



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 336 040 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**03.08.2005 Patentblatt 2005/31**

(21) Anmeldenummer: **01996678.7**

(22) Anmeldetag: **15.11.2001**

(51) Int Cl.7: **F02D 41/06**, F02D 41/36

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE2001/004313**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2002/040847 (23.05.2002 Gazette 2002/21)**

(54) **VERFAHREN ZUM EINSPRITZEN VON KRAFTSTOFF WÄHREND DER STARTPHASE EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

METHOD FOR INJECTING FUEL DURING THE STARTING PHASE OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

PROCEDE POUR INJECTER DU CARBURANT PENDANT LA PHASE DE DEMARRAGE D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB**

(30) Priorität: **16.11.2000 DE 10056862**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**20.08.2003 Patentblatt 2003/34**

(73) Patentinhaber: **SIEMENS  
AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **BAYERLE, Klaus  
93083 Obertraubling (DE)**

• **SCHÜLE, Harry  
92431 Neunburg v. Wald (DE)**  
• **GESSNER, Steffen  
93059 Regensburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 371 158 DE-A- 4 304 163  
DE-A- 19 741 966**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 209 (M-407), 27. August 1985 (1985-08-27) & JP 60 069247 A (NISSAN JIDOSHA KK), 19. April 1985 (1985-04-19)**

**EP 1 336 040 B1**

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

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einspritzen von Kraftstoff in eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine.

**[0002]** Es ist bekannt, beim Start eines Ottomotors die Zylinder je einmal mit einem sogenannten Vorabspritzer zu versorgen, um die Zylinderwände zu benetzen und gleichzeitig ein zündfähiges Gemisch für die erste Verbrennung bereitzustellen. Da zu diesem Zeitpunkt noch keine Synchronisation zwischen Nockenwelle und der Kurbelwelle vorhanden und die Position der Kolben unbekannt ist, ist eine gezielte Vorabspritzstrategie erforderlich, um den Ausstoß von unverbranntem Kraftstoff und somit die Schadstoffemissionen während des Starts zu minimieren.

**[0003]** Bei einem aus der EP 0 371 158 A1 bekannten-Verfahren werden die Zylinder in Abhängigkeit von den beiden unterschiedlichen Pegeln des Nockenwellensignals in eine erste und eine zweite Zylindergruppe unterteilt. Die Zylinder der ersten Gruppe werden unmittelbar nach einer Starterkennung zeitgleich mit den Vorabspritzern (Gruppenspritzer) versorgt, während die Zylinder der zweiten Gruppe zeitlich verzögert mit den Vorabspritzern versorgt werden, und zwar entweder in vorbestimmter Reihenfolge oder in normaler sequentieller Reihenfolge, je nachdem, ob eine Synchronisation zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle bereits stattgefunden hat.

**[0004]** Es hat sich nun gezeigt, dass bei diesem Verfahren in 50 % aller Starts nicht alle Vorabspritzer für die Zylinder der ersten Gruppe zur Verbrennung kommen, da ein Teil der Vorabspritzer in Abhängigkeit von der Stillstandsposition der Brennkraftmaschine und der Position der Einlassventile auf ein offenes bzw. gerade schließendes Einlassventil trifft. Ein solcher Zustand sollte im Hinblick auf die immer strenger werdenden gesetzlichen Abgasbestimmungen vermieden werden. Eine entsprechende überhöhte Schadstoffemission ließe sich zwar dadurch vermeiden, dass die Vorabspritzer erst abgesetzt werden, wenn die genaue Position und Zuordnung zwischen Kurbelwelle und Nockenwelle bekannt sind, so dass dann ein "sequentieller Start" durchgeführt werden könnte. Die Folge wäre jedoch ein verzögerter Start.

**[0005]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Einspritzen von Kraftstoff in eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine anzugeben, das einen emissionsoptimierten Schnellstart der Brennkraftmaschine ermöglicht.

**[0006]** Das Verfahren gemäß der Erfindung ist in Anspruch 1 definiert.

**[0007]** Die vorliegende Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass eine Brennkraftmaschine nach dem Abschalten im ausgekuppelten Zustand immer an bestimmten diskreten Positionen stehen bleibt, wobei die Anzahl der diskreten Positionen über zwei Kurbelwellenumdrehungen ( $760^\circ$ ) immer der Anzahl der Zylinder

entspricht. Im Fall von n Zylindern sind dies somit n Stillstands-Winkelpositionen.

**[0008]** Beim Start der Brennkraftmaschine sind diese n Stillstands-winkelpositionen zunächst unbekannt. Mit Hilfe des Nockenwellensignals kann jedoch die Anzahl der unbekannt Stillstands-Winkelpositionen auf  $n/2$  reduziert werden. Somit kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren in Abhängigkeit von dem Nockenwellensignal und den gespeicherten Stillstands-Winkelpositionen ein Zylinder ausgewählt werden, der als erster mit einem Vorabspritzer versorgt wird, während die übrigen Vorabspritzer später abgesetzt werden. Im Gegensatz zu dem oben beschriebenen vorbekannten Verfahren werden somit die ersten Zylinder nicht zeitgleich, sondern immer zeitlich versetzt zueinander mit den Vorabspritzern versorgt.

