



(10) **DE 10 2009 007 792 B4** 2016.03.03

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 007 792.8**  
(22) Anmeldetag: **06.02.2009**  
(43) Offenlegungstag: **19.08.2010**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **03.03.2016**

(51) Int Cl.: **F02D 41/30** (2006.01)  
**F02D 41/24** (2006.01)  
**F02D 41/20** (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:  
**Continental Automotive GmbH, 30165 Hannover,  
DE**

(72) Erfinder:  
**Jung, Uwe, 93086 Wörth, DE; Rösel, Gerd, Dr.,  
93055 Regensburg, DE; Zhang, Hong, Dr., 93105  
Tegernheim, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

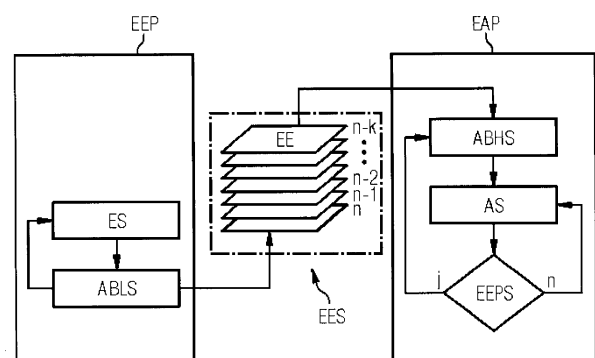
<b>DE</b>	<b>10 2007 005 361</b>	<b>B3</b>
<b>DE</b>	<b>100 33 343</b>	<b>A1</b>
<b>EP</b>	<b>14 97 544</b>	<b>B1</b>
<b>EP</b>	<b>18 35 161</b>	<b>A2</b>

**OTTOMOTOR-MANAGEMENT: MOTRONIC-  
SYSTEME. 1.Ausg. 2003. Robert Bosch GmbH,  
2003, S.42,43**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die mindestens eine Zylinderbank aufweist mit mindestens zwei Zylindern (Z1-Z4), denen jeweils mindestens ein Einspritzventil (18) zugeordnet ist, und jeder Zylinderbank jeweils ein Einspritzereignisspeicher (EES), ein Einspritzermittlungsprozess (EEP) und ein Einspritzausführungsprozess (EAP) zugeordnet ist, bei dem

- in dem jeweiligen Einspritzermittlungsprozess (EEP) gewünschte Einspritzereignisse (EE) für die zugehörige Zylinderbank ermittelt werden und diese nacheinander in dem jeweils zugehörigen Einspritzereignisspeicher (EES) abgelegt werden, und
- in dem jeweiligen Einspritzausführungsprozess (EAP) Einspritzereignisse (EE) aus dem zugehörigen Einspritzereignisspeicher (EES) nacheinander abgeholt und abgearbeitet werden in einer Reihenfolge, in der sie durch den zugehörigen Einspritzermittlungsprozess (EEP) in den zugehörigen Einspritzereignisspeicher (EES) abgelegt wurden, und das jeweils nächste Einspritzereignis (EE) erst abgearbeitet wird nach Beendigung einer Ausführung des jeweils vorangehenden ausgeführten Einspritzereignisses (EE)



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine und insbesondere zum Steuern einer Einspritzung von Kraftstoff.

**[0002]** Die DE 10 2007 005 361 B3 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzung. Injektoren werden sequentiell gemäß Ansteuerdaten zum Öffnen und Schließen in Einspritzvorgängen angesteuert, wobei für jeden Zylinder in einem Arbeitsspiel ein bestimmtes Einspritzsegment gegeben ist, in dem Einspritzungen möglich sind. Für die Zylinder werden pro Einspritzsegment mehrere Einspritzvorgänge ausgeführt, deren Dauer und zeitliche Lage im Arbeitsspiel vorgegeben werden. Für jeden Zylinder werden aufeinander folgende Einspritzvorgänge zu mehreren Paketen zusammengefasst, deren Einspritzvorgänge direkt aufeinander ausgeführt werden. Bei der Kraftstoffeinspritzung werden die Pakete in einer Reihenfolge abgearbeitet, in der Pakete verschiedener Zylinder direkt aufeinander folgen. Dazu ist ein Verteilungsschritt vorgesehen, in dem Einspritzvorgänge auf die Pakete verteilt werden, ohne dabei einen unerwünschten Überlapp von Paketen verschiedener Einspritzsegmente oder Zylinder zu berücksichtigen. Ferner ist ein Kollisionskorrekturschritt vorgesehen, in dem eine Verschiebung oder Unterdrückung zumindest teilweise überlappender und damit kollidierender Einspritzvorgänge durchgeführt wird.

**[0003]** Die EP 1 497 544 B1 offenbart ein Verfahren zum Betrieb einer Kraftstoffeinspritzanlage für einen Verbrennungsmotor. Flankenüberlappungen werden während statischer und dynamischer Interrupts einer Ansteuerschaltung während des Betriebs der Einspritzanlage bestimmt. Diese Bestimmung erfolgt in Abhängigkeit von der Drehzahl und von dem Kurbelwellenwinkel des Verbrennungsmotors. Einzelne Flankenzeitpunkte werden paarweise auf Überlappung untersucht.

**[0004]** Die DE 100 33 343 A1 offenbart eine Kraftstoffeinspritzanlage für einen Verbrennungsmotor. Die Kraftstoffeinspritzanlage weist eine Einspritzregelung zur Überwachung und/oder zum Lösen eines Konflikts beim Ansteuern von Aktorelementen auf. Die Aktorelemente sind piezoelektrische Elemente oder Magnetventile. Einspritzungen werden unterschiedliche Prioritäten zugeordnet, wodurch Konfliktsituationen gelöst werden. Kommt es zu einem Konflikt zweier Einspritzungen, wird die Einspritzung mit der niedrigeren Priorität verschoben.

