

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit zwei oder mehreren Zylindern, welchen über ein Einspritzventil Kraftstoff zuführbar ist, wobei für einen Zylinder eine Messeinspritzung zur Ermittlung beziehungsweise zur Anpassung einer Kenngröße des Einspritzventils erfolgen kann. Die Erfindung betrifft außerdem eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung zur Ansteuerung von Einspritzventilen einer Brennkraftmaschine mit zwei oder mehreren Zylindern.

[0002] Zum Betrieb von Brennkraftmaschinen mit mindestens zwei Zylindern kann die notwendige Einspritzung von Kraftstoff in ein dem jeweiligen Zylinder zugeordnetes Saugrohr (Saugrohreinjection) oder in einen Brennraum des jeweiligen Zylinders direkt erfolgen (Direkteinspritzung). Die Einspritzung erfolgt regelmäßig mittels eines Einspritzventils. Dabei korreliert die Öffnungsdauer des Einspritzventils mit der eingespritzten Kraftstoffmenge. Der Zusammenhang zwischen eingespritzter Kraftstoffmenge und Öffnungsdauer des Einspritzventils kann durch eine Ventilkennlinie wiedergegeben werden, welche z.B. für einen bestimmten, am Einspritzventil anstehenden Kraftstoffdruck gültig ist. Eine Ventilkennlinie kann jedoch auch den Zusammenhang zwischen eingespritzter Kraftstoffmenge und einer anderen Ansteuergröße des Einspritzventils wiedergeben (z.B. Dauer einer angelegten Öffnungsspannung).

[0003] Insofern ist die dem Zylinder zuzuführende beziehungsweise einzuspritzende Kraftstoffmenge grundsätzlich über die Öffnungsdauer beziehungsweise die andere Ansteuergröße des Einspritzventils steuerbar. Hierbei ist jedoch problematisch, dass Einspritzventile regelmäßig unterschiedliche, exemplarabhängige Eigenschaften aufweisen. Diese sind beispielsweise in Fertigungstoleranzen begründet. Es bedeutet meist einen hohen Fertigungsaufwand und daher hohe Herstellungskosten, die Ventilkennlinie eines Einspritzventils weitgehend exemplarunabhängig zu halten. Aus diesem Grund zeigen die Ventilkennlinien gebräuchlicher Einspritzventile regelmäßig für verschiedene Exemplare unterschiedliche Verläufe. Insbesondere tritt oftmals eine Abweichung von einem (als ideal angenommenen) linearen Zusammenhang zwischen der Einspritzmenge und der Öffnungsdauer auf.

[0004] Wird die Brennkraftmaschine ohne Maßnahmen zum Ausgleich der exemplarabhängigen Abweichungen der verschiedenen Einspritzventile betrieben, so kann dies zu einer Einspritzung unterschiedlicher Kraftstoffmengen in die verschiedenen, nacheinander gezündeten Zylinder führen. Dies kann sich ungünstig auf die Laufruhe, den zeitlichen Verlauf des Drehmoments, die Verschleißigenschaften oder die Abgasemission der Brennkraftmaschine auswirken.

[0005] Aus der DE 10 2005 051 701 A1 ist ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine bekannt, bei welchem die Kennlinie des Einspritzventils adaptiert wird, das heißt Abweichungen der Ist-Einspritzmenge von der Soll-Einspritzmenge erfasst und ausgeglichen werden. Hierzu wird die Gesamteinspritzung in eine Messeinspritzung und eine Basisinspritzung aufgeteilt, wobei die Messeinspritzung zur Ermittlung der Abweichung zwischen Soll- und Ist-Einspritzmenge dient. Dabei wird die genannte Abweichung insbesondere über eine Abweichung eines Lambda-Sondensignals im Abgas von einem bestimmten Sollwert detektiert.

[0006] Bei einem derartigen Vorgehen zur Korrektur von Abweichungen zwischen den Ventilkennlinien verschiedener Einspritzventile kann sich das Problem ergeben, dass der jeweilige Zylinder aufgrund der Messeinspritzung mit einem nicht optimalen Gemisch betrieben wird. Dies tritt insbesondere dann auf, wenn die zugeordnete Messeinspritzung in einem Betriebszustand des Einspritzventils erfolgt, in dem eine große Abweichung von Ist- und Soll-Wert der Einspritzmenge auftritt, also eine große Abweichung der exemplarabhängigen Ventilkennlinie von einer Standardkennlinie oder einer angenommenen Idealkennlinie auftritt. In diesem Bereich kann die Messeinspritzung daher nicht „gemischneutral“ erfolgen, d.h. das im jeweiligen Zylinder gezündete Kraftstoffgemisch wird durch die Messeinspritzung selbst verändert. Dieser Effekt kann insbesondere in einem Betriebsbereich mit sehr kurzen Ansteuerdauern des Einspritzventils (d.h. kurze Öffnungsdauer) auftreten, da bei kleinen Einspritzmengen die exemplarabhängigen Abweichungen von Soll- und Ist-Wert der Einspritzmenge zu besonders großen relativen Fehlern in der Gemischzusammensetzung führen.

