

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
23. Mai 2013 (23.05.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2013/072301 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

*F02D 41/00* (2006.01) *F02D 17/02* (2006.01)  
*F02D 13/02* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/072470

(22) Internationales Anmeldedatum:  
13. November 2012 (13.11.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2011 086 622.1  
18. November 2011 (18.11.2011) DE

(71) Anmelder: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**  
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: **ZHANG, Hong**; Spitzweg Straße 16, 93105  
Tegernheim (DE).

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,  
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,  
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,  
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,  
ZM, ZW.

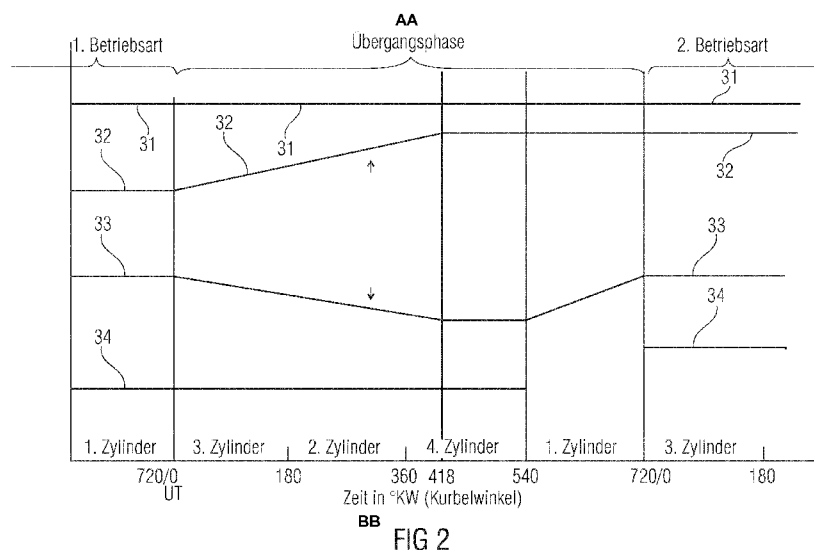
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,  
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,  
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

(54) Title: METHOD FOR SHUTTING OFF AND ACTIVATING A CYLINDER OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM ABSCHALTEN UND ZUM AKTIVIEREN EINES ZYLINDERS EINER  
BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a control device and a method for shutting off and/or activating a cylinder of an internal combustion engine that has a plurality of cylinders, this shutting off and activation of the cylinder being implemented in a substantially torque-neutral manner and substantially without increase in fuel consumption. It is preferred that no ignition retardation should be required.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Steuergerät und ein Verfahren zum Abschalten und/oder Aktivieren eines Zylinders einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern, wobei das Abschalten und das Aktivieren des Zylinders im Wesentlichen drehmomentneutral und im Wesentlichen ohne Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs realisiert wird. Vorzugsweise wird keine Spätverstellung der Zündung benötigt.

Betriebsart = Mode of operation  
Zylinder = Cylinder  
AA Transitional phase  
BB Time in °CA (crank angle)

## Beschreibung

Verfahren zum Abschalten und zum Aktivieren eines Zylinders einer Brennkraftmaschine

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abschalten eines Zylinders einer Brennkraftmaschine gemäß Patentanspruch 1, ein Verfahren zum Aktivieren eines abgeschalteten Zylinders einer Brennkraftmaschine gemäß Patentanspruch 7 und ein Steuergerät zur Ausführung der Verfahren gemäß Patentanspruch 12.

10

Im Stand der Technik sind aus DE 103 06 794 B4 ein Verfahren sowie ein Steuersystem zum Steuern eines Mehrzylinder-Verbrennungsmotors mit Zylinderabschaltung bekannt. Der Verbrennungsmotor arbeitet nach einem Viertaktzyklus und ist mit einer Zündzeitpunktsteuerung und einer Kraftstoffeinspritzung ausgebildet, wobei wenigstens ein abschaltbarer Zylinder und ein aktiv bleibender Zylinder vorgesehen sind, wobei jeder Zylinder einen Kolben, ein Auslassventil und wenigstens ein Einlassventil, und jeweils ein nockenwellenbetriebenes Stellglied für die Ein- und Auslassventile aufweist, sowie ein drosselklappengesteuertes Luftansaugsystem für die Zylinder vorgesehen ist. Bei einem Übergang von einer ersten Betriebsart, in der beide Zylinder aktiv sind, in eine zweite Betriebsart, in der der abschaltbare Zylinder abgeschaltet ist, werden folgende Schritte ausgeführt: das Schließen und das Öffnen des Einlassventils für den abschaltbaren Zylinder werden nach spät verstellt, so dass während des Übergangs das Öffnen und Schließen ungefähr gleich weit entfernt von einer oberen Totpunktlage des Kolbens sind, um Reibungs- und Pumpverluste zu minimieren; die Drosselklappenöffnung wird vergrößert, um das Drehmoment des aktiv bleibenden Zylinders zu erhöhen; der Nockenwellenantrieb für den aktiv bleibenden Zylinder wird nach früh verstellt, um das Drehmoment für den aktiv bleibenden Zylinder während des Übergangs zu erhöhen, während gleichzeitig der Nockenwellenantrieb und der Zündzeitpunkt für den abschaltbaren Zylinder nach spät verstellt werden, um das Drehmoment für den abschaltbaren Zylinder zu verringern, und das