**[0005]** Aus der Veröffentlichung "Ottomotor-Management: Motronic-Systeme", 1. Ausgabe 2003 der "Gelben Reihe" der Robert Bosch GmbH, ist ein Kraftstoffsystem für die kurbelwellensynchrone Berech-

nung von Ausgabegrößen für die Einspritzung bekannt. Eine Kraftstoff-Vorsteuerung berechnet aus einer Soll-Füllung, einem Lambda-Sollwert und additiven bzw. multiplikativen Korrekturen eine Kraftstoffmasse. Eine Einspritzausgabe berechnet die Einspritzzeit und die Position der Einspritzung und sorgt für die winkelsynchrone Ansteuerung der Einspritzventile. Ein Kraftstoffversorgungssystem hat die Aufgabe, den Kraftstoff aus dem Kraftstoffbehälter in der geforderten Menge und vorgegebenen Druck in das Kraftstoffverteilerrohr zu fördern.

**[0006]** Aus der EP 1 835 161 A2 ist ein Kraftstoffeinspritz-Steuersystem für Mehrzylinder-Brennkraftmaschinen bekannt. Das Steuersystem plant die Ausführung einer Reihe von mehreren Kraftstoff-Einspritzvorgängen für jeden Zylinder und bestimmt, ob zwei geplante Einspritzvorgänge sich zeitlich überlappen. Im Falle einer Überlappung bestimmt das Steuersystem, welche der geplanten Ausführungen der beiden Einspritzvorgänge verschoben werden sollte, um die Überlappung zu vermeiden.

**[0007]** Die Aufgabe der Erfindung ist, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine zu schaffen, das einfach und zuverlässig ist. Ferner ist die Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine zu schaffen, die ein einfaches und zuverlässiges Betreiben der Brennkraftmaschine ermöglicht.

**[0008]** Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

**[0009]** Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die mindestens eine Zylinderbank aufweist mit mindestens zwei Zylindern, denen jeweils mindestens ein Einspritzventil zugeordnet ist. Jeder Zylinderbank ist jeweils ein Einspritzereignisspeicher, ein Einspritzermittlungsprozess und ein Einspritzausführungsprozess zugeordnet. In dem jeweiligen Einspritzermittlungsprozess werden gewünschte Einspritzereignisse für die zugehörige Zylinderbank ermittelt. Diese werden nacheinander in dem jeweils zugehörigen Einspritzereignisspeicher abgelegt. In dem jeweiligen Einspritzausführungsprozess werden Einspritzereignisse aus dem zugehörigen Einspritzereignisspeicher nacheinander abgeholt und abgearbeitet in einer Reihenfolge, in der sie durch den zugehörigen Einspritzermittlungsprozess in den zugehörigen Einspritzereignisspeicher abgelegt wurden. Das jeweils nächste Einspritzereignis wird erst abgearbeitet nach Beendigung einer Ausführung des jeweils vorangehend ausgeführten Einspritzereignisses.

**[0010]** Der Vorteil ist, dass dies sehr einfach ist und die Brennkraftmaschine daher auch sehr zuverlässig und robust betrieben werden kann. Sich zeitlich überlappende gewünschte Einspritzereignisse werden durch das Abarbeiten der Einspritzereignisse in der Reihenfolge, in der sie durch den zugehörigen Einspritzermittlungsprozess in den zugehörigen Einspritzereignisspeicher abgelegt wurden, und dadurch, dass das jeweils nächste Einspritzereignis erst abgearbeitet wird nach Beendigung der Ausführung des jeweils vorangehend ausgeführten Einspritzereignisses, immer nacheinander ausgeführt, das heißt, die Überlappung ist auf einfache und zuverlässige Weise aufgelöst, ohne dass Einspritzereignisse aktiv auf Überlappung geprüft und bei erkannter Überlappung aktiv zeitlich verschoben werden müssten. Vorzugsweise wird das jeweils nächste Einspritzereignis auch erst aus dem zugehörigen Einspritzereignisspeicher abgeholt nach Beendigung der Ausführung des jeweils vorangehend ausgeführten Einspritzereignisses.

**[0011]** Der jeweilige Einspritzermittlungsprozess und der jeweilige Einspritzausführungsprozess werden bevorzugt unabhängig voneinander ausgeführt, das heißt, sie werden bevorzugt als voneinander separate Prozesse ausgeführt, die vorzugsweise nur über den zugehörigen Einspritzereignisspeicher unidirektional miteinander gekoppelt sind. Der jeweilige Einspritzermittlungsprozess und der jeweilige Einspritzausführungsprozess können jedoch auch anders ausgebildet sein.

**[0012]** Das Ausführen eines Einspritzereignisses repräsentiert einen tatsächlichen Einspritzvorgang, umfasst also ein Ansteuern des jeweiligen Einspritzventils, so dass dieses geöffnet wird und Kraftstoff in den jeweiligen Zylinder zugemessen werden kann.

**[0013]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst das Abarbeiten in einem ersten Fall, das jeweilige Einspritzereignis zu einem in dem zugehörigen Einspritzermittlungsprozess ermittelten jeweiligen gewünschten Zeitabschnitt auszuführen, wenn ein Beginn dieses Zeitabschnitts noch nicht verstrichen ist. Das Abarbeiten umfasst andernfalls in einem zweiten Fall das jeweilige Einspritzereignis erst nach Beendigung der Ausführung des jeweils vorangehend ausgeführten Einspritzereignisses auszuführen oder das jeweilige Einspritzereignis nicht auszuführen. Dies hat den Vorteil, dass dies sehr einfach ist. Dadurch, dass das jeweilige Einspritzereignis erst abgearbeitet wird nach Beendigung der Ausführung des jeweils vorangehend ausgeführten Einspritzereignisses, wird das jeweilige Einspritzereignis, wenn es ausgeführt wird, erst nach Beendigung der Ausführung des jeweils vorangehend ausgeführten Einspritzereignisses ausgeführt, wodurch die Überlappung der für die jeweilige Ausführung vorgesehenen gewünschten Zeitabschnitte automatisch aufgelöst ist.

