste Korrekturwert dient dazu eine Abweichung eines tatsächlichen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses in Bezug auf ein Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu kompensieren, falls Kraftstoff in jeden Brennraum zugeführt wird. Die Zuführung findet über eine Ansaugrohr- und eine Direkteinspritzung statt. Der zweite Korrekturwert dient dazu eine weitere Abweichung eines tatsächlichen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses in Bezug auf ein Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu kompensieren, falls Kraftstoff in jeden Brennraum zugeführt wird. Hierbei spielt ein Verhältnis der Einspritzmenge in das Ansaugrohr- zur Gesamteinspritzmenge eine Rolle.

[0004] Aus der Offenlegungsschrift EP 1 930 577 A1 ist bekannt Mehrfacheinspritzungen für einen Verbrennungsvorgang in einem Brennraum vorzunehmen. Dabei ist eine Steuerung vorgesehen, die eine Einspritzmenge berichtigt. Unter anderem sind Vor- und Nacheinspritzungen vorgesehen. Es werden Verhältnisse von angeforderten Kraftstoffeinspritzungen und entsprechenden Einspritzbefehlen gespeichert. Des Weiteren wird zwischen verschiedenen Modi umgeschaltet. Ein Modus sieht eine Nacheinspritzung vor, die einer Haupteinspritzung folgt. Ein anderer Modus sieht nur eine Haupteinspritzung vor.

Offenbarung der Erfindung

Vorteile der Erfindung

[0005] Das erfindungsgemäße Verfahren, das erfindungsgemäße Steuergerät, das erfindungsgemäße Computerprogramm und das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche haben demgegenüber den Vorteil, dass

a) eine erste einzuspritzende Kraftstoffmenge vorgegeben wird,

b) ein erstes Einspritzventil zum Einspritzen der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge gemäß einer ersten Zuordnungsvorschrift angesteuert wird, die der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge einen ersten Sollwert eines ersten Ansteuersignals, insbesondere mittels Interpolation, zuordnet,

c) ein erster Ist-Wert einer aus der Verbrennung einer durch die Ansteuerung des ersten Einspritzventils eingespritzten ersten tatsächlichen Kraftstoffmenge resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine ermittelt wird,

d) eine zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge vorgegeben wird,

e) das erste Einspritzventil zum Einspritzen der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge angesteuert wird, und zusätzlich ein zweites Einspritzventil zum Einspritzen der zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge gemäß einer zweiten Zuordnungsvorschrift angesteuert wird, die der zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge einen zweiten Sollwert eines zweiten Ansteuersignals, insbesondere mittels Interpolation, zuordnet,

f) ein zweiter Ist-Wert der aus der Verbrennung der durch die Ansteuerung des ersten Einspritzventils eingespritzten ersten tatsächlichen Kraftstoffmenge und einer durch die Ansteuerung des zweiten Einspritzventils eingespritzten zweiten tatsächlichen Kraftstoffmenge resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine ermittelt wird,

g) eine Abweichung zwischen dem ersten Ist-Wert und dem zweiten Ist-Wert, insbesondere ein Kraftstoffmengenüberschuss, ermittelt wird,

h) eine korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift des zweiten Einspritzventils ermittelt wird, durch die der zweite Sollwert des zweiten Ansteuersignals der Abweichung zugeordnet wird.

[0006] Auf diese Weise werden ventilindividuelle Abweichungen der eingespritzten zweiten tatsächlichen Kraftstoffmenge von der zweiten einzuspritzenden

Kraftstoffmenge des zweiten Einspritzventils korrigiert. Die Korrektur der Abweichungen des zweiten Einspritzventils wird durch die zusätzliche Einspritzung mittels des ersten Einspritzventils zudem auch in einem Bereich der zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge möglich, der so klein ist, dass die zweite tatsächliche Kraftstoffmenge nicht ausreicht, um die Brennkraftmaschine nur mit der zweiten tatsächlichen Kraftstoffmenge zu betreiben.

[0007] Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich.

[0008] Besonders vorteilhaft ist es, wenn mindestens einer der Schritte d) bis h) mindestens einmal wiederholt wird. Dadurch wird mehr als ein Wertepaar der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift ermittelt und beispielsweise als Kennlinie dargestellt. Dies verbessert die Genauigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0009] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Schritte d) bis h) wiederholt werden, und bei einem ersten Durchlauf der Schritte d) bis h) für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge ein erster Wert gewählt wird, und die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge bei mindestens einer Wiederholung der Schritte d) bis h) im Schritt d) um einen vorgegebenen Betrag geändert wird. Durch die Wiederholung der Schritte d) bis h) wird die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift systematisch ermittelt. Dies vereinfacht die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0010] Besonders vorteilhaft ist es, wenn im Schritt h) Wertepaare der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift ermittelt werden, und die Schritte d) bis h) so lange wiederholt werden, bis die Anzahl der im Schritt h) ermittelten Wertepaare der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift eine erste vorgegebene Anzahl überschreiten. Dadurch kann das erfindungsgemäße Verfahren auf einfache Weise beendet werden, wenn ausreichend viele Wertepaare der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift ermittelt sind.

[0011] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die erste vorgegebene Anzahl abhängig von der größten zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge, die in der Brennkraftmaschine mittels des zweiten Einspritzventils realisiert werden soll, der gewünschten Auflösung der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift und/oder der Messgenauigkeit einer zur Erfassung der Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine verwendeten Messeinrichtung ermittelt wird. Dadurch wird die erforderliche Anzahl der Wiederholungen besonders einfach ermittelt.

[0012] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der vorgegebene Betrag um den die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge bei mindestens einer Wiederholung geändert wird abhängig von der Soll-Auflösung der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift und/oder der Messgenauigkeit einer zur Erfassung der Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine verwendeten Messeinrichtung geändert wird. Dadurch wird die Auflösung der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift auf besonders einfache Weise bestimmt.

[0013] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die zweite Zuordnungsvorschrift, insbesondere als eine Ventilkennlinie, in einer dritten Speichereinheit im Steuergerät gespeichert wird. Dadurch das erfindungsgemäße Verfahren auf besonders einfache Weise ausgeführt wird.

[0014] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift, insbesondere als eine Kennlinie, in der dritten Speichereinheit im Steuergerät gespeichert wird. Dadurch wird das erfindungsgemäße Verfahren auf besonders einfache Weise ausgeführt.

[0015] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift die zweite Zuordnungsvorschrift ersetzt. Dadurch wird das erfindungsgemäße Verfahren auf besonders einfache Weise ausgeführt.

[0016] Besonders vorteilhaft ist es, wenn in einem zusätzlichen Schritt

> i) das zweite Einspritzventil der Brennkraftmaschine gemäß dem zweiten Sollwert abhängig von der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift aus Schritt h), insbesondere durch Interpolation, angesteuert wird. Dadurch wird die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge mittels des zweiten Einspritzventils viel genauer umgesetzt.

[0017] Besonders vorteilhaft ist es, wenn bei dem ersten Durchlauf der Schritte d) bis h) der erster Wert für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge den vorgegebenen ersten Schwellwert nicht überschreitet. Dadurch wird die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift auf besonders einfache Weise systematisch von kleinen Werten für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge zu großen Werten für zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge hin ermittelt.

[0018] Besonders vorteilhaft ist es, wenn bei dem ersten Durchlauf der Schritte d) bis h) der erste Wert für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge den vorgegebenen ersten Schwellwert nicht überschreitet, und die Schritte d) bis h) solange wiederholt werden, bis die Abweichung einen vorgegebenen zweiten Schwellwert überschreitet, wobei die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge bei mindestens einer

Wiederholung des Schrittes d) um den vorgegebenen Betrag vergrößert wird. Dadurch wird der unterste Punkt einer Kennlinie, die die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift darstellt besonders einfach ermittelt.

[0019] Besonders vorteilhaft ist es, wenn bei dem ersten Durchlauf der Schritte d) bis h) der erste Wert für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge den vorgegebene ersten Schwellwert überschreitet. Dadurch wird die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift auf besonders einfache Weise systematisch von großen Werten für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge zu kleinen Werten für zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge hin ermittelt.