[0007] Die Durchführung einer Messeinspritzung bedingt daher regelmäßig selbst Gemischfehler. Insofern kann das beschriebene Vorgehen dazu führen, dass einige oder alle Zylinder einer Brennkraftmaschine mit einem nicht optimalen Gemisch betrieben werden, was wiederum zu einer Beeinträchtigung der Laufruhe, zu Drehmomentschwankungen oder zur Verschlechterung der Emissions-/Verschleißigenschaften führen kann.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Testen und Korrigieren des Einspritzverhaltens eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine mit verbesserten Betriebseigenschaften der Brennkraftmaschine (z.B. hinsichtlich Laufruhe und Drehmomentverlauf) zu ermöglichen. Insbesondere soll eine ungünstige Beeinflussung der Betriebseigenschaften der Brennkraftmaschine weitgehend vermieden werden.

[0009] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Dieses Verfahren dient zum Be-

treiben einer Brennkraftmaschine mit zwei oder mehreren Zylindern, welchen über ein Einspritzventil Kraftstoff zuführbar ist. Die Kraftstoffzufuhr kann dabei durch Einspritzung beziehungsweise Injektion in ein dem jeweiligen Zylinder zugeordnetes Saugrohr oder in eine Brennkammer des jeweiligen Zylinders erfolgen. Zur Ermittlung und/oder zur Anpassung einer Kenngröße des Einspritzventils kann für den jeweiligen Zylinder eine Messeinspritzung durchgeführt werden. Dadurch kann, wie Eingangs erläutert, als Kenngröße insbesondere die Abweichung von Soll- und Ist-Wert der Einspritzmenge für das jeweilige Ventil in einem jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine bestimmt werden. Insofern kann als „Kenngröße“ auch eine angepasste, das heißt gegenüber einer Standard- oder angenommenen Ideal-kennlinie korrigierte Ventilkennlinie, beziehungsweise ein Abschnitt einer Ventilkennlinie ermittelt werden. Dabei bildet ein Wert einer ermittelten „Ist-Kenngröße“ je einen Stützpunkt der Ventilkennlinie. Die ermittelte Kenngröße kann beispielsweise einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugeführt werden, welche insbesondere das jeweilige Einspritzventil ansteuert und eine Anpassung der Kenngröße des Ventils bewirkt. Unter einem Einspritzventil im Sinne des Verfahrens ist jede Vorrichtung zu verstehen, welche zur direkten oder indirekten Zufuhr von Kraftstoff zu einem Brennraum eines Zylinders einer Brennkraftmaschine geeignet ist. In Betracht kommen z.B. als Magnetventile ausgebildete Einspritzventile. Allerdings können auch andere Injektoren, zum Beispiel Piezo-Injektoren, zum Einsatz kommen. In diesem Fall gibt die vorstehend genannte Ventilkennlinie einen Zusammenhang zwischen einer Ansteuergröße (zum Beispiel Dauer einer Injektionsspannung oder der Ladung des Piezo-Aktors) und der injizierten Kraftstoffmenge wieder.

[0010] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Messeinspritzungen bei einem Zünddurchlauf nur für die in einer Auswahlmenge enthaltenen Zylinder durchgeführt. Daher treten eventuelle, durch die Messeinspritzung hervorgerufene Gemischfehler nur bei den Zylindern der Auswahlmenge auf. Die übrigen Zylinder werden in dem Zünddurchlauf mit einem von der Messeinspritzung unbeeinträchtigten Gemisch betrieben. Daher können Betriebseigenschaften hinsichtlich Laufruhe, Drehmomentverlauf, Emission und Verschleiß der Brennkraftmaschine verbessert werden.

[0011] Je größer die Anzahl der aus den sämtlichen Zylindern ausgewählten Zylinder der Auswahlmenge, desto kürzer ist die Vermessungsdauer, welche zur Vermessung sämtlicher Zylinder, das heißt zur Ermittlung/Anpassung der Kenngrößen sämtlicher Einspritzventile der Zylinder erforderlich ist. Andererseits ist die Beeinflussung der Betriebseigenschaften der Brennkraftmaschine durch die Messeinspritzung umso geringer, je geringer die Zahl der ausgewählten

Zylinder ist. Daher erlaubt eine geeignete Bestimmung der Auswahlmenge einen optimalen Ausgleich zwischen einer möglichst kurzen Vermessungsdauer und möglichst vorteilhaften Betriebseigenschaften. Die Auswahlmenge ist jedoch nicht zwingend als echte Teilmenge der sämtlichen Zylinder zu verstehen, sondern kann auch sämtliche Zylinder umfassen. Dies kann vorteilhaft sein, wenn vorrangig eine besonders schnelle Vermessung aller Zylinder erwünscht ist.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht den Ausgleich von Fertigungstoleranzen von Einspritzventilen in einer Brennkraftmaschine. Es müssen weniger strenge Anforderungen an die exemplarabhängigen Abweichungen verschiedener Einspritzventile gestellt werden. Dies trägt zur Kostenreduzierung bei.

[0013] Vorteilhafte Ausgestaltungen dieses Verfahrens ergeben sich dadurch, dass die Auswahlmenge in Abhängigkeit eines Betriebsparameters der Brennkraftmaschine bestimmt wird. Als Betriebsparameter kommt beispielsweise der Kraftstoffmassenbedarf, die Belastung oder die Drehzahl der Brennkraftmaschine, sowie ein Einspritzdruck des Kraftstoffs oder Zündwinkel beziehungsweise Zündzeitpunkt für einen periodisch arbeitenden Zylinder in Betracht. Auf diese Weise kann berücksichtigt werden, dass sich die durch eine Messeinspritzung hervorgerufenen Gemischfehler bei einer geringen Gesamtzufuhr von Kraftstoff besonders stark bemerkbar machen, da dann die relative Veränderung der Gemischzusammensetzung besonders groß ist. Dieser Fall tritt zum Beispiel bei niedriger Motorlast oder im Leerlauf der Brennkraftmaschine auf.