Alternativ wird in dem zweiten Fall das jeweilige Einspritzereignis nicht ausgeführt, wodurch die Überlappung der für die jeweilige Ausführung vorgesehenen gewünschten Zeitabschnitte ebenfalls automatisch aufgelöst ist.

**[0014]** In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, wenn das jeweilige Einspritzereignis in dem zweiten Fall unmittelbar nach Beendigung der Ausführung des jeweils vorangehend ausgeführten Einspritzereignisses ausgeführt wird. Dadurch wird das jeweilige Einspritzereignis in dem zweiten Fall so zeitnah wie möglich an dem gewünschten Zeitabschnitt ausgeführt. Ferner kann die insgesamt in den jeweiligen Zylinder zugemessene Kraftstoffmenge so einer gewünschten Kraftstoffmenge entsprechen.

**[0015]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird das jeweilige Einspritzereignis, das ausgeführt wird, jeweils unter Beibehaltung von in dem zugehörigen Einspritzermittlungsprozess ermittelten Einspritzparametern ausgeführt. Dies hat den Vorteil, dass der Einspritzausführungsprozess dadurch sehr einfach und zuverlässig sein kann. Einspritzparameter umfassen insbesondere eine Einspritzdauer, also beispielsweise eine Zeitdauer des gewünschten Zeitabschnitts, oder eine Kraftstoffmenge, die zugemessen werden soll. Insbesondere wird das jeweilige Einspritzereignis vorzugsweise weder verkürzt noch in zwei oder mehr als zwei Einspritzereignisse aufgeteilt.

**[0016]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird im Rahmen des jeweiligen Einspritzermittlungsprozesses jedes Einspritzereignis in einem jeweils ausgeführten Ermittlungsschritt ermittelt. Das jeweils ermittelte Einspritzereignis wird in einem jeweils ausgeführten Ablageschritt in dem zugehörigen Einspritzereignisspeicher abgelegt. Im Rahmen des jeweiligen Einspritzausführungsprozesses wird jedes Einspritzereignis in einem jeweils ausgeführten Abholungsschritt aus dem zugehörigen Einspritzereignisspeicher abgeholt. Das jeweils abgeholte Einspritzereignis wird in einem jeweils ausgeführten Abarbeitungsschritt abgearbeitet. Der Vorteil ist, dass dies sehr einfach ist und ein besonders zuverlässiges und robustes Betreiben der Brennkraftmaschine ermöglicht. Ferner ergibt sich auf diese Weise sehr einfach die Abarbeitungsreihenfolge der Einspritzereignisse.

**[0017]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung ist der jeweilige Einspritzereignisspeicher als ein FIFO-Speicher ausgebildet. Der Vorteil ist, dass dies sehr einfach und kostengünstig ist. Der FIFO-Speicher wird nach dem "first in – first out"-Prinzip, kurz: FIFO, betrieben. Dadurch können in dem FIFO-Speicher abgelegte Einspritzereignisse nur in der Reihenfolge wieder aus diesem abgeholt werden, in der sie in diesem zuvor abgelegt wurden.

**[0018]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im Folgenden anhand der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

**[0019]** Fig. 1 eine Brennkraftmaschine mit einer Steuervorrichtung,

**[0020]** Fig. 2 ein Blockdiagramm,

**[0021]** Fig. 3 ein erstes Beispiel zweier Einspritzereignisse und

**[0022]** Fig. 4 ein zweites Beispiel zweier Einspritzereignisse.

**[0023]** Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0024]** Eine Brennkraftmaschine umfasst einen Ansaugtrakt **1**, einen Motorblock **2**, einen Zylinderkopf **3** und einen Abgastrakt **4** (Fig. 1). Der Ansaugtrakt **1** umfasst bevorzugt eine Drosselklappe **5**, einen Sammler **6** und ein Saugrohr **7**, das hin zu einem Zylinder Z1 über einen Einlasskanal in einen Brennraum des Motorblocks **2** geführt ist. Der Motorblock **2** umfasst ferner eine Pleuelstange **10** mit einem Pleuellager **11** des Zylinders Z1 gekoppelt ist. Die Brennkraftmaschine umfasst neben dem Zylinder Z1 mindestens einen weiteren Zylinder Z2, bevorzugt jedoch weitere Zylinder Z3, Z4, sie kann aber auch jede beliebige größere Anzahl von Zylindern Z1–Z4 umfassen. Die Brennkraftmaschine ist bevorzugt in einem Kraftfahrzeug angeordnet.

**[0025]** Der Zylinderkopf **3** umfasst einen Ventiltrieb **14**, **15**, der mit einem Gaseinlassventil **12** bzw. einem Gasauslassventil **13** gekoppelt ist. Der Ventiltrieb **14**, **15** umfasst mindestens eine Pleuelstange, die mit der Pleuelstange **10** gekoppelt ist. Ferner ist in dem Zylinderkopf **3** ein Einspritzventil **18** und, falls die Brennkraftmaschine keine Diesel-Brennkraftmaschine ist, gegebenenfalls eine Zündkerze **19** angeordnet. Alternativ kann das Einspritzventil **18** auch in dem Saugrohr **7** angeordnet sein. In dem Abgastrakt **4** ist ein Abgaskatalysator **21** angeordnet, der bevorzugt als Dreiwegekatalysator ausgebildet ist.

**[0026]** Eine Steuervorrichtung **25** ist vorgesehen, der Sensoren zugeordnet sind, die verschiedene Messgrößen erfassen und jeweils den Messwert der Messgröße ermitteln. Die Steuervorrichtung **25** ermittelt abhängig von mindestens einer der Messgrößen Stellgrößen, die dann in ein oder mehrere Stellsignale zum Steuern der Stellglieder mittels entsprechender Stellantriebe umgesetzt werden. Ferner ermittelt die Steuervorrichtung **25** Kennwerte von Kenngrößen. Die Kenngrößen können Messgrößen oder davon abgeleitete Größen sein. Die Steuervorrichtung

**25** ist ausgebildet, Einspritzereignisse EE zu ermitteln und durch Erzeugen entsprechender Stellsignale, insbesondere für das jeweilige Einspritzventil **18**, auszuführen. Die Steuervorrichtung **25** kann auch als Vorrichtung zum Steuern der Brennkraftmaschine und/oder als Motorsteuerung bezeichnet werden.