[0020] Besonders vorteilhaft ist es, wenn bei dem ersten Durchlauf der Schritte d) bis h) der erste Wert für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge den vorgegebene ersten Schwellwert überschreitet, und die Schritte d) bis h) solange wiederholt werden, bis die Abweichung (A) den vorgegebenen zweiten Schwellwert unterschreitet, wobei die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge bei mindestens einer Wiederholung des Schrittes d) um den vorgegebenen Betrag verkleinert wird. Dadurch wird der unterste Punkt einer Kennlinie, die die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift darstellt besonders einfach ermittelt.

[0021] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die resultierende Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine die Sauerstoffkonzentration des Abgases der Brennkraftmaschine ist. Dadurch wird die resultierende Betriebskenngröße auf besonders einfache Weise mittels bereits vorhandener Sensoren ermittelt.

[0022] Besonders vorteilhaft ist es, wenn eine Umschaltung zwischen der Ermittlung des ersten Ist-Werts der resultierende Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine und der Ermittlung des zweiten Ist-Werts der resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine abhängig von einer einen Verbrennungszyklus der Brennkraftmaschine charakterisierenden Größe erfolgt, wobei ein Verbrennungszyklus mindestens eine Verbrennung umfasst. Dadurch erfolgt die Zuordnung des ersten Ist-Werts zur ersten tatsächlichen Kraftstoffmenge und des zweiten Ist-Werts zur ersten tatsächlichen Kraftstoffmenge und zur zweiten tatsächlichen Kraftstoffmenge besonders zuverlässig.

[0023] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der erste Ist-Werts der resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine und der zweiten Ist-Werts der resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine während des Verbrennungszyklus der Brennkraftmaschine zwischen einem ersten Zeitpunkt und einem zweiten Zeitpunkt erfasst werden, wobei der erste Zeitpunkt und der zweite Zeitpunkt abhängig von der den Verbrennungszyklus der Brennkraftmaschine charakterisierenden Größe bestimmt werden. Dadurch erfolgt die Ermittlung des ersten Ist-Werts und des zweiten Ist-Werts besonders zuverlässig.

[0024] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der erste und der zweite Zeitpunkt so bestimmt werden, dass das Abgas der Brennkraftmaschine aus der Brennkammer nach der Verbrennung zwischen dem ersten Zeitpunkt und dem zweiten Zeitpunkt an einer in der Brennkraftmaschine angeordneten Messeinrichtung zur Erfassung der Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine eintrifft. Dadurch werden der erste Ist-Wert und der zweite Ist-Wert besonders genau ermittelt.

[0025] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die den Verbrennungszyklus der Brennkraftmaschine charakterisierenden Größe ein Kurbelwellenwinkel und/oder eine Drehzahl der Brennkraftmaschine ist. Dadurch werden der erste Zeitpunkt und der zweite Zeitpunkt besonders einfach ermittelt.

[0026] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das erste Ansteuersignal des ersten Einspritzventils eine erste elektrische Ansteuerdauer und das zweite Ansteuersignal des zweiten Einspritzventil seine zweite elektrische Ansteuerdauer ist. Dadurch erfolgt die Ansteuerung des ersten Einspritzventils und des zweiten Einspritzventils auf besonders einfache Weise.

Figurenliste

[0027] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine,

Fig. 2 ein Diagramm für die Ansteuersignale der Einspritzventile,

Fig. 3 ein Diagramm der Einspritzmenge in Abhängigkeit von der elektrischen Ansteuerdauer.

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0028] In **Fig. 1** ist eine Brennkraftmaschine beispielsweise ein Otto- oder Diesel-Motor dargestellt und mit **1000** bezeichnet. Die Brennkraftmaschine **1000** kann über eine oder mehrere Brennkammern **1075** verfügen, von denen der Übersichtlichkeit halber in **Fig. 1** nur eine dargestellt ist. Die Brennkraftmaschine umfasst zudem ein Saugrohr **1050**, das über ein Einlassventil **1055** mit der Brennkammer **1075** verbunden ist. Über das Saugrohr **1050** wird der Brennkammer **1075** Frischluft und eine durch ein erstes Einspritzventil **1040** eine in das Saugrohr **1050** erste tatsächliche Kraftstoffmenge q1 ein-

gespritzt. Eine zweite tatsächliche Kraftstoffmenge q2 wird durch ein zweites Einspritzventil **1045** direkt in die Brennkammer **1075** eingespritzt. Im Falle eines Otto-Motors ist in der Brennkammer **1075** eine Zündkerze **1085** vorgesehen, durch die ein so entstandenes Kraftstoff-LuftGemisch in der Brennkammer **1075** in dem Fachmann bekannter Weise gezündet wird. Ein durch die Verbrennung entstehendes Abgas wird durch ein Auslassventil **1060** in ein Abgasrohr **1065** ausgeleitet. Als eine aus der Verbrennung der eingespritzten ersten und der eingespritzten zweiten Kraftstoffmenge resultierende Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine wird eine Sauerstoffkonzentration des Abgases von einem Lambdasensor **1070** der in dem Abgasrohr **1065** angeordnet ist, ermittelt.

[0029] Die Brennkraftmaschine **1000** umfasst zudem eine im Saugrohr **1050** angeordnete in **Fig. 1** nicht dargestellte Drosselklappe zur Steuerung der Frischluftmenge, die der Brennkammer **1075** zugeführt wird. Die Steuerung der Zündung, der Ein- und Auslassventile und der Drosselklappe ist in **Fig. 1** nicht dargestellt und erfolgt in dem Fachmann bekannter Weise, beispielsweise um einen vorgegebenen Fahrerwunsch umzusetzen.

Weiter umfasst die Brennkraftmaschine
ein Steuergerät 1005.

[0030] In dem Steuergerät **1005** ist eine erste Vorgabeeinheit **1010** angeordnet, die einer ersten Ansteuereinheit **1011** eine erste einzuspritzende Kraftstoffmenge vorgibt. Die erste Ansteuereinheit **1011** ermittelt ein erstes Ansteuersignal **205** gemäß einer ersten Zuordnungsvorschrift Z1. Die erste Zuordnungsvorschrift Z1 ordnet dabei jeder ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge einen ersten Sollwert S1 des ersten Ansteuersignal **205** zu. Das erste Einspritzventil **1040** wird von der ersten Ansteuereinheit **1011** gemäß dem ersten Ansteuersignal **205** angesteuert. Die erste Zuordnungsvorschrift Z1 ist dabei beispielsweise eine lineare oder nichtlineare Ventilkennlinie, die vom Hersteller des ersten Einspritzventils **1040** zur Verfügung gestellt wird. Alternativ wird die erste Zuordnungsvorschrift Z1 beispielsweise in einem Prüfstand oder durch mathematische Modellierung in dem Fachmann bekannter Weise ermittelt.

[0031] Ein zeitlicher Verlauf des ersten Ansteuersignals **205** zur Ansteuerung des ersten Einspritzventils **1040** ist in **Fig. 2** beispielhaft dargestellt. Das erste Einspritzventil **1040** wird demnach bei einer fallenden Flanke des ersten Ansteuersignals **205** geöffnet und bei einer steigenden Flanke des ersten Ansteuersignals **205** geschlossen. Der Abstand zwischen fallender und steigender Flanke stellt eine erste elektrische Ansteuerdauer **t1** des ersten Einspritzventils **1040** dar. Die erste elektrische Ansteuerdauer **t1** wird dabei von der ersten Ansteuereinheit **1011** aus der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge gemäß der ersten Zuordnungsvorschrift **Z1** bestimmt. Die erste Zuordnungsvorschrift **Z1** stellt dann einen ersten Zusammenhang zwischen der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge und der ersten elektrische Ansteuerdauer **t1** dar.

[0032] Zusätzlich umfasst das Steuergerät **1005** eine zweite Vorgabeeinheit **1015**, die einer zweiten Ansteuereinheit **1016** eine zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge vorgibt. Die zweite Ansteuereinheit **1016** ermittelt ein zweites Ansteuersignal **225** gemäß einer zweiten Zuordnungsvorschrift **Z2**. Die zweite Zuordnungsvorschrift **Z2** ist in einer dritten Speichereinheit **1013** abgespeichert und ordnet jeder zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge einen zweiten Sollwert **S2** des zweiten Ansteuersignal **225** zu. Das zweite Einspritzventil **1045** wird von der zweiten Ansteuereinheit **1016** gemäß dem zweiten Ansteuersignal **225** angesteuert. Die zweite Zuordnungsvorschrift **Z2** ist dabei beispielsweise eine lineare oder nichtlineare Ventilkennlinie, die vom Hersteller des zweiten Einspritzventils **1045** zur Verfügung gestellt wird. Alternativ wird die zweite Zuordnungsvorschrift **Z2** beispielsweise in einem Prüfstand oder durch mathematische Modellierung in dem Fachmann bekannter Weise ermittelt.