[0014] Vorteilhaft kann es auch sein, die Auswahlmenge in Abhängigkeit eines Umgebungsparameters zu bestimmen, insbesondere in Abhängigkeit der Außentemperatur der Brennkraftmaschine. Dadurch kann dem Umstand Rechnung getragen werden, dass eine Brennkraftmaschine bei bestimmten Werten eines Umgebungsparameters ungünstige beziehungsweise unerwünschte Betriebseigenschaften aufweisen kann. Dies ist beispielsweise beim Warmlaufen oder bei einem Betrieb mit spätem Zündwinkel denkbar. Hier kann sich eine ungünstige Beeinflussung durch die Messeinspritzung besonders stark bemerkbar machen, da dies zu einer zusätzlichen Laufunruhe führen kann. Diese Effekte können durch Auswahl einer verringerten Anzahl an Zylindern für eine Messeinspritzung deutlich verringert werden.

[0015] Ein Umgebungsparameter kann zum Temperatur in der Umgebung der Brennkraftmaschine (Umgebungstemperatur) und deren Einfluss auf die Temperatur der Brennkraftmaschine nach dem Start derselben sein: Nach einem Motorstart bei niedrigen Temperaturen weist eine Brennkraftmaschine typi-

scherweise eine erhöhte Laufunruhe auf (z.B. wegen schlechterer Gemischbildung und/oder erhöhter Reibung). Mit zunehmender Erwärmung der Brennkraftmaschine verbessert sich die Laufunruhe. Somit ist die als Umgebungsparameter bezeichnete Einflussgröße nicht direkt die Außentemperatur der Brennkraftmaschine.

[0016] Besonders vorteilhaft ist eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch, dass auf einen vorangehenden Zünddurchlauf ein weiterer Zünddurchlauf folgt, wobei für den vorgehenden Zünddurchlauf eine erste Auswahlmenge und für den weiteren Zünddurchlauf eine weitere Auswahlmenge festgelegt wird, wobei die weitere Auswahlmenge eine von der ersten Auswahlmenge abweichende Teilmenge sämtlicher Zylinder umfasst. Auf diese Weise können im Gange mehrerer aufeinander gehender Zünddurchläufe nach und nach sämtliche Zylinder der Brennkraftmaschine vermessen werden.

[0017] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens werden die Zylinder in einer Zündreihenfolge nacheinander gezündet, wobei eine Messeinspritzung für diejenigen Zylinder erfolgt, welche an n-ter Stelle auf den jeweils vorhergehenden Zylinder in Zündreihenfolge folgen, für den eine Messeinspritzung erfolgt ist. Dabei ist n je nach gewünschtem Betriebszustand als eine vorgebbare ganze Zahl größer Null gewählt. Für einen bestimmten, beliebig ausgewählten Zünddurchlauf umfasst die zugeordnete Auswahlmenge dann gerade diejenigen Zylinder, welche die vorgenannte Bedingung erfüllen und in dem ausgewählten Zünddurchlauf gezündet werden sollen.

[0018] Dies ermöglicht eine systematische und zuverlässige Bestimmung der jeweiligen Auswahlmenge. Bei bekannter Gesamtzahl an Zylindern der Brennkraftmaschine kann durch eine geeignete Wahl der Zahl n daher gewährleistet werden, dass – zumindest nach mehrmaligem Durchlaufen aufeinanderfolgender Zünddurchläufe – eine Messeinspritzung für alle Zylinder erfolgt ist.

[0019] Die Zahl n kann groß gewählt werden, wenn eine Beeinflussung des Betriebs der Brennkraftmaschine durch Messeinspritzungen verringert werden soll. Andererseits kann durch die Wahl einer kleinen Zahl n eine schnelle Vermessung aller Zylinder aufgrund von Messeinspritzungen erzielt werden.

[0020] Eine vorteilhafte Festlegung der Auswahlmenge kann sich auch dadurch ergeben, dass die Zylinder fortlaufend in einer Zündreihenfolge nacheinander gezündet werden und dass die Auswahlmenge jeden n-ten Zylinder in Zündreihenfolge umfasst, wobei n eine vorgebbare ganze Zahl größer Null ist.

[0021] Besonders vorteilhaft ist eine Ausgestaltung des Verfahrens, bei der für die Bestimmung der Auswahlmenge eines bestimmten Zünddurchlaufs ein Zylinder nicht berücksichtigt wird, für welchen bereits eine an Hand eines vorgebbaren Messkriteriums als ausreichend beurteilte Anzahl an Messeinspritzungen erfolgt ist. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass für die Korrektur großer Abweichungen von einem Sollwert in der Regel eine größere Anzahl an Messungen erforderlich ist, oder dass aufgrund ungünstiger Betriebseigenschaften einzelne Messungen nicht ausgewertet werden können. Ein Messkriterium kann beispielsweise eine bestimmte Höchstabweichung von Soll- und Istwert sein. Durch die angesprochene Maßnahme wird vermieden, dass unnötige Messeinspritzungen durchgeführt werden. In Bezug auf die vorstehend erläuterte Methode zur Bestimmung der Auswahlmenge bedeutet dies, dass ein Zylinder, für den eine ausreichende Anzahl von Messungen durchgeführt wurde, bei der Bestimmung des an n-ter Stelle in Zündreihenfolge auf den vorhergehenden mit einer Messeinspritzung betriebenen Zylinder übersprungen wird.