**[0027]** Die Sensoren sind beispielsweise ein Pedalstellungsgeber **26**, der eine Fahrpedalstellung eines Fahrpedals **27** erfasst, ein Luftmassensensor **28**, der einen Luftmassenstrom stromaufwärts der Drosselklappe **5** erfasst, ein Temperatursensor **32**, der eine Ansauglufttemperatur erfasst, ein Drosselklappenstellungssensor **30**, der einen Öffnungsgrad der Drosselklappe **5** erfasst, ein Saugrohrdrucksensor **34**, der einen Istwert eines Saugrohrdrucks in dem Sammler **6** erfasst, ein Pleuelstangenwinkelsensor **36**, der einen Pleuelstangenwinkel erfasst, dem dann eine Drehzahl der Brennkraftmaschine zugeordnet wird.

**[0028]** Je nach Ausführungsform der Erfindung kann eine beliebige Untermenge der genannten Sensoren vorhanden sein oder es können auch zusätzliche Sensoren vorhanden sein.

**[0029]** Die Stellglieder sind beispielsweise die Drosselklappe **5**, die Gaseinlass- und Gasauslassventile **12**, **13**, das Einspritzventil **18** und gegebenenfalls die Zündkerze **19**.

**[0030]** Die Stellglieder und Sensoren können jeweils lediglich einem Zylinder Z1–Z4 zugeordnet sein und/oder jeweils mehreren Zylindern Z1–Z4 zugeordnet sein. Falls ein Stellglied und/oder ein Sensor mehreren Zylindern Z1–Z4 zugeordnet ist, werden die Stellsignale bzw. Messwerte für das Stellglied bzw. des Sensors beispielsweise abhängig von dem Pleuelstangenwinkel den einzelnen Zylindern Z1–Z4 zugeordnet.

**[0031]** Bevorzugt weist die Steuervorrichtung **25** mindestens eine elektrische Endstufe auf zum Bereitstellen eines Einspritzstellsignals für jeweils mindestens zwei der Zylinder Z1–Z4. Die Zylinder Z1–Z4 können dabei jeweils einer von zwei oder auch mehr als zwei Zylinderbänken zugeordnet sein. Bevorzugt ist dann jeder Zylinderbank jeweils eine elektrische Endstufe der Steuervorrichtung **25** zugeordnet zum Bereitstellen eines Einspritzstellsignals für die Zylinder Z1–Z4, die der jeweiligen Zylinderbank zugeordnet sind, das heißt, alle Zylinder einer jeweiligen Zylinderbank werden durch die gleiche elektrische Endstufe angesteuert. Jede Bank umfasst dann bevorzugt mindestens zwei der Zylinder Z1–Z4.

**[0032]** Weil ein Pleuelstangenwinkelbereich, der für Einspritzungen eines jeweiligen der Zylinder Z1–Z4 genutzt wird, größer sein kann als ein jeweiliger Arbeitstakt, kann es zu Konflikten dergestalt kommen, dass zeitlich überlappend mit zwei Einspritz-

ventilen **18** eine Einspritzung erfolgen soll, die durch die gleiche Endstufe angesteuert werden. Bei 4-Zylinder-Motoren beträgt dieser Kurbelwellenwinkelbereich zum Beispiel bis zu 270 Grad.

**[0033]** Fig. 2 zeigt ein Blockdiagramm eines Programms zum Betreiben der Brennkraftmaschine, das vorzugsweise durch die Steuervorrichtung **25** ausführbar ist. Das Programm umfasst einen Einspritzermittlungsprozess EEP, einen Einspritzereignisspeicher EES und einen Einspritzausführungsprozess EAP. Bevorzugt ist für jede Zylinderbank jeweils ein solches Programm vorgesehen.

**[0034]** Der jeweilige Einspritzermittlungsprozess EEP umfasst einen Ermittlungsschritt ES zum Ermitteln von Einspritzereignissen EE, die von einem jeweiligen Zylinder Z1–Z4 der zugehörigen Zylinderbank ausgeführt werden sollen. Das Ermitteln der Einspritzereignisse EE erfolgt vorzugsweise abhängig von Messgrößen, zum Beispiel abhängig von der Drehzahl der Brennkraftmaschine. Das Ermitteln der Einspritzereignisse EE erfolgt ferner vorzugsweise ohne Priorisierung, das heißt, die unterschiedlichen Einspritzereignisse EE weisen bevorzugt keine Ausführungspriorität auf, so dass kein Einspritzereignis EE gegenüber einem anderen aufgrund unterschiedlich vergebener Prioritäten bevorzugt oder benachteiligt werden kann. Das Ermitteln der Einspritzereignisse EE kann jedoch auch anders erfolgen. Der jeweilige Einspritzermittlungsprozess EEP umfasst ferner einen Ablageschritt ABLS zum Ablegen des jeweiligen ermittelten Einspritzereignisses EE in dem zugehörigen Einspritzereignisspeicher EES. Nach dem Ablegen des jeweiligen Einspritzereignisses EE wird der Einspritzermittlungsprozess EEP mit dem Ermittlungsschritt ES fortgesetzt, in dem das jeweils nächste Einspritzereignis EE ermittelt wird.

**[0035]** Das jeweilige Einspritzereignis EE umfasst insbesondere Informationen über einen gewünschten Zeitabschnitt, in dem das Einspritzereignis EE ausgeführt werden soll, das heißt, die Einspritzung erfolgen soll. Der gewünschte Zeitabschnitt ist zum Beispiel in Form eines Kurbelwellenwinkels vorgegeben, zu dem das Einspritzen beginnen soll, und einer Einspritzdauer oder eines Kurbelwellenwinkels, zu dem das Einspritzen enden soll. Der gewünschte Zeitabschnitt kann jedoch auch anders vorgegeben sein.