[0033] Der zeitliche Verlauf des zweiten Ansteuersignals **225** ist in **Fig. 2** beispielhaft dargestellt. Hier bedeutet eine fallende Flanke das Öffnen des zweiten Einspritzventils **1045** und eine steigende Flanke das Schließen des zweiten Einspritzventils **1045**. Der Abstand zwischen fallender und steigender Flanke stellt eine zweite elektrische Ansteuerdauer **t2** des zweiten Einspritzventils **1045** dar. Die zweite elektrische Ansteuerdauer **t2** wird dabei von der zweiten Ansteuereinheit **1016** aus der zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge gemäß der zweiten Zuordnungsvorschrift **Z2** bestimmt. Die zweite Zuordnungsvorschrift **Z2** stellt dann einen zweiten Zusammenhang zwischen der zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge und der zweiten elektrische Ansteuerdauer **t2** dar.

[0034] **Fig. 2** zeigt auch, dass die zweite elektrische Ansteuerdauer **t2** des zweiten Einspritzventils **1045** von der zweiten Ansteuereinheit **1015** so vorgegeben wird, dass die zweite elektrische Ansteuerdauer **t2** bei jeder Ansteuerung des zweiten Einspritzventils **1045** größer ist, als die zweite elektrische Ansteuerdauer **t2** bei der vorherigen Ansteuerung des Einspritzventils **1045**. Wie in **Fig. 2** dargestellt, sind die durch die fallenden Flanken gekennzeichneten Öffnungszeitpunkte des ersten Einspritzventils **1040** und des zweiten Einspritzventils **1045** so gewählt, dass das zweite Einspritzventil **1045** geöffnet wird während das erste Einspritzventil **1040** geöffnet ist. Das erfindungsgemäße Verfahren ist dabei nicht auf diese Anordnung der Öffnungszeitpunkt und die Vergrößerung der zweiten elektrischen Ansteuerdauern **t2** bei

jeder Wiederholung beschränkt, sondern kann auch für andere Wahl der Öffnungszeitpunkte und zweiten elektrischen Ansteuerdauern tw, beispielsweise Verkleinerung oder zufällige Wahl der zweiten elektrischen Ansteuerdauern **t2** entsprechend angewandt werden.

[0035] In dem Steuergerät **1005** ist zudem eine erste Ermittlungseinheit **1020** angeordnet, der die Sauerstoffkonzentration des Abgases vom Lambdasensor **1070** übermittelt wird. Zusätzlich wird ein Kurbelwellenwinkel von einem in der Brennkraftmaschine **1000** angeordneten Kurbelwellenwinkelsensor **1080** an die Ermittlungseinheit **1020** übermittelt.

[0036] Die erste Ermittlungseinheit **1020** empfängt die vom Lambdasensor **1070** gesendeten Signale uns speichert sie in dem Fachmann bekannter Weise beispielsweise in einem in **Fig. 1** nicht dargestellten flüchtigen Speicher. Die erste Ermittlungseinheit **1020** ermittelt daraus ersten Ist-Wert I1 und einen zweiten Ist-Wert I2 der Sauerstoffkonzentration des Abgases der Brennkraftmaschine **1000**. Die Berechnung des ersten Ist-Werts I1 oder des zweiten Ist-Werts I2 erfolgt zwischen einem ersten Zeitpunkt und einem zweiten Zeitpunkt. Der erste Zeitpunkt liegt dabei zeitlich nach dem Ende eines Verbrennungszyklus. Der zweite Zeitpunkt liegt dabei zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt. Der Verbrennungszyklus besteht dabei aus den Takten Ansaugen, Kompression, Expansion, Ausschieben. Der erste Zeitpunkt und der zweite Zeitpunkt wird so bestimmt, dass das Abgas der Brennkraftmaschine **1000** aus der Brennkammer **1075** nach der Verbrennung zwischen dem ersten Zeitpunkt und dem zweiten Zeitpunkt an dem Lambdasensor **1070** vorbeiströmt. Die Bestimmung des ersten Zeitpunkts und des zweiten Zeitpunkts erfolgt in dem Fachmann bekannter Weise beispielsweise durch mathematische Modellbildung oder an einem Prüfstand.

[0037] Die erste Ermittlungseinheit **1020** schaltet dabei zwischen der Berechnung des ersten Ist-Werts I1 und der Berechnung des zweiten Ist-Werts I2 beispielsweise abhängig vom Kurbelwellenwinkel um. Der Kurbelwellenwinkel kann dabei beispielsweise auch in dem Fachmann bekannter Weise abhängig von der Drehzahl der Brennkraftmaschine ermittelt werden. Die Umschaltung zwischen der Berechnung des ersten Ist-Werts I1 und des zweiten Ist-Werts I2 erfolgt jeweils nach Abschluss eines oder mehrer Verbrennungszyklen. Beispielsweise wird der erste Ist-Wert I1 nur einmal für einen Verbrennungszyklus bestimmt und dann umgeschaltet. Für den nächsten Verbrennungszyklus wird dann der zweite Ist-Wert I2 ermittelt. Der dem Ende des Taktes Ausschieben zugeordnete Kurbelwellenwinkel markiert den Abschluss des Verbrennungszyklus. Die Bestimmung des Zeitpunkts zur Umschaltung mittels des Kurbelwellenwinkels ist hier beispielhaft angegeben. Genauso kann der Zeitpunkt zur Umschaltung auch aus anderen Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine, beispielsweise der Drehzahl der Brennkraftmaschine bestimmt werden.

[0038] Weiter ist in dem Steuergerät **1005** eine erste Speichereinheit **1025** angeordnet, an die der erste Ist-Wert I1 von der Ermittlungseinheit **1020** übermittelt wird. Die Übermittlung erfolgt dabei sobald der erste Ist-Wert I1 von der Ermittlungseinheit **1020** ermittelt wurde.

[0039] Weiter ist in dem Steuergerät **1005** eine zweite Speichereinheit **1022** angeordnet, an die der zweite Ist-Wert I2 von der Ermittlungseinheit **1020** übermittelt wird. Die Übermittlung erfolgt dabei sobald der zweite Ist-Wert I2 von der Ermittlungseinheit **1020** ermittelt wurde.

[0040] Die Vergleichseinheit **1030** vergleicht den ersten Ist-Wert I1 aus der ersten Speichereinheit **1025** mit dem zweiten Ist-Wert I2 aus der zweiten Speichereinheit **1022** und ermittelt daraus eine Abweichung A der Sauerstoffkonzentration des Abgases durch Subtraktion der beiden Werte:

$$A = I1 - I2.$$

[0041] Die Abweichung A wird von der Vergleichseinheit **1030** an eine dritte Ermittlungseinheit **1035** übergeben. Die dritte Ermittlungseinheit **1035** ermittelt eine korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift Z2Korr des zweiten Einspritzventils **1045** und übermittelt diese an die dritte Speichereinheit **1013**. Dort wird die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift Z2Korr abgespeichert. Die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift Z2Korr wird mit dem in **Fig. 4** dargestellten Ablaufplans des erfindungsgemäßen Verfahren bestimmt.

[0042] Das erfindungsgemäße Verfahren startet, sobald die Brennkraftmaschine **1000** und das Steuergerät **1005** in Betrieb genommen werden. In dem Fachmann bekannter Weise erfolgt dies beispielsweise in einem Kraftfahrzeug durch einschalten der Zündung.

[0043] Nach dem Start des Programms wird im Schritt **400** wird geprüft, ob die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift Z2Korr bestimmt werden soll. Ist dies der Fall, so wird zu einem Schritt **405** verzweigt. Anderenfalls wird zu einem Schritt **440** verzweigt. Die Bestimmung der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift Z2Korr soll beispielsweise solange erfolgen bis die Anzahl der ermittelten Wertepaare der korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift Z2Korr eine erste vorgegebene Anzahl überschreitet.

[0044] Die Ermittlung der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift Z2Korr soll zudem beispielsweise nach einer bestimmten Anzahl von Betriebsstunden

der Brennkraftmaschine **1000** erfolgen. Dadurch werden Drifteffekte oder Abnutzungserscheinungen des zweiten Einspritzventils **1045** berücksichtigt.