[0022] Für das Verfahren ist es außerdem vorteilhaft, wenn die ermittelte Kenngröße in einer Speichervorrichtung hinterlegt wird. Dadurch können schrittweise mehrere Stützpunkte einer realen Ventilkennlinie des Einspritzventils ermittelt werden, welche für den weiteren Betrieb der Brennkraftmaschine für eine Ansteuerung der Einspritzventile zur Verfügung steht.

[0023] Das Verfahren kann dadurch weiter verbessert werden, dass die Ermittlung der Kenngröße des Einspritzventils für eine bestimmte Randbedingung erfolgt, welche ebenfalls erfasst wird. Die Randbedingung charakterisiert insbesondere einen Betriebsparameter oder Umgebungsparameter der Brennkraftmaschine. Hierzu wird der entsprechende Betriebsparameter beziehungsweise Umgebungsparameter ermittelt und der Kenngröße zugeordnet. Insbesondere können die Kenngröße und die Randbedingung gemeinsam abgespeichert werden, beispielsweise in einer Speichervorrichtung für eine Steuer-/Regeleinrichtung, welche die Einspritzventile ansteuert. So kann eine Anzahl verschiedener Kenngrößen bzw. Ventilkennlinien für verschiedene Randbedingungen ermittelt werden, welche für eine optimale Ansteuerung der Brennkraftmaschine unter den jeweiligen Randbedingungen Verwendung finden können.

[0024] Vorteilhafterweise wird eine Messserie mit so vielen aufeinanderfolgenden Zünddurchläufen durchlaufen, bis für jeden Zylinder eine an Hand eines vorgebbaren Messkriteriums als ausreichend beurteilte Anzahl an Messeinspritzungen erfolgt ist. Insbesondere ist dabei vorteilhaft, wenn für jeweils eine bestimmte, ebenfalls erfasste Randbedingung jeweils eine Messserie durchlaufen wird und die jewei-

ligen Kenngrößen und zugeordneten Randbedingungen gemeinsam gespeichert werden.

[0025] Sinnvoll ist es, wenn nach Durchlaufen einer Messserie eine weitere Messserie durchlaufen wird, wobei die erste Auswahlmenge des ersten Zünddurchlaufes der weiteren Messserie zunächst solche Zylinder umfasst, für welche besonders große Abweichungen der Kenngröße von einem Soll-Wert ermittelt wurden. Dadurch können im Betrieb der Brennkraftmaschine jeweils die Kenngrößen für diejenigen Einspritzventile zuerst korrigiert werden, für welche aufgrund der vorangegangenen Messungen die größten Abweichungen von Soll- und Ist-Wert zu erwarten sind. Dies ermöglicht es, die Anzahl von Messeinspritzungen zur Vermessung aller Einspritzventile möglichst gering zu halten. Die weitere Messserie kann beispielsweise für einen anderen Wert eines Betriebsparameters oder Umgebungsparameters durchlaufen werden, um so nach und nach eine vollständige Charakterisierung des jeweiligen Einspritzventils zu erzielen. Denkbar ist dabei, dass eine Durchführung von Messeinspritzungen für den weiteren Betrieb der Brennkraftmaschine dann unterbunden wird, wenn eine ausreichende Charakterisierung der Einspritzventile sämtlicher Zylinder gewonnen wurde. In diesem Fall ist es vorteilhaft, wenn jede Messserie wie erläutert möglichst kurz gehalten wird, um eine Beeinträchtigung des Kraftstoffgemisches durch die Messeinspritzungen so weit wie möglich zu vermeiden.

[0026] Die gestellte Aufgabe wird auch durch eine Steuereinrichtung und/oder Regeleinrichtung gelöst, mittels welcher die Einspritzventile einer Brennkraftmaschine gemäß dem vorstehend erläuterten Verfahren angesteuert werden können.

[0027] Weitere Einzelheiten und Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung zu entnehmen, anhand derer die in den Figuren dargestellten Ausführungsformen näher beschrieben und erläutert sind.

[0028] Es zeigen:

[0029] **Fig. 1** bis **Fig. 3**: Schematische Darstellungen verschiedener Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens;

[0030] **Fig. 4**: eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0031] Anhand der **Fig. 1** bis **Fig. 3** werden beispielhaft Vorgehensweisen zur Bestimmung von Auswahlmengen aus den Zylindern einer Brennkraftmaschine erläutert, für welche bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Messeinspritzung erfolgen soll. Hierzu wird eine nicht dargestellte Brennkraftmaschine mit drei Zylindern angenommen,

welche den **Fig. 1** bis **Fig. 3** jeweils mit den Zahlen **1** bis **3** bezeichnet sind.

[0032] Im Betrieb der Brennkraftmaschine werden sämtliche Zylinder **1** bis **3** im Gange eines Zünddurchlaufes gezündet. Für einen fortlaufenden Betrieb der Brennkraftmaschine folgen kontinuierlich Zünddurchläufe aufeinander, welche in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** jeweils in der mit dem Bezugszeichen **10** bezeichneten Zeile aufeinander folgend mit den Symbolen A, B, C, D, E angedeutet sind. Innerhalb eines jeden Zünddurchlaufes **10** werden die Zylinder in der Reihenfolge **1**, **2**, **3** nacheinander gezündet, sodass sich die jeweils in der Zeile **20** dargestellte von links nach rechts fortlaufende Zündreihenfolge ergibt.