**[0036]** Der Einspritzereignisspeicher EES ist vorzugsweise als ein FIFO-Speicher ausgebildet, der gemäß dem "first in – first out"-Prinzip, oder kurz: FIFO, betrieben wird. Der Einspritzereignisspeicher EES kann auch als Warteschlange oder als Warteschlangenspeicher bezeichnet werden. Daher stimmt eine Reihenfolge der Einspritzereignisse EE, mit der die Einspritzereignisse EE aus dem Einspritzereignisspeicher EES abgeholt werden, mit einer Reihenfolge der Einspritzereignisse EE überein, in der die

Einspritzereignisse EE in dem Einspritzereignisspeicher EES zuvor abgelegt wurden.

**[0037]** Der jeweilige Einspritzausführungsprozess EAP umfasst einen Abholungsschritt ABHS zum Abholen von jeweils einem Einspritzereignis EE aus dem Einspritzereignisspeicher EES. In einem Abarbeitungsschritt AS wird das abgeholte Einspritzereignis EE abgearbeitet. Das Abarbeiten umfasst im Allgemeinen das Ausführen des abgeholten Einspritzereignisses EE. Das Ausführen des jeweiligen Einspritzereignisses EE umfasst insbesondere das Erzeugen des Einspritzstellsignals, also des Stellsignals für das Einspritzventil **18**, mittels dessen die Einspritzung erfolgen soll. Bei dem Ausführen des Einspritzereignisses EE wird insbesondere grundsätzlich der gewünschte Zeitabschnitt berücksichtigt, in dem die Einspritzung erfolgen soll, das heißt insbesondere der gewünschte Einspritzbeginn sowie die gewünschte Einspritzdauer oder das gewünschte Einspritzende.

**[0038]** Es kann vorgesehen sein, auf das Ausführen des jeweiligen Einspritzereignisses EE zu verzichten, insbesondere dann, wenn zu einem Zeitpunkt eines tatsächlich möglichen Beginns der Einspritzung ein Zeitpunkt des gewünschten Einspritzbeginns, wie er in dem Ermittlungsschritt ES für dieses Einspritzereignis EE zuvor ermittelt wurde, bereits verstrichen ist. Dazu kann in dem Abarbeitungsschritt AS vorgesehen sein zu überprüfen, ob der für das gerade abgeholte Einspritzereignis EE gewünschte Einspritzbeginn bereits verstrichen ist. Ist dies der Fall, dann wird das Einspritzereignis EE nicht ausgeführt, andernfalls wird es vorzugsweise in dem gewünschten Zeitabschnitt ausgeführt. Es kann jedoch beispielsweise ebenso vorgesehen sein, auf das Ausführen des jeweiligen Einspritzereignisses EE nur dann zu verzichten, wenn beispielsweise auch dessen gewünschtes Einspritzende bereits verstrichen ist.

**[0039]** Bevorzugt wird jedoch das jeweilige Einspritzereignis EE ausgeführt unabhängig davon, ob dessen gewünschter Einspritzbeginn oder dessen gewünschtes Einspritzende bereits verstrichen ist. In einem ersten Fall wird das jeweilige Einspritzereignis EE zu dem in dem zugehörigen Einspritzermittlungsprozess EEP ermittelten jeweiligen gewünschten Zeitabschnitt ausgeführt, wenn der Beginn dieses Zeitabschnitts noch nicht verstrichen ist. Andernfalls, also wenn der Beginn des gewünschten Zeitabschnitts bereits verstrichen ist, wird in einem zweiten Fall das jeweilige Einspritzereignis EE erst nach Beendigung der Ausführung des jeweils vorangehend ausgeführten Einspritzereignisses EE ausgeführt.

**[0040]** In einem Einspritzendeprüfungsschritt EEPS wird überprüft, ob das aktuell ausgeführte Einspritzereignis EE beendet ist, also vollständig abgearbeitet wurde. Falls dies nicht der Fall ist, das heißt aktu-

ell das Einspritzereignis EE noch abgearbeitet wird, dann wird dieses Einspritzereignis EE in dem Abarbeitungsschritt AS weiter abgearbeitet. Insbesondere wird dieses Einspritzereignis EE in dem Abarbeitungsschritt AS weiter ausgeführt. Wird jedoch aktuell kein Einspritzereignis EE abgearbeitet und insbesondere ausgeführt, dann wird das Programm in dem Abholungsschritt ABHS fortgesetzt, in dem das jeweils nächste Einspritzereignis EE aus dem Einspritzereignisspeicher EES abgeholt wird. Es wird in dem Einspritzausführungsprozess EAP bevorzugt also nie mehr als ein Einspritzereignis EE abgearbeitet und somit auch nie mehr als ein Einspritzereignis EE ausgeführt. Eine gegebenenfalls bestehende zeitliche Überlappung der jeweiligen gewünschten Zeitabschnitte zweier aufeinander folgender Einspritzereignisse EE ist dadurch automatisch aufgelöst, ohne dass die Einspritzereignisse EE auf ein Vorliegen einer solchen Überlappung überprüft und aktiv zeitlich verschoben oder verkürzt oder aufgeteilt werden müssten. Ferner müssen die Einspritzereignisse EE auch keine unterschiedlichen Ausführungsprioritäten aufweisen, um die Überlappung auflösen zu können. Das Programm ermöglicht so einen sehr einfachen, zuverlässigen und robusten Betrieb der Brennkraftmaschine.