[0045] Die Anzahl der Betriebsstunden der Brennkraftmaschine **1000** nach der die korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift Z2 Korr erfolgen soll ergibt sich beispielsweise bei einem Kraftfahrzeug aus dem Serviceintervall der Brennkraftmaschine **1000**. Die Bestimmung und Auswertung der Anzahl der Betriebsstunden der Brennkraftmaschine **1000** erfolgt dabei in dem Fachmann bekannter Weise.

[0046] Bei Schritt **405** wird von der ersten Ermittlungseinheit **1020** geprüft, ob der erste Ist-Wert I1 ermittelt werden soll. Falls ja wird zum Schritt **412** verzweigt, falls nein zum Schritt **410**. Die Umschaltung zwischen der Berechnung des ersten Ist-Werts I1 und des zweiten Ist-Werts I2 erfolgt jeweils nach Abschluss eines oder mehrer Verbrennungszyklen. Beispielsweise wird der erste Ist-Wert I1 nur einmal für einen Verbrennungszyklus bestimmt und dann umgeschaltet.

[0047] Bei Schritt **412** wird von der ersten Vorgabeeinheit **1010** die erste einzuspritzende Kraftstoffmenge vorgegeben und beispielsweise in einem flüchtigen Speicher des Steuergeräts **1005** zur späteren Verwendung gespeichert. Die Größe der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge variiert dabei je nach der Bauart der Brennkraftmaschine **1000** und beträgt beispielsweise bei einem Otto-Motor in einem Kraftfahrzeug je nach Fahrerwunsch **5** bis **25** mg je Verbrennungszyklus.

[0048] Bei Schritt **413**, der auf Schritt **412** folgt, wird von der ersten Ansteuereinheit **1013** der erste Sollwert **S1** für das erste Ansteuersignal **205** aus **Fig. 2** beispielsweise durch Interpolation aus der ersten Zuordnungsvorschrift Z1 ermittelt und das erste Einspritzventil **1040** mit der ersten elektrischen Ansteuerdauer **t1** gemäß dem ersten Sollwert S1 angesteuert.

[0049] Bei Schritt **414**, der auf Schritt **413** folgt, wird von der ersten Ermittlungseinheit **1020** der erste Ist-Wert I1 der Sauerstoffkonzentration des Abgases bestimmt und in der ersten Speichereinheit **1025** abgespeichert. Anschließend wird das erfindungsgemäße Verfahren mit Schritt **420** fortgesetzt. Die erste tatsächliche Kraftstoffmenge q1 weicht typischer Weise von der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge ab, da bei der Einspritzung durch das erste Einspritzventil **1040** beispielsweise aufgrund von Fertigungstoleranzen nicht genau die erste einzuspritzende Kraftstoffmenge realisiert werden kann. Da im Schritt **412** nur dem ersten Einspritzventil **1040** von der ersten Vorgabeeinheit **1010** die erste einzuspritzende Kraftstoffmenge vorgegeben wurde, lässt sich der erste Ist-Wert I1 der Sauerstoffkonzentration des Abgases dann eindeutig der ersten tatsächlichen Kraftstoffmenge q1 zuordnen, wenn die Sauerstoffkonzentration des Abgas zwischen dem ersten Zeitpunkt und dem zweiten Zeitpunkt bestimmt wird während deren das Abgas der Brennkraftmaschine **1000** aus der Brennkammer **1075** nach der Verbrennung an dem Lambdasensor **1070** vorbeiströmt.

[0050] Bei Schritt **410** wird geprüft ob der Schritt **415** bereits ein erstes Mal durchlaufen wurde. Falls Ja, wird zum Schritt **411** verzweigt, falls Nein, zum Schritt **415**. Dazu wird ein Zähler, beispielsweise in einem Computerprogramm zur Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Variable tD verwendet, die beim Start des Programms mit Null initialisiert wird. Die Variable tD hat dann bei einem ersten Durchlauf des Schritts **410** den Wert tD=0.

[0051] Bei Schritt **415** wird von der ersten Vorgabeeinheit **1010** die selbe erste einzuspritzende Kraftstoffmenge vorgegeben wie in Schritt **412**. Dazu wird die erste einzuspritzende Kraftstoffmenge beispielsweise aus dem flüchtigen Speicher des Steuergeräts **1005** gelesen. Zusätzlich wird von der zweiten Vorgabeeinheit **1015** die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge vorgegeben und zur späteren Verwendung beispielsweise in dem flüchtigen Speicher des Steuergeräts **1005** gespeichert. Für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge wird dabei ein erster Wert gewählt der einen vorgegebenen ersten Schwellwert nicht überschreitet. Der vorgegebene erste Schwellwert variiert dabei je nach der Bauart der Brennkraftmaschine **1000** und beträgt beispielsweise bei einem Otto-Motor in einem Kraftfahrzeug **1** bis 25 mg je Verbrennungszyklus. Beispielsweise wird der erste Schwellwert abhängig von der kleinsten durch das zweite Einspritzventil realisierbaren zweiten tatsächlichen Einspritzmenge zu 2mg gewählt. Alternativ kann der Schwellwert auch zu Null gewählt werden. Dann ist keine Kenntnis über die kleinste realisierbare zweite tatsächliche Einspritzmenge erforderlich. Es ist auch möglich den ersten Wert so zu wählen, dass er den ersten Schwellwert nicht unterschreitet. Dann wird der erste Schwellwert beispielsweise zu 23mg gewählt. Bei jedem Durchlaufen des Schrittes **415** wird der Zähler, beispielsweise die Variable tD auf einen Wert ungleich Null geändert, beispielsweise um Eins erhöht. Anschließend wird das erfindungsgemäße Verfahren mit einem Schritt **416** fortgesetzt.

[0052] Bei Schritt **411** wird von der ersten Vorgabeeinheit **1010** die selbe erste einzuspritzende Kraftstoffmenge vorgegeben wie in Schritt **412**. Dazu wird die erste einzuspritzende Kraftstoffmenge beispielsweise aus dem flüchtigen Speicher des Steuergeräts **1005** gelesen. Zusätzlich wird von der zweiten Vorgabeeinheit **1015** die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge vorgegeben und zur späteren Verwendung beispielsweise in dem flüchtigen Speicher des Steu-

ergeräts **1005** gespeichert. Für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge wird dabei der erste Wert aus Schritt **415** um einen vorgegebenen Betrag geändert. Dazu wird die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge beispielsweise aus dem flüchtigen Speicher des Steuergeräts **1005** gelesen. Beispielsweise wird die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge um den vorgegebenen Betrag erhöht, wenn der erste Wert im Schritt **415** so gewählt wurde, dass er den ersten Schwellwert, beispielsweise 5mg nicht überschreitet. Durch diese Vorgehensweise ist es besonders einfach möglich, systematisch von kleinen zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmengen zu großen zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmengen zu gelangen. Alternativ ist es auch möglich, die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge um den vorgegebenen Betrag zu verringern. Das ist insbesondere dann sinnvoll, wenn der erste Wert im Schritt **415** so gewählt wurde, dass er den ersten Schwellwert, beispielsweise 23mg nicht unterschreitet, In diesem Falle ist es besonders einfach möglich systematisch von großen zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmengen zu kleinen zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmengen zu gelangen. Anschließend wird das erfindungsgemäße Verfahren mit dem Schritt **416** fortgesetzt.

[0053] Der vorgegebene Betrag aus Schritt **411** bestimmt eine gewünschte Auflösung der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift Z2Korr und wird beispielsweise zu 1mg gewählt. Die Wahl der gewünschten Auflösung erfolgt beispielsweise abhängig von der Messgenauigkeit einer zur Erfassung der Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine **1000** verwendeten Messeinrichtung, beispielsweise des Lambdasensors **1070**. Dabei wird als die gewünschte Auflösung die kleinste zweite tatsächliche Kraftstoffmenge gewählt, die von der ersten Ermittlungseinheit **1025** aus der vom Lambdasensor **1070** erfassten Sauerstoffkonzentration des Abgases ermittelt werden kann. Alternativ oder zusätzlich kann die Auflösung abhängig von einem zum Betreiben der Brennkraftmaschine **1000** vorgesehenen Brennverfahren in dem Fachmann bekannter Weise ermittelt werden.