[0033] Im Beispiel der **Fig. 1** wird für jeden der Zünddurchläufe A bis E eine Auswahlmenge aus den sämtlichen Zylindern **1** bis **3** gebildet. Insofern erfolgt bei dem Beispiel gemäß **Fig. 1** eine Messeinspritzung für jeden Zylinder in Zündreihenfolge, was in der Zeile **30** jeweils durch ein Pfeil-Symbol unter dem jeweiligen Zylinder angedeutet ist. Die so gebildete Auswahlmenge ist für jeden der Zünddurchläufe A bis E in Zeile **40** der **Fig. 1** wiedergegeben und umfasst hier sämtliche Zylinder in ihrer Zündreihenfolge.

[0034] Auch in der **Fig. 2** sind wiederum in der Zeile **10** die aufeinander folgenden Zünddurchläufe A bis E, in der Zeile **20** die Zündreihenfolge der Zylinder **1** bis **3**, in der Zeile **30** Pfeil-Symbole zur Andeutung einer Messeinspritzung für den jeweiligen Zylinder in Zündreihenfolge und in der Zeile **40** die zugehörige Auswahlmenge für jeden Zünddurchlauf wiedergegeben. Im Beispiel der **Fig. 2** werden die Auswahlmengen für die Zünddurchläufe **10** dadurch bestimmt, dass für jeden zweiten Zylinder in Zündreihenfolge eine Messeinspritzung erfolgt. Für einen bestimmten Zünddurchlauf **10** umfasst die zugeordnete Auswahlmenge somit diejenigen Zylinder, welche in Zündreihenfolge **20** jeweils an zweiter Stelle auf einen Zylinder folgen, für den eine vorangehende Messeinspritzung erfolgt, und welche in dem ausgewählten Zünddurchlauf gezündet werden.

[0035] Wie sich aus der Zeile **40** der **Fig. 2** ergibt, enthält die Auswahlmenge zum Zünddurchlauf A die Zylinder **1** und **3**, die Auswahlmenge zum Zünddurchlauf B den Zylinder **2**, und die Auswahlmenge zum Zünddurchlauf C wiederum die Zylinder **1** und **3**. Somit weicht die Auswahlmenge für den Zünddurchlauf B von der Auswahlmenge für den Zünddurchlauf A ab. Nach Durchlaufen zweier aufeinander folgender Zünddurchläufe **10** ist daher im Beispiel der **Fig. 2** für jeden Zylinder **1** bis **3** eine Messeinspritzung erfolgt.

[0036] Im Beispiel der **Fig. 3** werden die den Zünddurchläufen A bis E zugeordneten Auswahlmengen dadurch bestimmt, dass jeder vierte Zylinder in Zündreihenfolge **20** für eine Messeinspritzung vorgesehen

ist (wobei die Bezugszeichen **10**, **20**, **30** und **40** entsprechende Bedeutung wie in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) haben). Eine bestimmte, einem ausgewählten Zünddurchlauf **10** zugeordnete Auswahlmenge **40** umfasst daher denjenigen Zylinder, welcher an vierter Stelle in Zündreihenfolge **20** auf einen Zylinder folgt, für welchen eine Messeinspritzung erfolgt ist (Pfeil-Symbol in Zeile **30**) und welcher in dem jeweiligen Zünddurchlauf **10** gezündet wird. Daher enthält die Auswahlmenge für den Zünddurchlauf A den Zylinder **1**, die Auswahlmenge für den Zünddurchlauf B den Zylinder **2**, die Auswahlmenge für den Zünddurchlauf C den Zylinder **3** und die Auswahlmenge für den Zünddurchlauf D keinen Zylinder. Die Auswahlmenge für den darauf folgenden Zünddurchlauf E enthält wiederum den Zylinder **1**. Somit ist nach Durchlaufen von drei aufeinander folgenden Zünddurchläufen eine Messeinspritzung für jeden Zylinder **1** bis **3** erfolgt.

[0037] Mit Hilfe der [Fig. 4](#) wird verdeutlicht, wie mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Messserie zur Charakterisierung sämtlicher Zylinder einer Brennkraftmaschine mit sechs Zylindern durchlaufen wird. Diese Messserie kann beispielsweise während des Betriebs der Brennkraftmaschine bei Vorliegen bestimmter Betriebsparameter und Umgebungsparameter (zum Beispiel Kraftstoffdruck und Außentemperatur) durchlaufen werden, um für die Einspritzventile sämtlicher Zylinder einen diesen Betriebs- und Umgebungsparametern zugeordneten Satz von Kenngrößen des Einspritzventils zu ermitteln.

[0038] In der Zeile mit dem Bezugszeichen **100** ist eine die fortlaufende Zeit während des Betriebs der Brennkraftmaschine symbolisierende Zeitachse dargestellt. Das Verfahren betrifft den Betrieb einer Brennkraftmaschine mit sechs nicht dargestellten Zylindern, welche durch die Zahlen **1**, **2**, **3**, **4**, **5** und **6** symbolisiert sind.

[0039] In der Zeile **200** sind zeitlich aufeinander folgende Zünddurchläufe A, B, C, D und E dargestellt. In jedem der Zünddurchläufe werden sämtliche der Zylinder **1** bis **6** in der dargestellten Reihenfolge ihrer Benennung gezündet. Insofern zeigt die Zeile **300** der [Fig. 4](#) eine Zündreihenfolge der Zylinder der Brennkraftmaschine in zeitlichen Verlauf des Verfahrens.