**[0009]** Vorzugsweise wird in Abhängigkeit von dem Nockenwellensignal, das eine Unterteilung jedes Arbeitsspiels in zwei Segmente entsprechend zwei aufeinanderfolgenden Kurbelwellenumdrehungen erlaubt, die Stillstands-Winkelpositionen in zwei Gruppen unterteilt, und es wird diejenige Gruppe ermittelt, welche die aktuelle Stillstands-Winkelposition umfasst, an der die Brennkraftmaschine stehengeblieben ist. Vorteilhafterweise wird nur derjenige Zylinder der ersten Gruppe, dessen Einlassventil bei Abgabe des ersten Vorabspritzers mit Sicherheit geschlossen oder zumindest überwiegend geschlossen ist, als erster mit einem Vorabspritzer versorgt.

**[0010]** Um die Reihenfolge der nächsten Vorabspritzer zu bestimmen, wird zweckmäßigerweise der Winkelabstand zwischen der Winkelposition, an der der erste Vorabspritzer abgegeben wird, und der Winkelposition des ersten Synchronisationsimpulses mit dem Winkelabstand zwischen zwei benachbarten gespeicherten Stillstands-Winkelpositionen verglichen und in Abhängigkeit von diesem Vergleich die Reihenfolge der nächsten Vorabspritzer bestimmt.

**[0011]** Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird sichergestellt, dass alle Vorabspritzer tatsächlich an der Verbrennung teilnehmen, so dass die Schadstoffemissionen, insbesondere die HC-Emissionen auf das Niveau eines sequentiellen Starts sinken. Dennoch ist eine frühe Kraftstoffeinspritzung möglich, so dass das erfindungsgemäße Verfahren einen schnelleren Start gegenüber einem sequentiellen Startverfahren ermöglicht.

**[0012]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen definiert.

**[0013]** Anhand der Zeichnungen wird das erfindungsgemäße Verfahren näher erläutert. Es zeigt:

Figur 1 eine schematische Schnittdarstellung einer Brennkraftmaschine in Form eines Ottomotors mit Benzineinspritzung;

Figuren 2 und 3 Diagramme, in denen über der Zeit Drehzahl-, Nockenwellen-, Kurbelwellen-, Ein-

spritzventil- und Einlassventil-Signale aufgetragen sind.

**[0014]** Die Figur 1 zeigt einen schematischen Teilschnitt durch eine Brennkraftmaschine, welche im beschriebenen Ausführungsbeispiel zu Veranschaulichungszwecken als Vierzylinder-Ottomotor mit Benzineinspritzung ausgebildet ist.

**[0015]** Der Brennkraftmaschine 3 ist in üblicher Weise ein zentrales elektronisches Steuergerät 1 zugeordnet, das die Zündung, Kraftstoffeinspritzung und andere Vorgänge der Brennkraftmaschine steuert. Jedem Zylinder 7 ist mindestens ein Einlassventil 6 und mindestens ein Einspritzventil 2 zugeordnet. Das Einspritzventil 2 spritzt Kraftstoff in das Saugrohr unmittelbar vor oder auf den Ventilteller des Einlassventils 6 ab.

**[0016]** Der Kurbelwelle 8 ist ein Kurbelwellensensor 4 mit einem gezahnten Geberrad zugeordnet, das ein den Kurbelwellenwinkel darstellendes Kurbelwellensignal CRK (siehe untere Hälfte der Figuren 2 und 3) erzeugt. Der Nockenwelle 5, die die Einlassventile 6 steuert und mit der halben Drehzahl der Kurbelwelle 8 dreht, ist ein Nockenwellensensor 9 zum Erzeugen eines Nockenwellensignals CAM (siehe untere Hälfte der Figuren 2 und 3) zugeordnet. Die Nockenwelle 5 kann mit der Kurbelwelle 8 drehfest verbunden oder auch relativ zu ihr winkelverstellbar sein.

**[0017]** In den Figuren 2 und 3, untere Hälfte, sind jeweils das Kurbelwellensignal CRK, das Nockenwellensignal CAM und die Drehzahl N über der Zeit aufgetragen. Jeder Impuls des Kurbelwellensignals CRK entspricht einem Zahn des Geberrades, wobei eine doppelte Zahnücke nach jeweils 60 Zähnen als Synchronisationsimpuls S für jeweils eine volle Umdrehung der Kurbelwelle 8 dient. Das Nockenwellensignal CAM hat zwei unterschiedliche Pegel, die zwei aufeinanderfolgenden Umdrehungen der Kurbelwelle zugeordnet sind. Das Nockenwellensignal CAM und das Kurbelwellensignal CRK mit seinen Synchronisationsimpulsen S erlauben eine eindeutige Zuordnung der Kurbelwellenstellung im Arbeitsspiel.