[0054] Bei Schritt **416**, wird von der ersten Ansteuereinheit **1013** der erste Sollwert S1 für das erste Ansteuersignal **205** aus **Fig. 2** beispielsweise durch Interpolation aus der ersten Zuordnungsvorschrift **Z1** ermittelt und das erste Einspritzventil **1040** mit der ersten elektrischen Ansteuerdauer **t1** gemäß dem ersten Sollwert S1 angesteuert. Zusätzlich wird von der zweiten Ansteuereinheit **1016** der zweite Sollwert S2 für das zweite Ansteuersignal **225** aus **Fig. 2** beispielsweise durch Interpolation aus der zweiten Zuordnungsvorschrift **Z2** ermittelt und das zweite Einspritzventil **1045** mit der zweiten elektrischen Ansteuerdauer **t2** gemäß dem zweiten Sollwert S2 angesteuert. Dadurch wird die erste tatsächliche Kraftstoffmenge q1 vom ersten Einspritzventil **1040** und eine zweite tatsächliche Kraftstoffmenge q2 vom zweiten Einspritzventil **1045** eingespritzt.

[0055] Bei Schritt **417**, der auf Schritt **416** folgt, wird von der ersten Ermittlungseinheit **1020** der zweite Ist-Wert I2 der Sauerstoffkonzentration des Abgases bestimmt und in der zweiten Speichereinheit **1022** abgespeichert. Anschließend wird das erfindungsgemäße Verfahren mit Schritt **420** fortgesetzt. Die erste tatsächliche Kraftstoffmenge q1 weicht typischer Weise von der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge ab, da bei der Einspritzung durch das erste Einspritzventil **1040** beispielsweise aufgrund von Fertigungstoleranzen nicht genau die erste einzuspritzende Kraftstoffmenge realisiert werden kann. Die zweite tatsächliche Kraftstoffmenge q2 weicht typischer Weise von der zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge ab, da bei der Einspritzung durch das zweite Einspritzventil **1045** beispielsweise aufgrund von Fertigungstoleranzen nicht genau die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge realisiert werden kann. Da im Schritt **415** dem ersten Einspritzventil **1040** von der ersten Vorgabeeinheit **1010** die erste einzuspritzende Kraftstoffmenge vorgegeben wurde und dem zweiten Einspritzventils **1045** von der zweiten Vorgabeeinheit **1015** die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge vorgegeben wurde, lässt sich der zweite Ist-Wert **I2** der Sauerstoffkonzentration des Abgases dann eindeutig der ersten tatsächlichen Kraftstoffmenge q1 und der zweiten tatsächlichen Kraftstoffmenge q2 zuordnen, wenn die Sauerstoffkonzentration des Abgas zwischen dem ersten Zeitpunkt und dem zweiten Zeitpunkt bestimmt wird während deren das Abgas der Brennkraftmaschine **1000** aus der Brennkammer **1075** nach der Verbrennung an dem Lambdasensor **1070** vorbeiströmt.

[0056] Bei Schritt **420** wird der erste Ist-Wert I1 aus der ersten Speichereinheit **1025** und der zweite Ist-Wert I2 aus der zweiten Speichereinheit **1022** an die Vergleichseinheit **1030** übermittelt. Die Vergleichseinheit **1030** ermittelt die Abweichung A zwischen dem ersten Ist-Wert I1 und dem zweiten Ist-Wert I2. Die Abweichung A charakterisiert dabei einen Kraftstoffmengenüberschuss, welcher durch das Einspritzen der zweiten tatsächlichen Kraftstoffmenge q2 zusätzlich zum Einspritzen der ersten tatsächlichen Kraftstoffmenge q1 der Verbrennung zugeführt wird.

[0057] Bei Schritt **430**, der auf Schritt **420** folgt, wird die Abweichung A an eine zweite Ermittlungseinheit **1035** übermittelt, welche die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift Z2Korr des zweiten Einspritzventils **1045** abhängig von der Abweichung A ermittelt. Dazu wird in dem Fachmann bekannter Weise aus der Abweichung A der Sauerstoffkonzentration des Abgases die zweite tatsächliche Kraftstoffmenge q2 ermittelt. Die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift Z2Korr beschreibt dann ein Wertepaar das eine zweite tatsächliche Kraftstoffmenge q2 einer zweiten elek-

trischen Ansteuerdauer **t2** des zweiten Einspritzventils **1045** zuordnet. Das Wertepaar der Zuordnungsvorschrift Z2Korr wird in der dritten Speichereinheit **1013** abgespeichert.

Anschließend wird zum Schritt 400 zurückgesprungen.

[0058] Dadurch entsteht eine Programmschleife durch die mehrere Wertepaare der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift Z2Korr ermittelt werden, die Wertepaare der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift Z2Korr werden beispielsweise als eine in **Fig. 3** dargestellte Kennlinie **305** verwendet, die den Zusammenhang zwischen zweiter elektrischer Ansteuergröße und zweiter tatsächlicher Kraftstoffmenge ventilindividuell darstellt. Auf der x-Achse eines in **Fig. 3** dargestellten Koordinatensystems ist beispielsweise die zweite elektrische Ansteuerdauer **t2** in [ms] aufgetragen. Auf der y-Achse ist die zweite tatsächliche Kraftstoffmenge q2 in [mg] aufgetragen. Aus **Fig. 3** ist beispielhaft für ein Magnet-Ventil ersichtlich, dass die Kennlinie **305** ausgehend vom Ursprung für kleine elektrische Ansteuerdauern **t2** zunächst Null bleibt, dann nichtlinear zuerst langsam dann stärker ansteigt und sich dann für größere elektrische Ansteuerzeiten **t2** einem linearen Verlauf annähert. Die Auflösung der x-Achse, auf der die zweite elektrische Ansteuerdauer **t2** aufgetragen ist, hängt direkt von der zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge ab und ist, deshalb für einen konstanten vorgegebenen Betrag konstant. In der Kennlinie **305** dabei sind beispielsweise die Wertepaare der zweiten Zuordnungsvorschrift Z2Korr durch die der zweiten elektrischen Ansteuerdauer **t2** die zweite tatsächliche Kraftstoffmenge q2 zugeordnet wird mit einem Kreuz x dargestellt. In dem Fachmann bekannter Weise können Werte zwischen zwei Wertepaaren der Kennlinie **305** beispielsweise durch Interpolation ermittelt werden. Die Kennlinie **305** wird zur Ermittlung des zweiten Sollwerts S2 für das zweite elektrischen Ansteuersignal **225** gemäß der zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge verwendet. Dazu wird die zweite elektrische Ansteuerdauer **t2** als zweiter Sollwert S2 beispielsweise aus der Kennlinie **305** ermittelt.

[0059] Der Bereich der zweiten tatsächlichen Kraftstoffmenge q2 und der zweiten elektrischen Ansteuerdauer **t2** den die Kennlinie **305** abdeckt variiert je nach der Bauart der Brennkraftmaschine **1000** und beträgt beispielsweise bei einem Otto-Motor in einem Kraftfahrzeug **2** bis 23mg.

[0060] Aus der Auflösung der Kennlinie **305**, beispielsweise mit dem vorgegebenen Betrag 1mg wird durch die Wahl des vorgegebenen ersten Schwellwerts beispielsweise zu 2mg die erste vorgegebene Anzahl der Wertepaare ermittelt. Bei einem Bereich von 2mg bis 23mg ergibt sich die erste vorgegebene Anzahl der Wiederholungen zu **20**. Die erste vorgegebene Anzahl wird damit abhängig von der größten zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge, die in der Brennkraftmaschine **1000** mittels des zweiten Einspritzventils **1045** realisiert werden soll und der gewünschten Auflösung der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift Z2Korr und/oder der Messgenauigkeit einer zur Erfassung der Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine (**1000**) verwendeten Messeinrichtung ermittelt.

[0061] Die Änderung der zweiten Kraftstoffmenge um den vorgegebenen Betrag muss im erfindungsgemäßen Verfahren nicht bei jeder Wiederholung des Schritts c) erfolgen, wenn beispielsweise ein Mittelwert aus zwei oder mehreren Abweichungen A gebildet werden soll bevor die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift Z2 Korr bestimmt wird. Außerdem muss der vorgegebene Betrag während des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht konstant sein. Er kann beispielsweise angepasst werden, um die Auflösung der Kennlinie **305** in den Bereichen zu verringern, in denen die Kennlinie näherungsweise linear ist. Umgekehrt kann die Auflösung erhöht werden um Bereiche abzudecken, die nichtlineares Verhalten zeigen.