[0040] Zur Ermittlung einer Kenngröße eines dem jeweiligen Zylinder **1** bis **6** zugeordneten Einspritzventils (nicht dargestellt) erfolgt innerhalb eines jeden der Zünddurchläufe (**200**) eine Messeinspritzung für diejenigen Zylinder der Zündreihenfolge (Zeile **300**), für welche in der Zeile **400** ein Pfeil-Symbol eingetragen ist. Diese bilden für jeden der Zünddurchläufe aus Zeile **200** eine dem jeweiligen Zünddurchlauf zugeordnete Auswahlmenge. Die in einer jeden Auswahlmenge enthaltenen Zylinder sind jeweils in der Zeile **500** wiedergegeben.

[0041] In dem in der [Fig. 4](#) dargestellten Fall wird die einem jeweiligen Zünddurchlauf **200** zugeordnete Auswahlmenge gemäß Zeile **500** dadurch bestimmt, dass der jeweiligen Auswahlmenge ein Zylinder aus der Zündreihenfolge (**300**) dann zugeordnet wird, wenn er in der Zündreihenfolge **300** an zweiter Stelle auf einen vorangehenden Zylinder der Zündreihenfolge folgt, für welchen vorangehend eine Messeinspritzung erfolgt ist.

[0042] Zur Bestimmung der Auswahlmengen **500** wird für den Zünddurchlauf A der Zeile **200** von dem Zylinder **1** ausgegangen. Für diesen Zylinder **1** erfolgt eine Messeinspritzung. Somit umfasst die Auswahlmenge gemäß Zeile **500** für den Zünddurchlauf A die Zylinder **1**, **3** und **5**, da diese jeweils an zweiter Stelle in Zündreihenfolge auf einen Zylinder folgen, für welchen gemäß Zeile **400** in Zünddurchlauf A eine Messeinspritzung erfolgt.

[0043] Es wird nun angenommen, dass nach Durchlaufen des Zünddurchlaufs A die Bestimmung der Kenngröße für den Zylinder **1** einen Ist-Wert geliefert hat, welcher innerhalb einer vorgegebenen Toleranz eines Soll-Wertes (beispielsweise Standardwert der betrachteten Kenngröße für das jeweilige Einspritzventil) liegt und insofern ein Messkriterium erfüllt ist. Die Erfüllung des Messkriteriums für den Zylinder **1** wird für die folgenden Zünddurchläufe B, C, D und E dadurch symbolisiert, dass unter der die Zündreihenfolge wiedergebenden Zeile **300** ein Plus-Symbol wiedergegeben ist.

[0044] Vor dem Durchlaufen des folgenden Zünddurchlaufs B liegt somit die Ausgangssituation vor, dass für den Zylinder **1** die gewünschte Kenngröße mit ausreichender Genauigkeit ermittelt ist, wogegen für die Zylinder **2** bis **6** noch eine Messung mit weiteren Messeinspritzungen erforderlich ist. Bei der Bestimmung der dem Zünddurchlauf B zugeordneten Auswahlmenge gemäß Zeile **500** wird nun der Zylinder **1** in der Zündreihenfolge gemäß Zeile **300** nicht berücksichtigt, da für den Zylinder **1** bereits eine als ausreichend beurteilte Anzahl an Messeinspritzungen erfolgt ist. Im Folgenden wird der Zylinder **1** bei der Bestimmung der Auswahlmengen nicht mehr berücksichtigt. Daher ist der zweite, in Zündreihenfolge auf den Zylinder **5** folgende Zylinder im Zünddurchlauf B nicht der Zylinder **1**, sondern der Zylinder **2**. Dementsprechend umfasst die Auswahlmenge für den Zünddurchlauf B die Zylinder **2**, **4** und **6**, da diese in Zündreihenfolge **300** jeweils an zweiter Stelle auf einen Zylinder folgen, für den gemäß Zeile **400** eine Messeinspritzung erfolgt.

[0045] Für das Weitere wird nun angenommen, dass aufgrund der Messeinspritzungen in Zünddurchlauf B eine im obigen Sinne ausreichende Ermittlung der jeweiligen Kenngröße für die Zylinder **4** und **6** erfolgt ist. Dies wird für die folgenden Zünddurchläufe C, D und

E wiederum durch ein Plus-Symbol unter den jeweiligen Zylindern der Zündreihenfolge **300** dargestellt.

[0046] Für die Bestimmung der dem Zünddurchlauf C gemäß Zeile **200** zugeordneten Auswahlmenge werden in der Zündreihenfolge **300** somit die Zylinder **1**, **4** und **6** nicht berücksichtigt. Folglich umfasst die Auswahlmenge für den Zünddurchlauf C zunächst den Zylinder **2**, da dieser an zweiter Stelle in der Zündreihenfolge **300** auf den letzten Zylinder **6** folgt, für den eine Messeinspritzung erfolgt ist. Hierbei spielt es keine Rolle, dass für den Zylinder **1** im Zünddurchlauf C keine Messeinspritzung mehr erforderlich ist. Dieser Zylinder **1** wird lediglich bei der Auswahl der in der Auswahlmenge für den Zünddurchlauf C enthaltenen Zylinder nicht berücksichtigt, wird jedoch in der Zündreihenfolge **300** mitgezählt. Als weiterer in der dem Zünddurchlauf C zugeordneten Auswahlmenge enthaltener Zylinder käme zunächst der an zweiter Stelle in Zündreihenfolge auf den Zylinder **2** folgende Zylinder **4** in Betracht. Dieser wird jedoch bei der Bestimmung der Auswahlmenge aus dem vorstehend genannten Grund nicht berücksichtigt. Stattdessen wird in die Auswahlmenge der nächst zu berücksichtigende Zylinder in Zündreihenfolge, also Zylinder **5** aufgenommen.