**[0018]** Das Nockenwellensignal kann auch andere Impuls- und Pegelformen aufweisen; es sollte jedoch gewährleistet sein, dass das Nockenwellensignal eine Unterteilung jedes Arbeitsspiels in zwei Segmente (à 360°) entsprechend zwei aufeinanderfolgenden Kurbelwellenumdrehungen (720°) erlaubt.

**[0019]** Bei normalem Betrieb der Brennkraftmaschine können daher mit Hilfe des Kurbelwellensignals und Nockenwellensignals die Einspritzventile 2 im üblichen sequentiellen Einspritzbetrieb angesteuert und betätigt werden. Beim Start ist jedoch die Kurbelwellenstellung und damit die Stellung der Kolben noch nicht bekannt, und es ist ggfs. auch noch keine Synchronisation zwischen der Nockenwelle und der Kurbelwelle vorhanden. Eine Einspritzung im sequentiellen Einspritzbetrieb ist daher nicht möglich.

**[0020]** Versuche haben nun gezeigt, dass eine Brenn-

kraftmaschine nach dem Abschalten im ausgekuppelten Zustand immer an diskreten Positionen Stehen bleibt. Bei einer Vierzylinder-Brennkraftmaschine sind dies genau vier Positionen über jeweils 760° der Kurbelwellendrehung. Für das verzahnte Geberrad des Kurbelwellensensors 4 ergeben sich hierbei beispielsweise immer die Positionen entweder 20 ( $\pm 7$ ) Zähne oder 50 ( $\pm 7$ ) Zähne vor einem Synchronisationsimpuls S. Der Winkelabstand zwischen diesen Positionen beträgt somit 180° ( $\pm 42^\circ$ ). Bei einer Sechszylinder-Brennkraftmaschine ergeben sich in entsprechender Weise als Positionen für das verzahnte Geberrad des Kurbelwellensensors z. B. 5 oder 25 oder 45 Zähne vor dem nächsten Synchronisationsimpuls S; der Winkelabstand zwischen den Positionen beträgt dann 120°. Generell gilt, dass die Anzahl der Stillstands-Winkelpositionen, an der eine Brennkraftmaschine Stehen bleibt, der Anzahl der Zylinder entspricht. Im übrigen hat sich gezeigt, dass mit größer werdender Zylinderzahl die Stillstands-Winkelpositionen immer diskreter werden.

**[0021]** Der oben geschilderte Sachverhalt wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren dazu ausgenutzt, eine optimale Strategie zum Abgeben von Vorab einspritzern während der Startphase zu entwickeln. Zur Erläuterung dieser Vorab einspritzstrategie sei zunächst auf Figur 2 Bezug genommen.

**[0022]** In der unteren Hälfte der Figur 2 sind neben dem Kurbelwellensignal CRK und dem Nockenwellensignal CAM die Drehzahl N der Brennkraftmaschine über der Zeit aufgetragen. In der oberen Hälfte der Figur 2 sind für die vier Zylinder 1 bis 4 der Vierzylinder-Brennkraftmaschine die Ansteuersignale IV1 - IV4 für die vier Einspritzventile über der Zeit aufgetragen, wobei die vier Vorab einspritzer I mit I1 - I4 bezeichnet sind. Außerdem sind die Ansteuersignale EV1 - EV4 für die vier Einlassventile über der Zeit aufgetragen, wobei die Öffnungsimpulse für die Öffnung der Einlassventile mit E1 - E4 bezeichnet sind. Außerdem sind in den beiden obersten Zeilen der Figur 2 die Impulse für den oberen Totpunkt (TDC1 - TDC4) der vier Zylinder bzw. den oberen Totpunkt (TDC1) des Zylinders 1 dargestellt.

**[0023]** Wie in Figur 2 in Zusammenhang mit der Drehzahl angedeutet, ist für den Start der Brennkraftmaschine eine Starterkennung E vorgesehen. Zu diesem Zeitpunkt ist das Nockenwellensignal CAM entweder hoch- oder niederpegelig, im Beispiel der Figur 2 niederpegelig. Damit können - z.B. wie bei dem eingangs beschriebenen Verfahren nach der EP 0 371 158 B1 - die Zylinder 1 bis 4 in zwei Gruppen unterteilt werden (im Beispiel der Figur 2 in eine erste Gruppe mit den Zylindern 3, 4 und einer zweiten Gruppe mit den Zylindern 1, 2). Außerdem ist hierdurch auch bekannt, ob die Brennkraftmaschine in den ersten beiden Stillstands-Winkelpositionen oder den zweiten beiden Stillstandspositionen stehengeblieben ist. Anders ausgedrückt, reduziert sich die Anzahl der unbekanntenen Stillstands-Winkelpositionen auf zwei.