[0062] Bei Schritt **440** wird geprüft, ob die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift **Z2** Korr bereits bestimmt wurde. Falls ja, wird zu einem Schritt **450** verzweigt. Anderenfalls zu einem Schritt **460**.

[0063] Bei Schritt **450** wird die zweite Zuordnungsvorschrift **Z2** in der dritten Speichereinheit **1013** durch die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift Z2Korr aus der Speichereinheit **1013** ersetzt und das Verfahren mit dem Schritt **460** fortgesetzt.

[0064] Bei Schritt **460** werden das erste Einspritzventil **1040** und/oder das zweite Einspritzventil **1045** in dem Fachmann bekannter Weise angesteuert, beispielsweise um bei einem Kraftfahrzeug einen Fahrerwunsch umzusetzen.

Anschließend wird zum Schritt 400 zurückgesprungen.

[0065] Das erfindungsgemäße Verfahren wird während jedem der Schritte **400** bis **460** beendet, wenn die Brennkraftmaschine **1000** und/oder das Steuergerät **1005** beispielsweise in einem Kraftfahrzeug von einem Fahrer des Kraftfahrzeugs abgeschaltet werden. Die Überwachung dieser Bedingungen erfolgt in dem Fachmann bekannter Weise und ist in **Fig. 4** nicht dargestellt.

[0066] In einer modifizierten Ausführungsform wird der erste Schwellwert als eine untere Bereichsgrenze bestimmt, indem die Schritte **415** bis **430** solange wiederholt werden, bis die Abweichung A einen vorgegebenen zweiten Schwellwert überschreitet. Der

zweite Schwellwert orientiert sich dabei an der Signalauflösung des Lambdasensors **1070**, oder wird zu Null gewählt um die kleinstmögliche Abweichung A zu erfassen. Der erste Schwellwert entspricht dabei der zweiten tatsächlichen Kraftstoffmenge q2 bei der die Abweichung A den zweiten Schwellwert überschreitet. Der zweite Schwellwert wird beispielsweise zu 1mg gewählt.

[0067] Anstelle der im Ausführungsbeispiel beschriebenen zweiten elektrischen Ansteuerdauer **t2** kann auch eine andere Stellgröße des zweiten Einspritzventils, beispielsweise ein Stromsignal zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet werden.

[0068] Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht darauf beschränkt, dass durch das erste Einspritzventil **1040** ins Saugrohr **1050** und durch das zweite Einspritzventil **1045** direkt in die Brennkammer eingespritzt wird. Das erfindungsgemäße Verfahren kann dann angewandt werden, wenn mindestens zwei Einspritzventile vorgesehen sind. Auch bei einer anderen Anordnung beispielsweise des ersten Einspritzventils **1040** zur Einspritzung direkt in die Brennkammer **1075** und des zweiten Einspritzventils **1045** zur Einspritzung ins Saugrohr wird das Verfahren analog angewandt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine (1000), bei dem Kraftstoff mittels eines ersten Einspritzventils (1040) und mittels eines zweiten Einspritzventils (1045) zur Verbrennung in eine Brennkammer (1075) eingespritzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass es folgende Schritte umfasst:
a) Vorgabe einer ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge,
b) Ansteuern des ersten Einspritzventils (1040) zum Einspritzen der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge gemäß einer ersten Zuordnungsvorschrift (Z1), die der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge einen ersten Sollwert (S1) eines ersten Ansteuersignals (205), insbesondere mittels Interpolation, zuordnet,
c) Ermitteln eines ersten Ist-Werts (I1) einer aus der Verbrennung einer durch die Ansteuerung des ersten Einspritzventils (1040) im Schritt b) eingespritzten ersten tatsächlichen Kraftstoffmenge (q_1) resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine (1000),
d) Vorgabe einer zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge,
e) Ansteuern des ersten Einspritzventils (1040) zum Einspritzen der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge und zusätzlich Ansteuern des zweiten Einspritzventils (1045) zum Einspritzen der zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge gemäß einer zweiten Zuordnungsvorschrift (Z2), die der zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge einen zweiten Sollwert (S2) eines zweiten Ansteuersignals (225), insbesondere mittels Interpolation, zuordnet,
f) Ermitteln eines zweiten Ist-Werts (12) der aus der Verbrennung der durch die Ansteuerung des ersten Einspritzventils (1040) im Schritt e) eingespritzten ersten tatsächlichen Kraftstoffmenge (q_1) und einer durch die Ansteuerung des zweiten Einspritzventils (1045) im Schritt e) eingespritzten zweiten tatsächlichen Kraftstoffmenge (q2) resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine (1000),
g) Ermittlung einer Abweichung (A) zwischen dem ersten Ist-Wert (I1) und dem zweiten Ist-Wert (12), insbesondere eines Kraftstoffmengenüberschusses,
h) Ermittlung einer korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift (Z2korr) des zweiten Einspritzventils (1045), durch die der zweite Sollwert (S2) des zweiten Ansteuersignals (225) der Abweichung (A) zugeordnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem mindestens einer der Schritte d) bis h) mindestens einmal wiederholt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Schritte d) bis h) wiederholt werden, und bei einem ersten Durchlauf der Schritte d) bis h) für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge ein erster Wert gewählt wird, und die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge bei mindestens einer Wiederholung der Schritte d) bis h) im Schritt d) um einen vorgegebenen Betrag geändert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem im Schritt h) Wertepaare der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift (Z2korr) ermittelt werden, und die Schritte d) bis h) so lange wiederholt werden, bis die Anzahl der im Schritt h) ermittelten Wertepaare der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift (Z2korr) eine erste vorgegebene Anzahl überschreitet.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die erste vorgegebene Anzahl abhängig von der größten zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge, die in der Brennkraftmaschine (1000) mittels des zweiten Einspritzventils (1045) realisiert werden soll, der Soll-Auflösung der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift (Z2korr) und/oder der Messgenauigkeit einer zur Erfassung der Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine (1000) verwendeten Messeinrichtung ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei dem der vorgegebene Betrag, um den die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge bei mindestens einer Wiederholung geändert wird, abhängig von der Soll-Auflösung der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift (Z2korr) und/oder der Messgenauigkeit einer zur Erfassung der Betriebskenngröße der Brenn-

kraftmaschine (1000) verwendeten Messeinrichtung geändert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die zweite Zuordnungsvorschrift (Z2), insbesondere als eine Ventilkennlinie, in einer dritten Speichereinheit (1013) im Steuergerät (1005) gespeichert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift (Z2korr), insbesondere als eine Kennlinie, in der dritten Speichereinheit (1013) im Steuergerät (1005) gespeichert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift (Z2korr) die zweite Zuordnungsvorschrift (Z2) ersetzt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit folgendem zusätzlichen Schritt:
i) Ansteuerung des zweiten Einspritzventils (1045) der Brennkraftmaschine (1000) gemäß dem zweiten Sollwert (S2) abhängig von der korrigierten zweiten Zuordnungsvorschrift (Z2Korr) aus Schritt h), insbesondere durch Interpolation.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10, bei dem bei dem ersten Durchlauf der Schritte d) bis h) der erste Wert für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge einen vorgegebenen ersten Schwellwert nicht überschreitet.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem bei dem ersten Durchlauf der Schritte d) bis h) der erste Wert für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge den vorgegebenen ersten Schwellwert nicht überschreitet, und die Schritte d) bis h) solange wiederholt werden, bis die Abweichung (A) einen vorgegebenen zweiten Schwellwert überschreitet, wobei die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge bei mindestens einer Wiederholung des Schrittes d) um den vorgegebenen Betrag vergrößert wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10, bei dem bei dem ersten Durchlauf der Schritte d) bis h) der erste Wert für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge den vorgegebene ersten Schwellwert überschreitet.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem bei dem ersten Durchlauf der Schritte d) bis h) der erste Wert für die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge den vorgegebenen ersten Schwellwert überschreitet, und die Schritte d) bis h) solange wiederholt werden, bis die Abweichung (A) den vorgegebenen zweiten Schwellwert unterschreitet, wobei die zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge bei mindestens einer Wiederholung des Schrittes d) um den vorgegebenen Betrag verkleinert wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die resultierende Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine (1000) die Sauerstoffkonzentration des Abgases der Brennkraftmaschine (1000) ist.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Umschaltung zwischen der Ermittlung des ersten Ist-Werts (I1) der resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine (1000) und der Ermittlung des zweiten Ist-Werts (12) der resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine (1000) abhängig von einer einen Verbrennungszyklus der Brennkraftmaschine charakterisierenden Größe erfolgt, wobei ein Verbrennungszyklus mindestens eine Verbrennung umfasst.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der erste Ist-Wert (I1) der resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine (1000) und der zweite Ist-Wert (12) der resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine (1000) während des Verbrennungszyklus der Brennkraftmaschine zwischen einem ersten Zeitpunkt und einem zweiten Zeitpunkt erfasst werden, wobei der erste Zeitpunkt und der zweite Zeitpunkt abhängig von der den Verbrennungszyklus der Brennkraftmaschine (1000) charakterisierenden Größe bestimmt werden.

18. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem der erste und der zweite Zeitpunkt so bestimmt werden, dass das Abgas der Brennkraftmaschine (1000) aus der Brennkammer (1075) nach der Verbrennung zwischen dem ersten Zeitpunkt und dem zweiten Zeitpunkt an einer in der Brennkraftmaschine angeordneten Messeinrichtung (1070) zur Erfassung der Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine eintrifft.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, bei dem die den Verbrennungszyklus der Brennkraftmaschine (1000) charakterisierende Größe ein Kurbelwellenwinkel und/oder eine Drehzahl der Brennkraftmaschine (1000) ist.

20. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das erste Ansteuersignal (205) des ersten Einspritzventils (1040) eine erste elektrische Ansteuerdauer (t1) ist, und das zweite Ansteuersignal (225) des zweiten Einspritzventils (1045) eine zweite elektrische Ansteuerdauer (t2) ist.

21. Steuergerät zum Steuern einer Brennkraftmaschine (1000), dazu eingerichtet mittels eines ersten Einspritzventils (1040) und mittels eines zweiten Einspritzventils (1045) Kraftstoff zur Verbrennung in eine Brennkammer (1075) einzuspritzen, umfassend:
- eine erste Vorgabeeinheit (1010), dazu geeignet eine erste einzuspritzende Kraftstoffmenge vorzugeben,

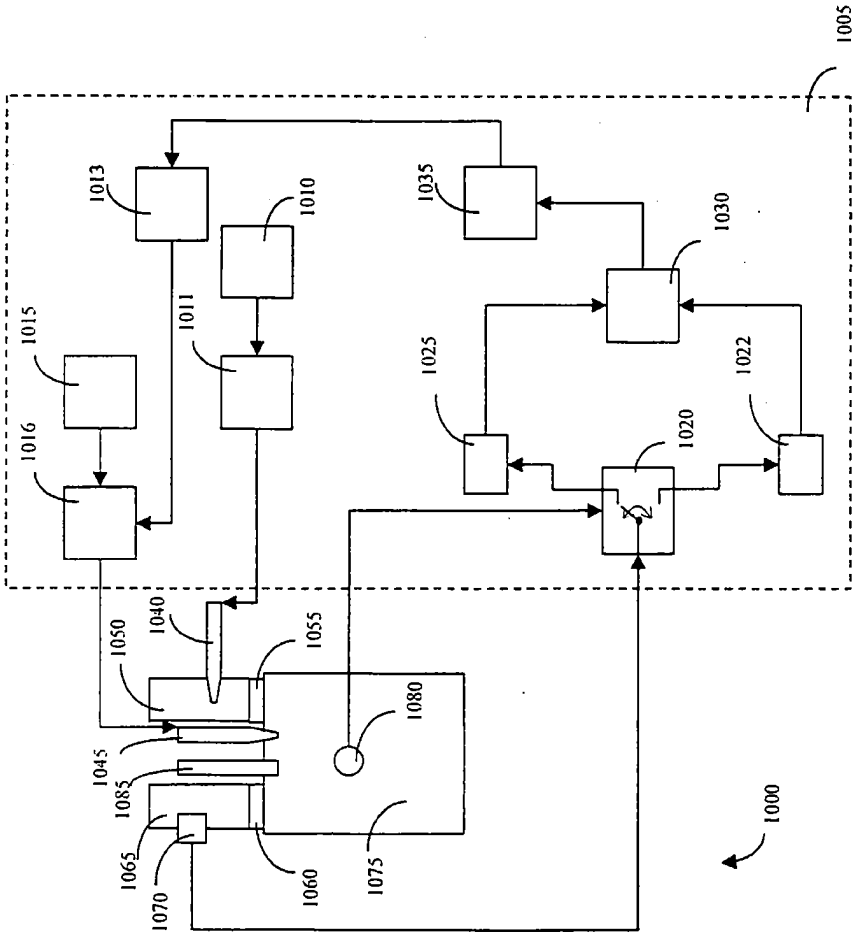
- eine erste Ansteuereinheit (1011), dazu geeignet das erste Einspritzventil (1040) gemäß einer ersten Zuordnungsvorschrift (Z1) anzusteuern, wobei die erste Zuordnungsvorschrift (Z1) der ersten einzuspritzenden Kraftstoffmenge einen ersten Sollwert (S1) eines ersten Ansteuersignals (205) zuordnet,
- eine zweite Vorgabeeinheit (1015), dazu geeignet eine zweite einzuspritzende Kraftstoffmenge vorzugeben,
- eine zweite Ansteuereinheit (1016), dazu geeignet das zweite Einspritzventil (1045) gemäß einer zweiten Zuordnungsvorschrift (Z2) anzusteuern, wobei die zweite Zuordnungsvorschrift (Z2) der zweiten einzuspritzenden Kraftstoffmenge einen zweiten Sollwert (S2) eines zweiten Ansteuersignals (225) zuordnet,
- eine Ermittlungseinheit (1020), dazu geeignet einen ersten Ist-Wert (I1) und einen zweiten Ist-Wert (12) zu ermitteln, wobei der erste Ist-Wert (11) mittels der aus der Verbrennung der durch die Ansteuerung des ersten Einspritzventils (1040) eingespritzten ersten tatsächlichen Kraftstoffmenge (q1) resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine (1000) einerseits und der zweite Ist-Wert (12) mittels der aus der Verbrennung der durch die AnSteuerung des ersten Einspritzventils (1040) eingespritzten ersten tatsächlichen Kraftstoffmenge (q1) und der durch die Ansteuerung des zweiten Einspritzventils (1045) eingespritzten zweiten tatsächlichen Kraftstoffmenge (q2) resultierenden Betriebskenngröße der Brennkraftmaschine (1000) andererseits ermittelt wird,
- eine erste Speichereinheit (1025), die ausgebildet ist den ersten Ist-Wert (I1) zu speichern,
- eine zweite Speichereinheit (1022), die ausgebildet ist den zweiten Ist-Wert (12) zu speichern,
- eine Vergleichseinheit (1030), die ausgebildet ist eine Abweichung (A) zwischen dem ersten Ist-Wert (I1) und dem zweiten Ist-Wert (12) zu ermitteln,
- eine zweite Ermittlungseinheit (1035), dazu geeignet eine korrigierte zweite Zuordnungsvorschrift (Z2Korr) des zweiten Einspritzventils (1045) zu ermitteln, durch die der zweite Sollwert (S2) des zweiten Ansteuersignals (225) der Abweichung (A) zugeordnet wird.

22. Computerprogramm, das alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 20 ausführt, wenn es auf einem Rechengerät abläuft.