**[0041]** Fig. 3 zeigt ein Beispiel für einen zeitlichen Ablauf des Ermittlungsschritts ES und des Abarbeitungsschritts AS für zwei Einspritzventile 18, die der gleichen Zylinderbank zugeordnet sind und die als erster Injektor INJ\_I und zweiter Injektor INJ\_I + 1 bezeichnet sind. Dabei sind im oberen Zeitstrahl der den ersten Injektor INJ\_I betreffende Ermittlungsschritt ES und Abarbeitungsschritt AS dargestellt und sind im unteren Zeitstrahl der den zweiten Injektor INJ\_I + 1 betreffende Ermittlungsschritt ES und Abarbeitungsschritt AS dargestellt. In dem Ermittlungsschritt ES, der den ersten Injektor INJ\_I betrifft, wird ein erstes Einspritzereignis EE(n - k) ermittelt und in dem Einspritzereignisspeicher EES abgelegt. In dem Ermittlungsschritt ES, der den zweiten Injektor INJ\_I + 1 betrifft, wird ein zweites Einspritzereignis EE(n - k + 1) ermittelt und in dem Einspritzereignisspeicher EES abgelegt. In dem Abarbeitungsschritt AS, der den ersten Injektor INJ\_I betrifft, wird das erste Einspritzereignis EE(n - k) aus dem Einspritzereignisspeicher EES abgeholt und in dem gewünschten Zeitabschnitt ausgeführt, da bei dem gewünschten Einspritzbeginn kein anderes Einspritzereignis EE ausgeführt wird. In dem Abarbeitungsschritt AS, der den zweiten Injektor INJ\_I + 1 betrifft, wird das zweite Einspritzereignis EE(n - k + 1) aus dem Einspritzereignisspeicher EES abgeholt und in dem gewünschten Zeitabschnitt ausgeführt, da bei dem gewünschten Einspritzbeginn kein anderes Einspritzereignis EE ausgeführt wird. Insbesondere ist bei dem gewünschten Einspritzbeginn des zweiten Einspritzereignisses EE(n - k + 1) das erste Einspritzereignis EE(n - k) bereits beendet. In diesem ersten Fall stimmt daher eine

Istausführung IA des ersten sowie des zweiten Einspritzereignisses EE(n - k), EE(n - k + 1) mit einer Sollausführung SA des jeweiligen Einspritzereignisses EE überein, das heißt, das jeweilige Einspritzereignis EE wird jeweils in dem gewünschten Zeitabschnitt ausgeführt, wie in dem jeweiligen Ermittlungsschritt ES ermittelt und vorgegeben. Die Sollausführung SA kann auch als Ausführungswunsch oder gewünschte Ausführung bezeichnet werden und entspricht zeitlich dem gewünschten Zeitabschnitt. Die Istausführung IA kann auch als tatsächliche Ausführung oder Einspritzung bezeichnet werden.

**[0042]** Fig. 4 zeigt entsprechend ein Beispiel für einen zeitlichen Ablauf des Ermittlungsschritts ES und des Abarbeitungsschritts AS, bei dem eine zeitliche Überlappung der jeweiligen Sollausführung SA besteht. In dem Ermittlungsschritt ES, der den ersten Injektor INJ\_I betrifft, wird das erste Einspritzereignis EE(n - k) ermittelt und in dem Einspritzereignisspeicher EES abgelegt. In dem Ermittlungsschritt ES, der den zweiten Injektor INJ\_I + 1 betrifft, wird das zweite Einspritzereignis EE(n - k + 1) ermittelt und in dem Einspritzereignisspeicher EES abgelegt. In dem Abarbeitungsschritt AS, der den ersten Injektor INJ\_I betrifft, wird das erste Einspritzereignis EE(n - k) aus dem Einspritzereignisspeicher EES abgeholt und in dem gewünschten Zeitabschnitt ausgeführt, da bei dem gewünschten Einspritzbeginn kein anderes Einspritzereignis EE ausgeführt wird. Dies entspricht somit dem ersten Fall, bei dem die Istausführung IA mit der Sollausführung SA zusammenfällt. In dem Abarbeitungsschritt AS, der den zweiten Injektor INJ\_I + 1 betrifft, wird das zweite Einspritzereignis EE(n - k + 1) aus dem Einspritzereignisspeicher EES abgeholt. Gemäß Fig. 2 und obiger Beschreibung erfolgt dieses Abholen jedoch erst nach Beendigung der Ausführung des ersten Einspritzereignisses EE(n - k). Das zweite Einspritzereignis EE(n - k + 1) kann daher frühestens nach Beendigung der Abarbeitung und insbesondere Ausführung des ersten Einspritzereignisses EE(n - k) abgearbeitet und insbesondere ausgeführt werden. In dem gezeigten Beispiel soll die Einspritzung mit dem zweiten Injektor INJ\_I + 1 jedoch früher, nämlich während der Ausführung des ersten Einspritzereignisses EE(n - k) beginnen. Das zweite Einspritzereignis EE(n - k + 1) wird somit nicht in dem gewünschten Zeitabschnitt ausgeführt, sondern wird erst nach Beendigung der Ausführung des ersten Einspritzereignisses EE(n - k) ausgeführt. Die Istausführung IA erfolgt in diesem zweiten Fall somit später als die Sollausführung SA.

**[0043]** Bevorzugt ist vorgesehen, die Einspritzereignisse EE in dem jeweiligen Einspritzermittlungsprozess EEP zylinderweise in einer zeitlichen Reihenfolge ihres jeweiligen gewünschten Zeitabschnitts zu ermitteln. Beispielsweise weist die Zylinderbank nur den ersten Injektor INJ\_I und den zweiten Injektor INJ\_I + 1 auf. Dann werden beispielsweise für je-

den Zyklus alle den ersten Injektor INJ<sub>1</sub> betreffenden Einspritzereignisse EE in ihrer zeitlichen Reihenfolge ermittelt und in den zugehörigen Einspritzereignisspeicher EES abgelegt, dann werden alle den zweiten Injektor INJ<sub>1</sub> + 1 betreffenden Einspritzereignisse EE in ihrer zeitlichen Reihenfolge ermittelt und in den zugehörigen Einspritzereignisspeicher EES abgelegt. Dies wird vorzugsweise während des Betriebs der Brennkraftmaschine für jeden Zyklus wiederholt. Die Einspritzereignisse EE können jedoch auch anders ermittelt werden.