**[0024]** Bei dem eingangs beschriebenen vorbekann-

ten Verfahren werden in vorgegebenem Winkelabstand zur Starterkennung E (beispielsweise nach acht erkannten und gültigen Zähnen des Kurbelwellensensors) die beiden Zylinder 3, 4 der ersten Zylindergruppe zeitgleich mit den Vorabeinspritzern versorgt, wie durch die Vorabeinspritzer I3' und I4 angedeutet ist. Hierbei würde jedoch der Vorabeinspritzer I3' kurz vor Schließen des zugehörigen Einlassventils EV3 abgegeben werden, was zu einer Überfettung des Kraftstoff-Luft-Gemischs und zum Ausstoß unverbrannten Kraftstoffs führen würde.

**[0025]** Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird daher nach der Starterkennung E nur derjenige Zylinder, dessen Einlassventil mit Sicherheit geschlossen oder überwiegend geschlossen ist, mit dem Vorabeinspritzer versorgt.; im Beispiel der Figur 2 ist dies der Zylinder 4 mit dem Vorabeinspritzer I4. Der Vorabeinspritzer I3' wird dagegen, wie durch eine gepunktete Linie P angedeutet, zu diesem Zeitpunkt nicht abgegeben.

**[0026]** Wie bereits erwähnt, ist zum Zeitpunkt der Abgabe des ersten Vorabeinspritzers I4 noch nicht bekannt, ob die Brennkraftmaschine an der ersten oder zweiten Stillstands-Winkelposition (z. B. 50 oder 20 Zähne vor dem ersten Synchronisationsimpuls S) stehengeblieben ist. Bei dem Beispiel der Figur 2 ist die Kurbelwelle 20 Zähne vor dem ersten Synchronisationsimpuls S stehengeblieben. Wenn daher nach 28 Zähnen ab Starterkennung E (also 20 Zähne nach dem ersten Vorabeinspritzer I4) bereits der erste Synchronisationsimpuls S aufgetreten ist (was im Beispiel der Figur 2 der Fall ist), so ist erkennbar, dass die Kurbelwelle 20 Zähne vor dem Synchronisationsimpuls S stehengeblieben war. Sobald der Synchronisationsimpuls S aufgetreten ist, ist die Brennkraftmaschine synchronisiert, und somit kann eine definierte Reihenfolge der nach dem Synchronisationsimpuls S erfolgenden Vorabeinspritzer von dem zentralen Steuergerät 1 bestimmt werden.

**[0027]** Wie sich dem Diagramm der Figur 2 entnehmen lässt, wird hierdurch erreicht, dass sämtliche Vorabeinspritzer I1 bis I4 vor dem Öffnen des zugehörigen Einlassventils E1 bis E4 oder zumindest zu Beginn des Öffnungsvorganges (Einlassventil EV4) abgesetzt werden. Somit können alle Vorabeinspritzer an der Verbrennung teilnehmen, so dass die Schadstoffemissionen durch unverbrannt ausgestoßenen Kraftstoff nicht größer als bei einem Start mit sequentiellen Einspritzbetrieb sind. Da eine Zündung in den vier Zylindern zum frühestmöglichen Zeitpunkt ermöglicht wird, erlaubt diese Vorabeinspritzstrategie einen Schnellstart der Brennkraftmaschine.

**[0028]** Das Diagramm der Figur 3 entspricht dem der Figur 2, abgesehen davon, dass zum Zeitpunkt der Starterkennung E das Nockenwellensignal CAM hochpegelig ist und die Brennkraftmaschine 50 ( $\pm 7$ ) Zähne des Kurbelwellensensors vor dem ersten Synchronisationsimpuls S stehengeblieben ist. Da zum Zeitpunkt der Starterkennung E das Nockenwellensignal CAM hoch-

pegelig ist, wird die erste Zylindergruppe von den Zylindern 1, 2 und die zweite Zylindergruppe von den Zylindern 3, 4 gebildet. In diesem Fall wird (nach acht erkannten und gültigen Zähnen des Kurbelwellensensors) nur der Zylinder 2 mit dem Vorabspritzer I2 versorgt, während der bei dem vorbekannten Verfahren vorgesehene Vorabeinspritzer I1' für den Zylinder 1 weggelassen wird. Da bei diesem Beispiel 28 Zähne nach der Starterkennung E noch kein Synchronisationsimpuls S aufgetreten ist, werden der nächste bzw. die nächsten Vorabeinspritzer mit vorgegebenem Winkelabstand zu der Winkelposition, an der der erste Vorabeinspritzer abgegeben wurde, abgegeben. Sobald der erste Synchronisationsimpuls S aufgetreten ist, kann die Reihenfolge der folgenden Vorabeinspritzer wieder von dem zentralen Steuergerät 1 im sequentiellen Einspritzbetrieb bestimmt werden.