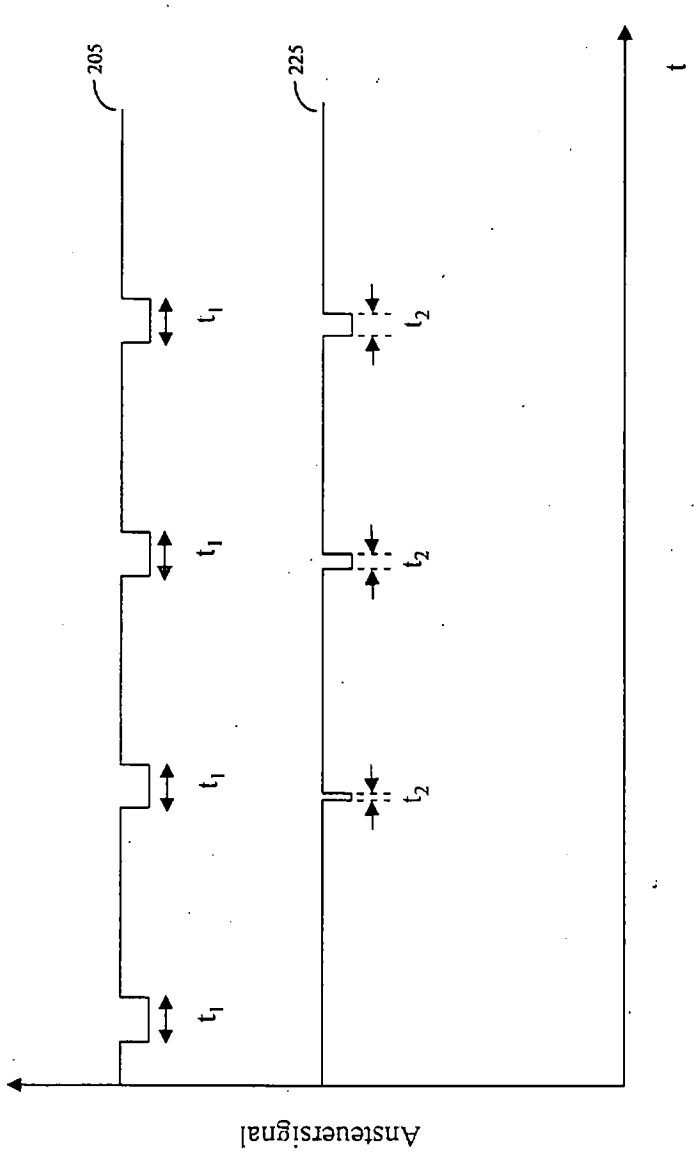
23. Computerprogrammprodukt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist, der das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20 durchführt, wenn das Programm auf einem Computer oder Steuergerät ausgeführt wird.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

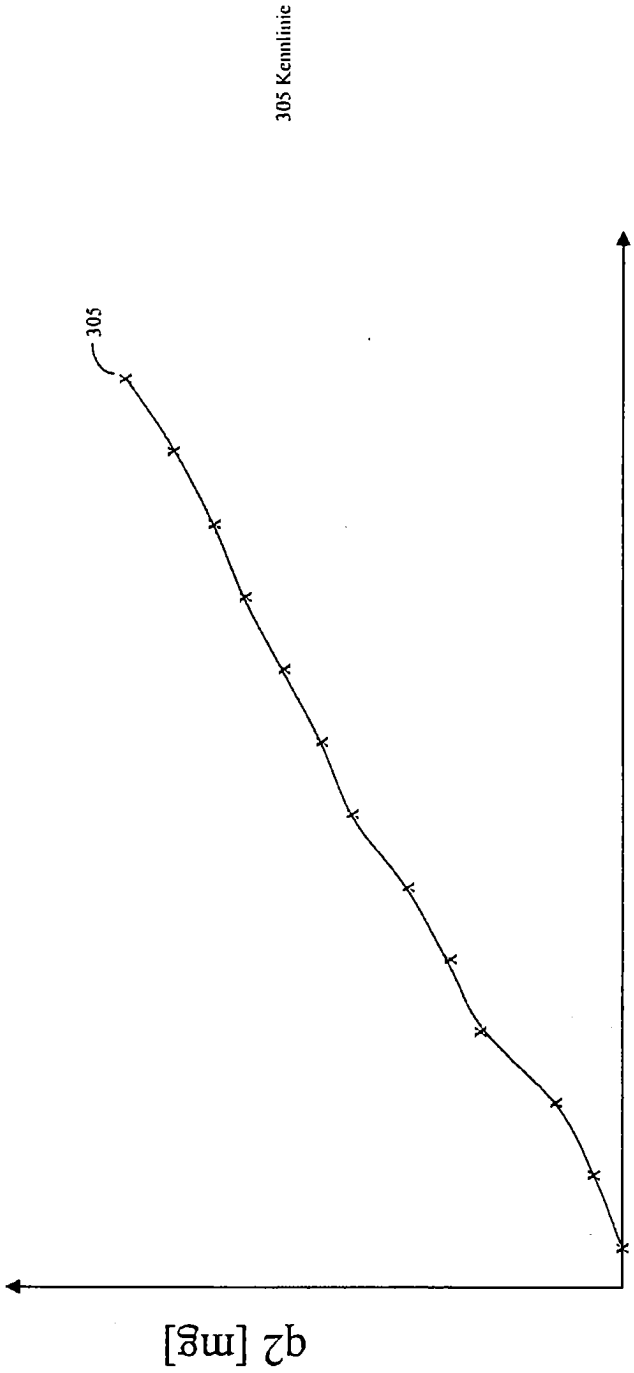
Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2



Figur 3

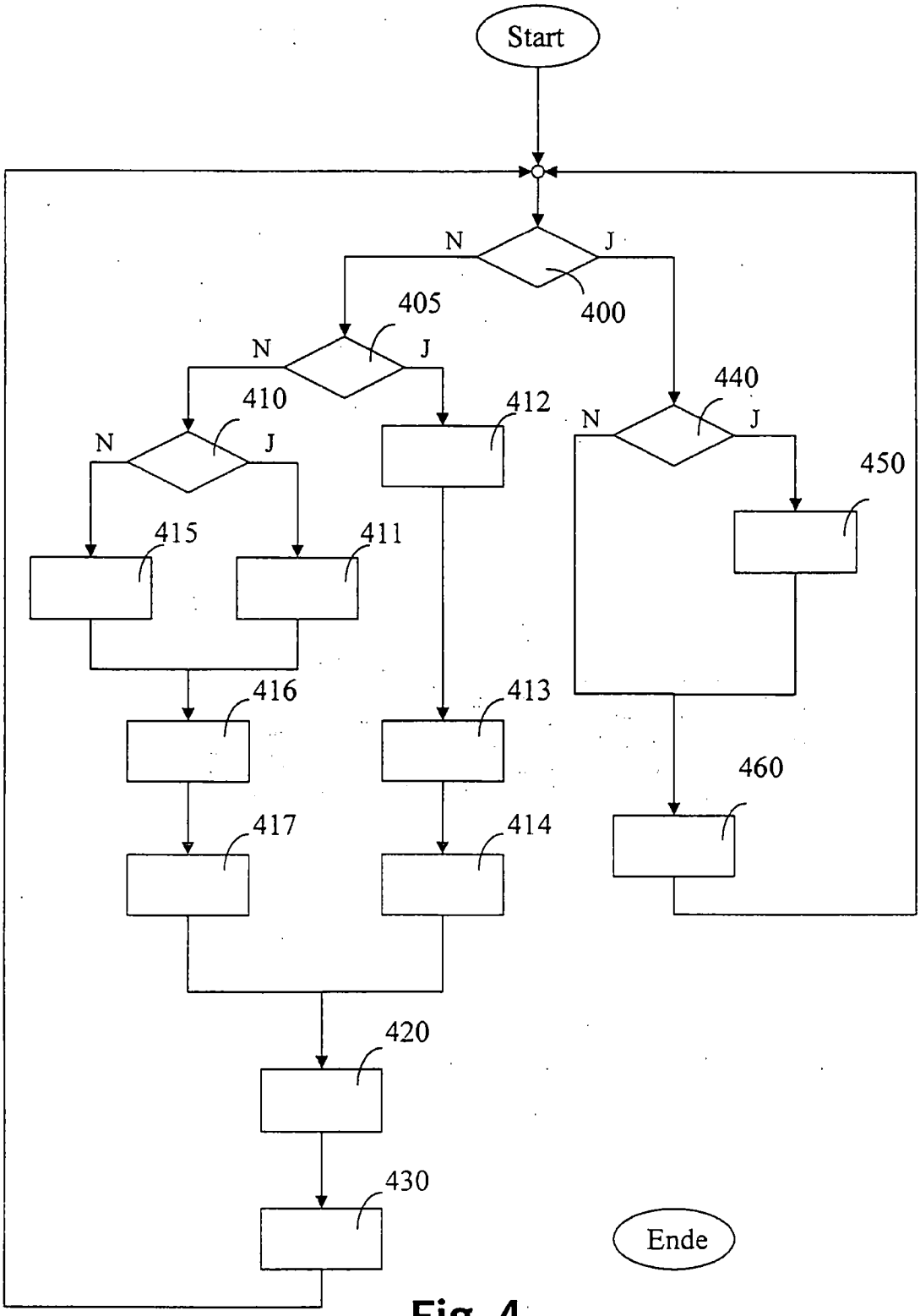

Start
N
J
400
405
N
J
410
N
J
412
440
N
J
450
415
411
416
413
460
417
414
420
430
Ende

Fig. 4