**[0044]** Der Konflikt bei sich zeitlich überlappenden Einspritzungen ist durch Vorsehen des jeweiligen Einspritzereignisspeichers EES und des jeweils zugehörigen Einspritzermittlungsprozesses EEP und Einspritzausführungsprozesses EAP auf einfache und robuste Weise aufgelöst. Bevorzugt ist vorgesehen, das jeweilige Einspritzereignis EE auch in dem zweiten Fall jeweils unter Beibehaltung von in dem zugehörigen Einspritzermittlungsprozess EEP ermittelten Einspritzparametern auszuführen, insbesondere unter Beibehaltung der gewünschten Einspritzdauer. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, in dem zweiten Fall das jeweils dem zweiten Einspritzereignis EE(n - k + 1) entsprechende Einspritzereignis EE bezüglich der Einspritzdauer zu verkürzen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die mindestens eine Zylinderbank aufweist mit mindestens zwei Zylindern (Z1-Z4), denen jeweils mindestens ein Einspritzventil (18) zugeordnet ist, und jeder Zylinderbank jeweils ein Einspritzereignisspeicher (EES), ein Einspritzermittlungsprozess (EEP) und ein Einspritzausführungsprozess (EAP) zugeordnet ist, bei dem

- in dem jeweiligen Einspritzermittlungsprozess (EEP) gewünschte Einspritzereignisse (EE) für die zugehörige Zylinderbank ermittelt werden und diese nacheinander in dem jeweils zugehörigen Einspritzereignisspeicher (EES) abgelegt werden, und
- in dem jeweiligen Einspritzausführungsprozess (EAP) Einspritzereignisse (EE) aus dem zugehörigen Einspritzereignisspeicher (EES) nacheinander abgeholt und abgearbeitet werden in einer Reihenfolge, in der sie durch den zugehörigen Einspritzermittlungsprozess (EEP) in den zugehörigen Einspritzereignisspeicher (EES) abgelegt wurden, und das jeweils nächste Einspritzereignis (EE) erst abgearbeitet wird nach Beendigung einer Ausführung des jeweils vorangehend ausgeführten Einspritzereignisses (EE)

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Abarbeiten in einem ersten Fall umfasst, das jeweilige Einspritzereignis (EE) zu einem in dem zugehörigen Einspritzermittlungsprozess (EEP) ermittelten jeweiligen gewünschten Zeitabschnitt auszuführen, wenn ein Beginn dieses Zeitabschnitts noch nicht verstri-

chen ist, und das jeweilige Einspritzereignis (EE) andernfalls in einem zweiten Fall erst nach Beendigung der Ausführung des jeweils vorangehend ausgeführten Einspritzereignisses (EE) auszuführen oder das jeweilige Einspritzereignis (EE) nicht auszuführen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem das jeweilige Einspritzereignis (EE) in dem zweiten Fall unmittelbar nach Beendigung der Ausführung des jeweils vorangehend ausgeführten Einspritzereignisses (EE) ausgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem das jeweilige Einspritzereignis (EE), das ausgeführt wird, jeweils unter Beibehaltung von in dem zugehörigen Einspritzermittlungsprozess (EEP) ermittelten Einspritzparametern ausgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem

- im Rahmen des jeweiligen Einspritzermittlungsprozesses (EEP) jedes Einspritzereignis (EE) in einem jeweils ausgeführten Ermittlungsschritt (ES) ermittelt und das jeweils ermittelte Einspritzereignis (EE) in einem jeweils ausgeführten Ablageschritt (ABLS) in dem zugehörigen Einspritzereignisspeicher (EES) abgelegt wird und

- im Rahmen des jeweiligen Einspritzausführungsprozesses (EAP) jedes Einspritzereignis (EE) in einem jeweils ausgeführten Abholungsschritt (ABHS) aus dem zugehörigen Einspritzereignisspeicher (EES) abgeholt wird und das jeweils abgeholte Einspritzereignis (EE) in einem jeweils ausgeführten Abarbeitungsschritt (AS) abgearbeitet wird.

6. Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die mindestens eine Zylinderbank aufweist mit mindestens zwei Zylindern (Z1-Z4), denen jeweils mindestens ein Einspritzventil (18) zugeordnet ist, und jeder Zylinderbank jeweils ein Einspritzereignisspeicher (EES), ein Einspritzermittlungsprozess (EEP) und ein Einspritzausführungsprozess (EAP) zugeordnet ist, die ausgebildet ist

- zum Ermitteln gewünschter Einspritzereignisse (EE) für die zugehörige Zylinderbank in dem jeweiligen Einspritzermittlungsprozess (EEP) und zum Ablegen dieser nacheinander in dem jeweils zugehörigen Einspritzereignisspeicher (EES), und

- zum Abholen und Abarbeiten von Einspritzereignissen (EE) nacheinander aus dem zugehörigen Einspritzereignisspeicher (EES) in dem jeweiligen Einspritzausführungsprozess (EAP) in einer Reihenfolge, in der sie durch den zugehörigen Einspritzermittlungsprozess (EEP) in den zugehörigen Einspritzereignisspeicher (EES) abgelegt wurden, und zum Abarbeiten des jeweils nächsten Einspritzereignisses (EE) erst nach Beendigung einer Ausführung des jeweils vorangehend ausgeführten Einspritzereignisses (EE).