## 20 Patentansprüche

1. Verfahren zum Einspritzen von Kraftstoff in eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine mit mindestens einem Einspritzventil (2) je Zylinder (7), einer Nockenwelle (5) zur Betätigung der Einlassventile (6), die mit der halben Drehzahl der Kurbelwelle (8) umläuft, einem Nockenwellensensor (9), der ein periodisches Nockenwellensignal (CAM) liefert, einem Kurbelwellensensor (4), der ein den Kurbelwellenwinkel darstellendes Kurbelwellensignal (CRK) mit einem Synchronisationsimpuls (S) je Kurbelwellenumdrehung liefert, und einem zentralen Steuergerät (1), das die Einspritzventile (2) so steuert, dass sie während einer Startphase je einen Kraftstoff-Vorabeinspritzer (I) pro Zylinder (7) und anschließend von dem Steuergerät (1) ermittelte Kraftstoffmengen im normalen sequentiellen Einspritzbetrieb einspritzen, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zentralen Steuergerät (1) eine der Zylinderanzahl entsprechende Anzahl Stillstands-Winkelpositionen der Kurbelwelle (8), an denen die Brennkraftmaschine (3) nach Abschalten im ausgekuppelten Zustand stehen bleiben kann, gespeichert werden, und dass während der Startphase die Zylinder (7) in Abhängigkeit von dem Nockenwellensignal (CAM) und den gespeicherten Stillstands-Winkelpositionen zeitlich nacheinander mit den Vorabeinspritzern (I) versorgt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Nockenwellensignal (CAM) eine Unterteilung jedes Arbeitsspiels in zwei Segmente (360°) entsprechend zwei aufeinanderfolgenden Kurbelwellenumdrehungen (720°) erlaubt und dass in Abhängigkeit von dem Nockenwellensignal (CAM) die Stillstands-Winkelpositionen in

zwei Gruppen unterteilt werden und diejenige Gruppe ermittelt wird, welche die aktuelle Stillstands-Winkelposition beinhaltet, an der die Brennkraftmaschine stehengeblieben ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Abhängigkeit von dem Nockenwellensignal (CAM) die Zylinder in eine erste und zweite Gruppe unterteilt werden und dass aus der ersten Zylindergruppe in Abhängigkeit von der ermittelten Gruppe der Stillstands-Winkelpositionen ein Zylinder ausgewählt wird, der als erster mit einem Vorabeinspritzer (I) versorgt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** derjenige Zylinder der ersten Zylindergruppe, dessen Einlassventil mit Sicherheit geschlossen oder zumindest überwiegend geschlossen ist, als erster mit einem Vorabeinspritzer versorgt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Winkelabstand zwischen der Kurbelwellen-Winkelposition, an der der erste Vorabeinspritzer (I) abgegeben wird, und der Winkelposition des ersten Synchronisationsimpulses (S) mit dem Winkelabstand zwischen zwei benachbarten gespeicherten Stillstands-Winkelpositionen verglichen wird und in Abhängigkeit von diesem Vergleich die Reihenfolge der nächsten Vorabeinspritzer (I) bestimmt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Auftreten des ersten Synchronisationsimpulses (S) die Reihenfolge der verbleibenden Vorabeinspritzer (I) im sequentiellen Betrieb bestimmt wird.

#### Claims

1. A method for injecting fuel into a multi-cylinder internal combustion engine, comprising at least one injection valve (2) per cylinder (7), a camshaft (5) for operating the inlet valves (6), which rotates at half the speed of the crankshaft (8), a camshaft sensor (9) supplying a periodic camshaft signal (CAM), a crankshaft sensor (4) supplying a crankshaft signal (CRK) representing the crankshaft angle containing a synchronization pulse (S) per crankshaft revolution, and a central control unit (1), which controls the injection valves (2) so that during a starting phase they each inject one fuel pilot injection (I) per cylinder (7), and then in the normal sequential injection mode they inject amounts of fuel determined by the control unit (1),

**characterized in that** a number of stationary angle positions of the crankshaft (8) at which the internal combustion engine (3) comes to a stop after switching off with the clutch disengaged, equal to the number of cylinders, can be saved in the central control unit (1),

and that during the starting phase, the cylinders (7) are supplied with the pilot injections (I) one after the other in time depending on the camshaft signal (CAM) and the saved stationary angle positions.

2. The method as claimed in claim 1, **characterized in that** the camshaft signal (CAM) enables every cycle to be divided into two segments (360°) corresponding to two consecutive crankshaft revolutions (720°), and that depending on the camshaft signal (CAM), the stationary angle positions are divided into two groups, and that the group comprising the current stationary angle position at which the internal combustion engine has stopped is determined.
3. The method as claimed in claim 2, **characterized in that**, depending on the camshaft signal (CAM), the cylinders are divided into a first and second group, and that, depending on the determined group of stationary angle positions, a cylinder is selected from the first cylinder group to be the first supplied with a pilot injection (I).
4. The method as claimed in claim 3, **characterized in that that** cylinder of the first cylinder group whose inlet valve is definitely closed or at least predominantly closed, is the first supplied with a pilot injection.
5. The method as claimed in claim 4, **characterized in that** the angle separation between the crankshaft angle position at which the first pilot injection (I) is discharged and the angle position of the first synchronization pulse (S) is compared with the angle separation between two adjacent saved stationary angle positions, and the sequence of the next pilot injections (I) determined as a function of this comparison.
6. The method as claimed in one of the previous claims, **characterized in that** after the first synchronization pulse (S) has occurred, the sequence of the remaining pilot injections (I) is defined in sequential mode.