[0047] Es wird nunmehr angenommen, dass aufgrund der Messeinspritzungen in Zünddurchlauf C nun auch ausreichende Messungen für die Zylinder **2** und **5** vorliegen, was wiederum für die folgenden Zünddurchläufe durch Plus-Symbole unter den Zylindern der Zündreihenfolge **300** symbolisiert wird. Für den Zünddurchlauf D kommt für eine Aufnahme in die zugeordnete Auswahlmenge daher nur noch der Zylinder **3** in Betracht, da nur noch für diesen eine weitere Ermittlung der Kenngröße mittels Messeinspritzung erforderlich ist.

[0048] Im dargestellten Beispiel liefert diese Messeinspritzung für den Zylinder **3** im Zünddurchlauf D schließlich ein als ausreichend zu beurteilendes Messergebnis (Plus-Symbol unter Zylinder **3** im Zünddurchlauf E).

[0049] Die Zünddurchläufe A, B, C und D bilden eine Messserie, welche nach Beendigung des Zünddurchlaufs D beendet ist. Wird beispielsweise angenommen, dass während der Zeit der Zünddurchläufe A bis D bestimmte Betriebsparameter und/oder Umgebungsparameter der Brennkraftmaschine vorliegen, so ist nach Beendigung der Messserie eine Charakterisierung sämtlicher Zylinder/ Einspritzventile der Brennkraftmaschine für die vorliegenden Parameter erfolgt. Die gewonnenen Kenngrößen können dann in einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine zur Ansteuerung der Einspritzventile für die vorliegenden Parameter gespeichert werden.

[0050] Ersichtlich wird die nach dem vorstehend erläuterten Prinzip gebildete Messserie umso länger, je größer der Abstand gewählt wird, in welcher die in eine jeweilige Auswahlmenge aufzunehmenden Zylinder in Zündreihenfolge aufeinander folgen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102005051701 A1 [[0005](#)]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit zwei oder mehreren Zylindern (**1, 2, 3, 4, 5, 6**), welchen über ein Einspritzventil Kraftstoff zuführbar ist, wobei für einen Zylinder eine Messeinspritzung zur Ermittlung und/oder Anpassung einer Kenngröße des Einspritzventils erfolgen kann, und wobei sämtliche Zylinder im Gange eines Zünddurchlaufs (A, B, C, D, E) gezündet werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Zünddurchlauf (A, B, C, D, E) eine Messeinspritzung für solche Zylinder erfolgt, welche in einer vorgebbaren Auswahlmenge (**40, 500**) aus den sämtlichen Zylindern enthalten sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswahlmenge (**40, 500**) in Abhängigkeit eines Betriebsparameters der Brennkraftmaschine, insbesondere eines Kraftstoffmassenbedarfs, einer Belastung oder einer Drehzahl der Brennkraftmaschine oder eines Einspritzdrucks des Kraftstoffs oder eines Zündwinkels zur Zündung, bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswahlmenge (**40, 500**) in Abhängigkeit eines Umgebungsparameters bestimmt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf einen vorangehenden Zünddurchlauf (A, B, C, D, E) ein weiterer Zünddurchlauf (A, B, C, D, E) folgt, wobei für den vorangehenden Zünddurchlauf eine erste Auswahlmenge (**40, 500**) und für den weiteren Zünddurchlauf eine weitere Auswahlmenge (**40, 500**) festgelegt wird, wobei die weitere Auswahlmenge von der ersten Auswahlmenge abweicht.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zylinder in einer Zündreihenfolge (**20, 300**) gezündet werden, und dass fortlaufend Zünddurchläufe (A, B, C, D, E) mit jeweils zugeordneten Auswahlmengen (**40, 500**) aufeinander folgen, und dass für einen jeden ausgewählten Zünddurchlauf (**10, 200**) die zugeordnete Auswahlmenge (**40, 500**) einen jeden Zylinder umfasst, welcher sowohl in dem ausgewählten Zünddurchlauf (**10, 200**) gezündet wird, als auch in der Zündreihenfolge (**20, 300**) an n-ter Stelle auf den jeweils letzten vorangehenden Zylinder folgt, für den eine Messeinspritzung erfolgt ist, wobei n eine vorgebbare ganze Zahl größer Null ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bestimmung der Auswahlmenge (**40, 500**) ein Zylinder nicht berücksichtigt oder übersprungen wird, für welchen eine anhand eines vorgebbaren Messkriteriums

als ausreichend beurteilte Anzahl an Messeinspritzungen erfolgt ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass anstelle eines nicht berücksichtigten Zylinders ein in Zündreihenfolge (**20, 300**) auf diesen Zylinder folgender, insbesondere unmittelbar folgender Zylinder in die jeweilige Auswahlmenge (**40, 500**) aufgenommen wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Ermittlung der Kenngröße ein zugeordneter Betriebsparameter der Brennkraftmaschine, insbesondere Kraftstoffmassenbedarfs oder Belastung oder Drehzahl der Brennkraftmaschine oder Einspritzdruck oder Zündwinkels, und/oder ein zugeordneter Umgebungsparameter erfasst wird und der Kenngröße zugeordnet wird, insbesondere in einer Speichervorrichtung hinterlegt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Messserie mit so vielen aufeinander folgenden Zünddurchläufen (A, B, C, D, E) durchlaufen wird, bis für jeden Zylinder eine anhand eines vorgebbaren Messkriteriums als ausreichend beurteilte Anzahl an Messeinspritzungen erfolgt ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass nach Durchlaufen einer Messserie eine weitere Messserie durchlaufen wird, wobei die erste Auswahlmenge der weiteren Messserie zumindest den oder diejenigen Zylinder umfasst, für welchen oder für welche jeweils die größte Abweichung der Kenngröße von einem Soll-Wert ermittelt wurde.