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der der jeweilige Einspritzereignisspeicher (EES) als ein FIFO-Speicher ausgebildet ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

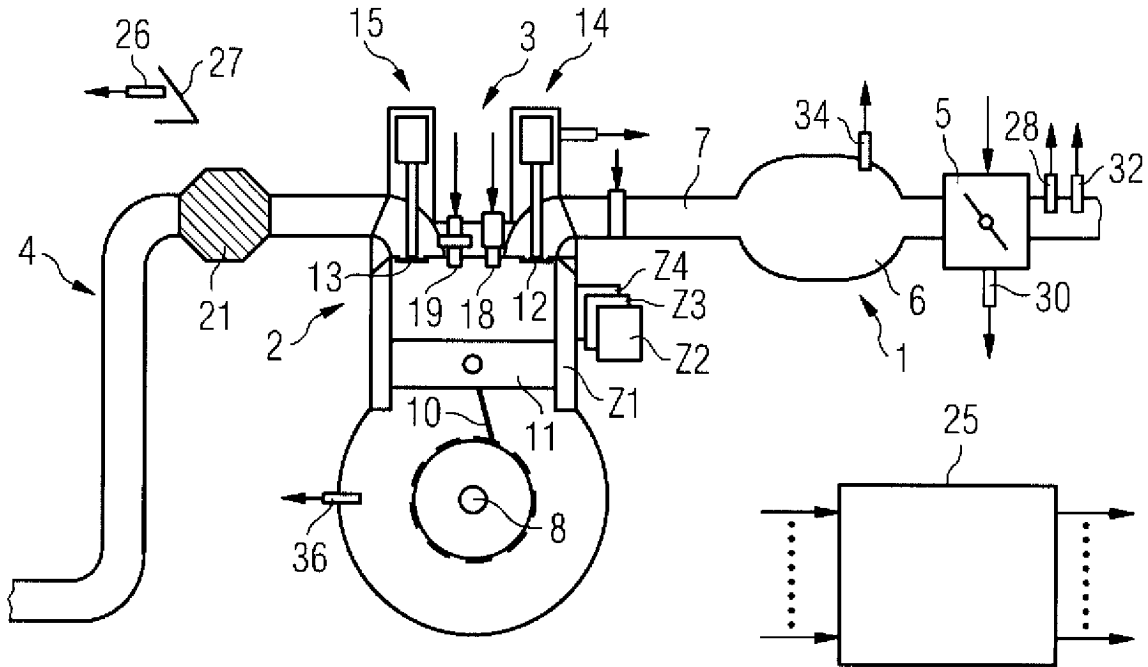


FIG 2

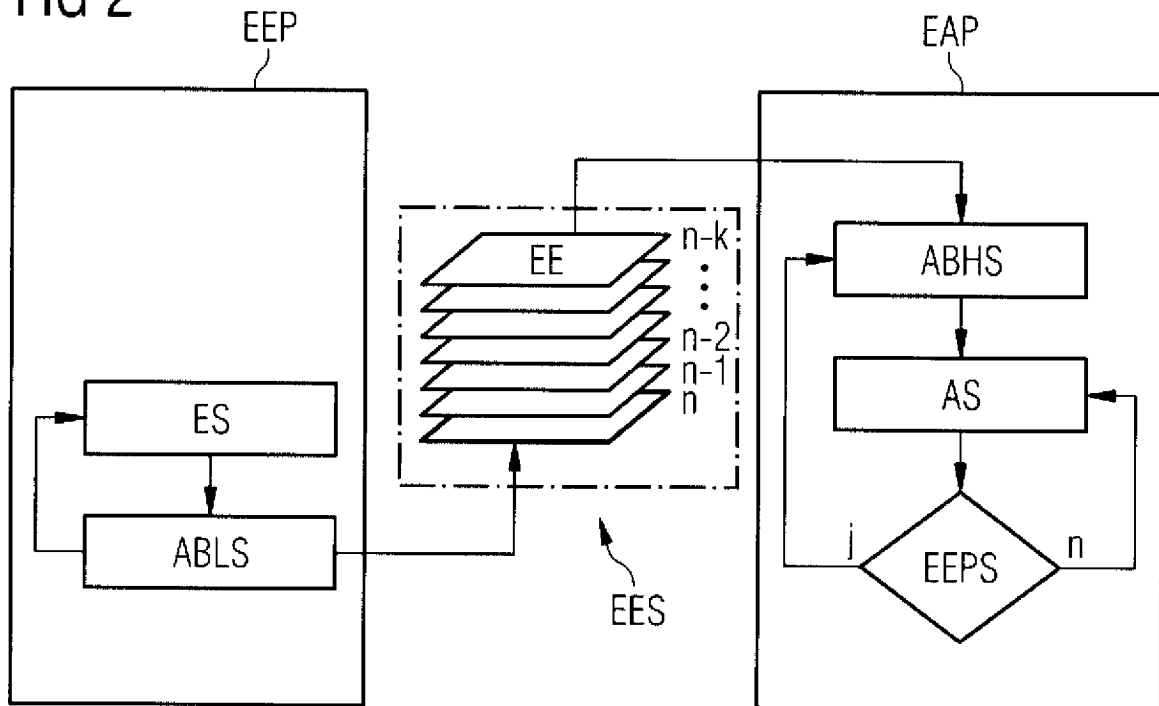


FIG 3

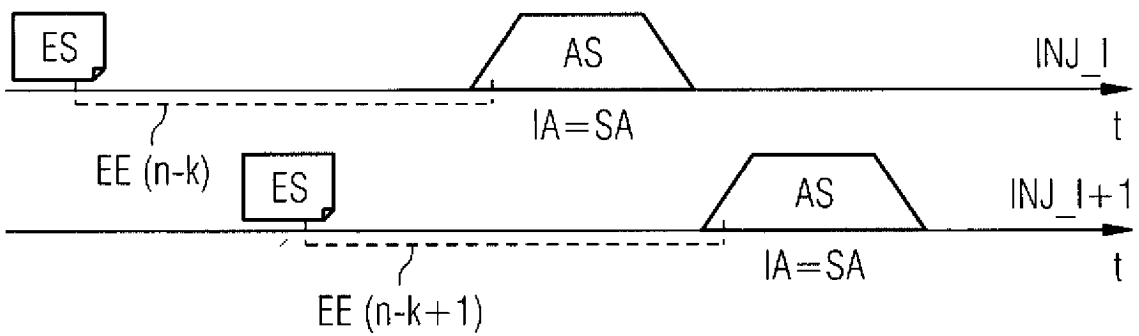


FIG 4