#### Revendications

1. Procédé pour injecter du carburant dans un moteur à combustion interne à plusieurs cylindres, avec au moins une soupape d'injection (2) par cylindre (7),

un arbre à cames (5) pour actionner les soupapes d'admission (6), qui tourne à la moitié de la vitesse de rotation du vilebrequin (8),

un détecteur d'arbre à cames (9), qui produit un signal d'arbre à cames périodique (CAM),

un détecteur de vilebrequin (4), qui produit un signal de vilebrequin (CRK) représentant l'angle du vilebrequin avec une impulsion de synchronisation (S) par révolution du vilebrequin, et

un appareil central de commande (1), qui commande les soupapes d'injection (2) de telle façon qu'elles injectent chacune un jet de préinjection de carburant (I) par cylindre (7) pendant une phase de démarrage et qu'elles injectent ensuite des quantités de carburant déterminées par l'appareil de commande (1) pendant le fonctionnement d'injection séquentiel normal,

**caractérisé en ce qu'**un nombre de positions angulaires d'arrêt du vilebrequin (8), dans lesquelles le moteur à combustion interne (3) peut s'immobiliser après la coupure à l'état débrayé, est mémorisé dans l'appareil central de commande (1), et **en ce que**, pendant la phase de démarrage, les cylindres (7) sont alimentés l'un après l'autre dans le temps avec les jets de préinjection (I) en fonction du signal d'arbre à cames (CAM) et des positions angulaires d'arrêt mémorisées.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le signal d'arbre à cames (CAM) permet une subdivision de chaque cycle de fonctionnement en deux segments (360°) correspondant à deux révolutions successives du vilebrequin (720°) et **en ce que** les positions angulaires d'arrêt sont subdivisées en deux groupes en fonction du signal d'arbre à cames (CAM) et **en ce que** l'on détermine le groupe qui contient la position angulaire d'arrêt actuelle dans laquelle le moteur à combustion interne s'est immobilisé.

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les cylindres sont subdivisés en un premier et un second groupes de cylindres en fonction du signal d'arbre à cames (CAM) et **en ce que** l'on choisit dans le premier groupe de cylindres, en fonction du groupe déterminé des positions angulaires d'arrêt, un cylindre qui est alimenté en premier lieu avec un jet de préinjection (I).

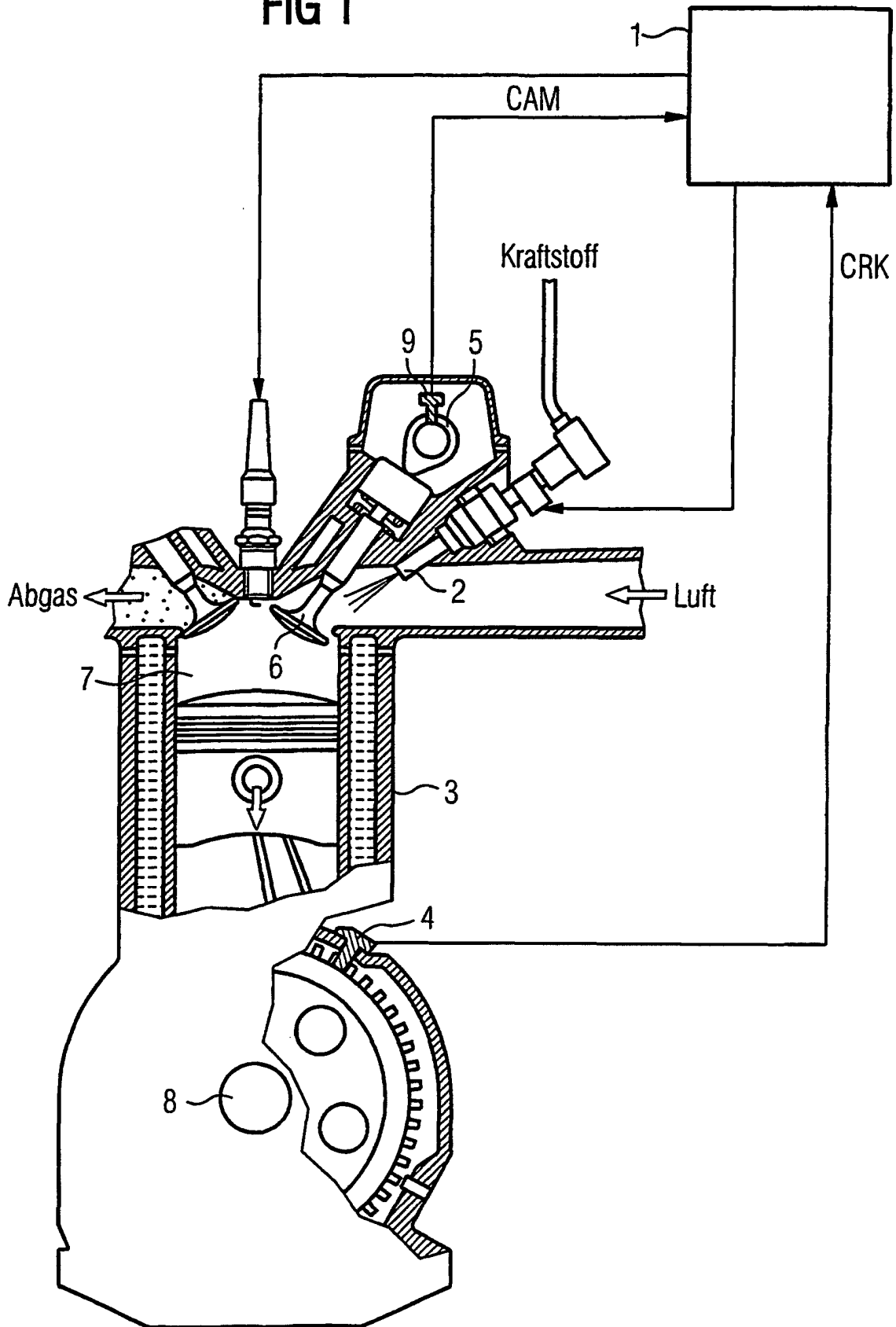
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le cylindre du premier groupe de cylindres, dont la soupape d'admission est avec certitude fermée ou au moins pratiquement fermée, est alimenté en premier lieu avec un jet de préinjection.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'écart angulaire entre la position angulaire du vilebrequin, dans laquelle le premier jet de préin-