11. Steuer- und/oder Regeleinrichtung zur Ansteuerung von Einspritzventilen einer Brennkraftmaschine mit zwei oder mehreren Zylindern, dadurch gekennzeichnet, dass sie zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 ausgebildet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

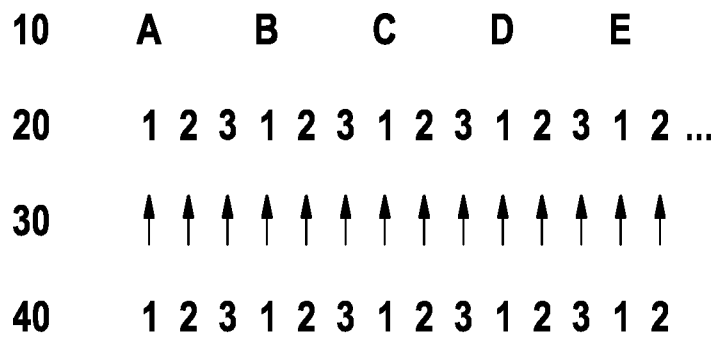


Fig. 1

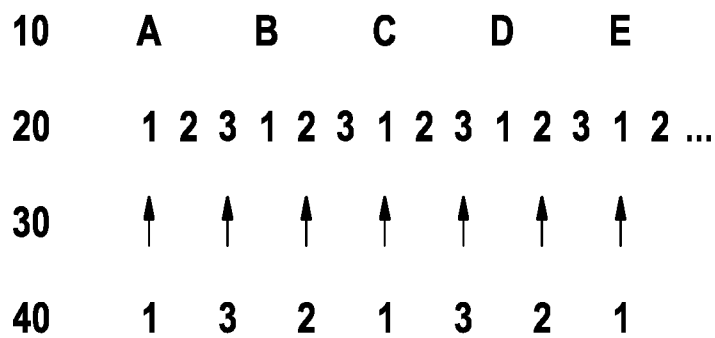


Fig. 2

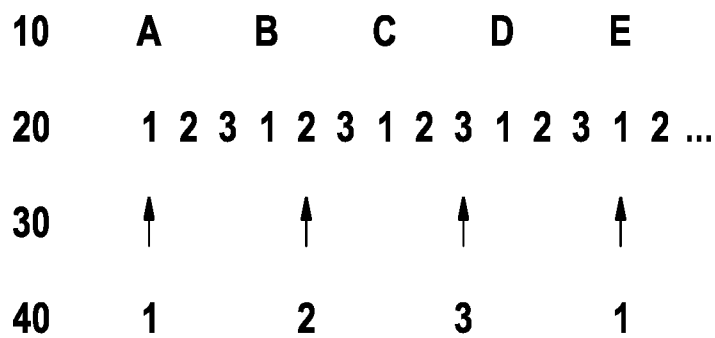


Fig. 3

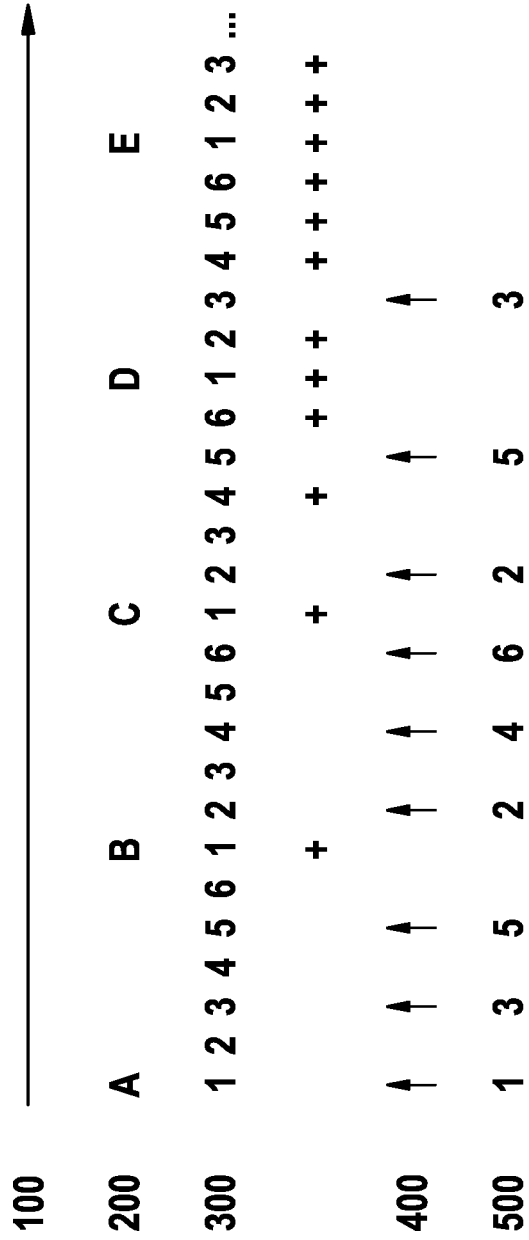


Fig. 4