jection (I) est activé, et la position angulaire de la première impulsion de synchronisation (S) est comparé à l'écart angulaire entre deux positions angulaires d'arrêt mémorisées voisines et **en ce que** l'ordre des jets de préinjection suivants (I) est déterminé en fonction de cette comparaison.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'ordre des jets de préinjection restants (I) est déterminé dans le fonctionnement séquentiel après l'apparition de la première impulsion de synchronisation (S).

FIG 1



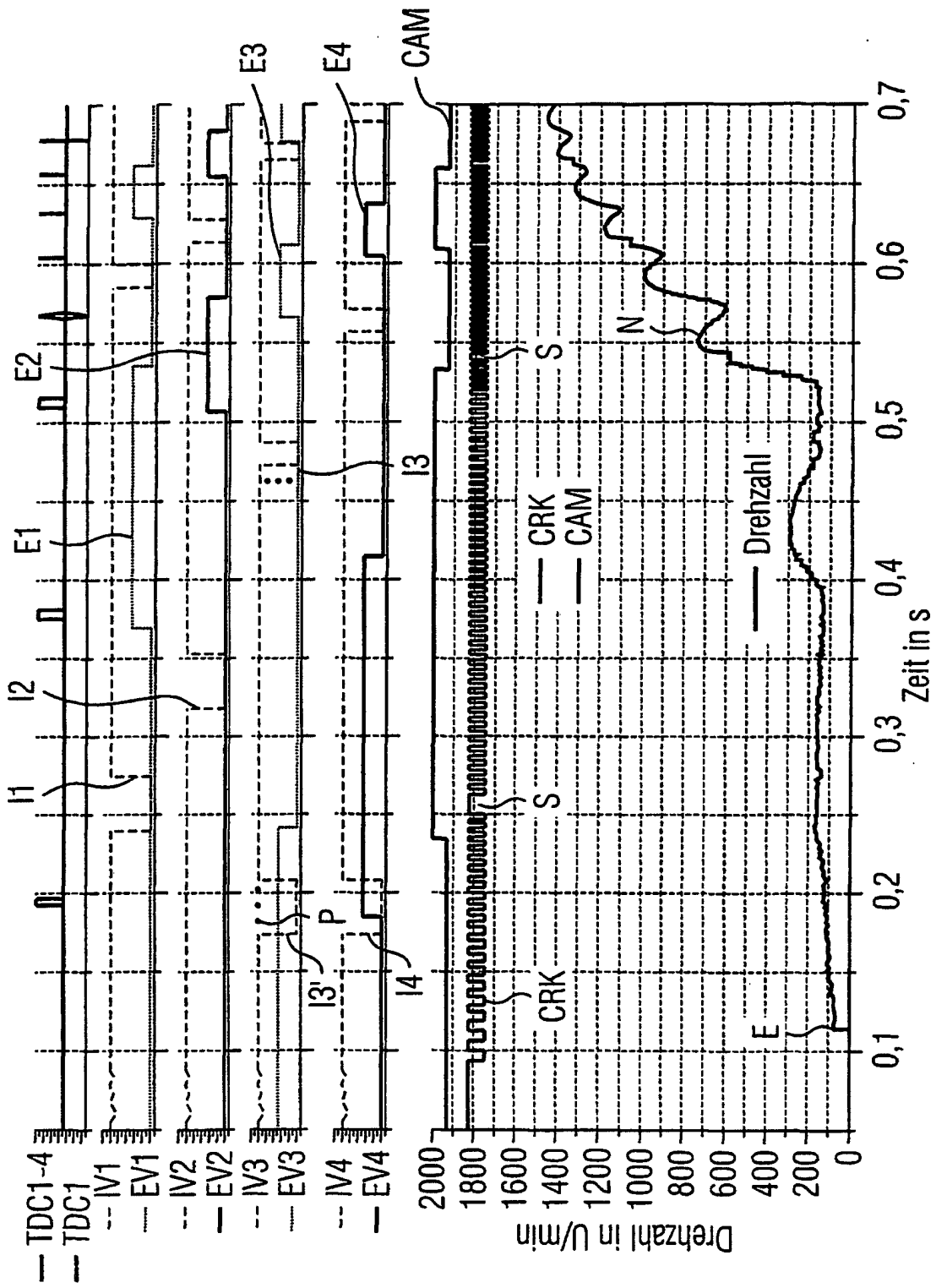


FIG 2

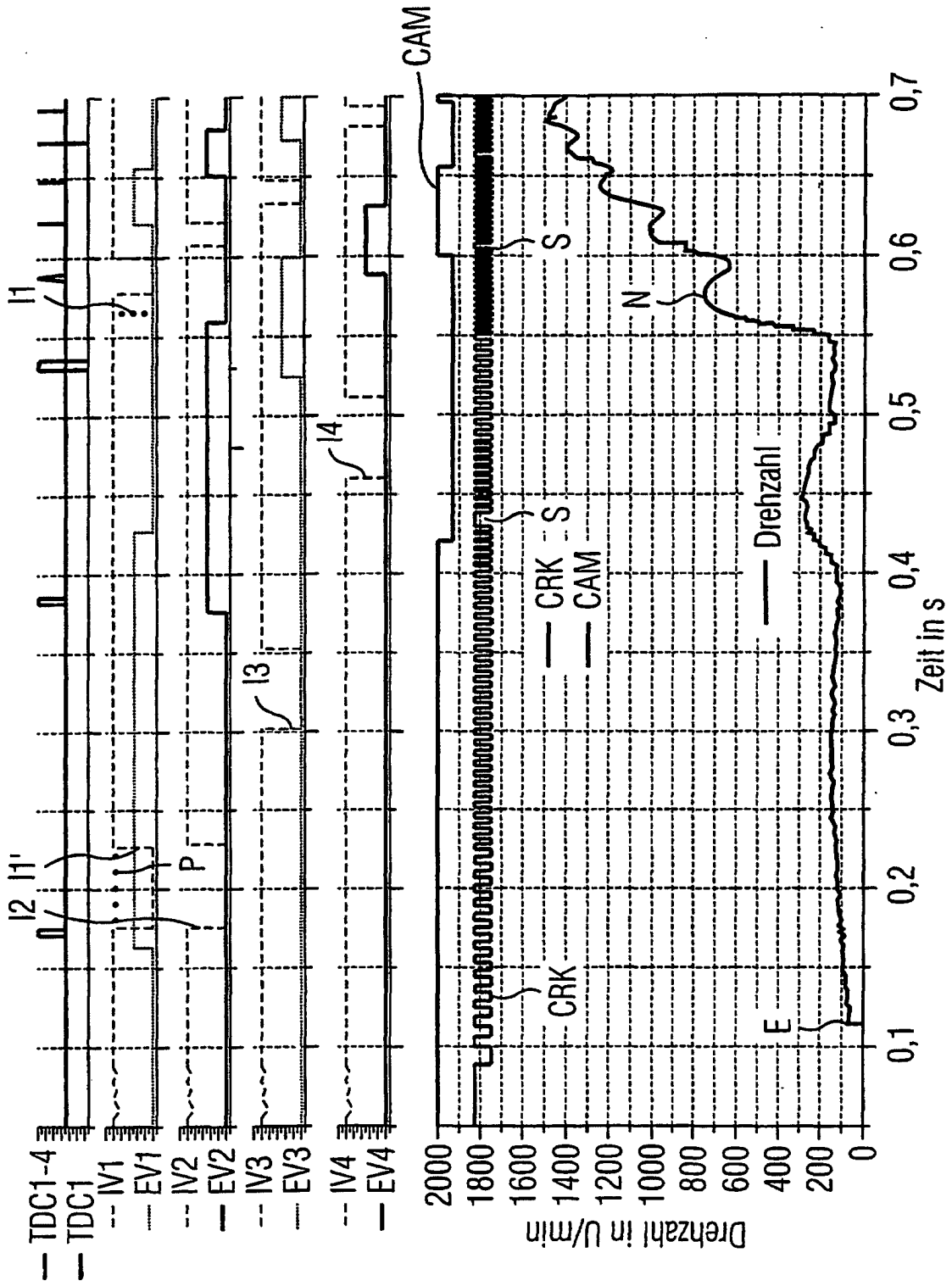


FIG 3