15

20

25

30

35

Auslassventil, die Kraftstoffeinspritzdüse und der Zündfunke für den abschaltbaren Zylinder sodann abzuschalten.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein verbessertes  
5 Verfahren zum Abschalten eines Zylinders einer Brennkraftmaschine und ein verbessertes Verfahren zum Aktivieren eines abgeschalteten Zylinders einer Brennkraftmaschine bereitzustellen.

10 Die Aufgabe der Erfindung wird durch das Verfahren gemäß Patentanspruch 1, durch das Verfahren gemäß Patentanspruch 7 und durch das Steuergerät gemäß Patentanspruch 12 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

15 Ein Vorteil der beschriebenen Verfahren besteht darin, dass die Verfahren verbrauchsoptimiert und schadstoffoptimiert sind. Dies wird durch die Vermeidung einer Spätverstellung der Zündung und durch eine geschickte Anpassung der Öffnungszeiten der  
20 Einlassventile erreicht.

In einer weiteren Ausführungsform werden die Öffnungszeiten der Einlassventile über eine Verstellung einer Nockenwelle erreicht, die die Einlassventile betätigt. Dadurch wird eine einfache und  
25 sichere Technik zur Erreichung präziser Öffnungszeiten der Einlassventile eingesetzt.

In einer weiteren Ausführungsform werden zur Anpassung der angesaugten und verdichteten Luftmenge die Schließzeiten der  
30 Einlassventile variiert. Damit wird ein einfaches Verfahren gewählt, um die verdichtete Luftmenge präzise festzulegen.

In einer weiteren Ausführungsform wird die Nockenwelle während einer fiktiven Ansaugphase des abgeschalteten Zylinders von  
35 einer Spätposition in Richtung früh in eine Normalposition verstellt. Da die Verstellung der Nockenwelle während der fiktiven Ansaugphase des abgeschalteten Zylinders erfolgt, sind die Auswirkungen auf die Verbrennungen der aktiven Zylinder

gering, so dass weder eine ungewünschte Drehmomentschwankung noch eine Verschlechterung der Abgase verursacht wird.

Vorzugsweise wird die Abschaltung des Zylinders erst nach einem  
5 weiteren Motorzyklus des abzuschaltenden Zylinders durchgeführt. Auf diese Weise steht ausreichend Zeit für die Anpassung des Drucks im Ansaugbereich und die entsprechende Einstellung der Öffnungszeiten der Einlassventile der aktiven Zylinder zur Verfügung. Zudem kann die Rückstellung der Nockenwelle in  
10 Richtung auf eine Normalposition während der ersten nicht aktiven Ansaugphase des abgeschalteten Zylinders durchgeführt werden.

Das Verfahren zum Aktivieren des abgeschalteten Zylinders weist den Vorteil auf, dass die Aktivierung kraftstoffsparend und ohne  
15 erhöhte Abgase erreicht wird. Dies wird dadurch erreicht, dass der Druck im Ansaugbereich der Zylinder an einen niedrigeren Zieldruck angepasst wird, wobei die Öffnungszeiten der Einlassventile der aktiven Zylinder in der Weise angepasst werden, dass der Einfluss der Änderung des Drucks im  
20 Ansaugbereich in Bezug auf die verdichtete Luftmasse ausgeglichen wird, bevor der zu aktivierende Zylinder wieder aktiviert wird. Vor dem Aktivieren des Zylinders wird der gewünschte Zieldruck erreicht.

25 In einer Ausführungsform werden die Einlassventile über eine Nockenwelle betätigt, wobei die Öffnungszeiten der Einlassventile über eine Verstellung der Nockenwelle eingestellt werden. Vor dem Aktivieren des abgeschalteten Zylinders wird die Nockenwelle in der Weise verstellt, dass der Einfluss des sich  
30 ändernden Drucks im Ansaugbereich auf die verdichtete Luftmenge des jeweiligen Zylinders ausgeglichen wird.

Vorzugsweise werden die Schließzeiten der Einlassventile zur Anpassung der verdichteten Luftmenge variiert.

35

In einer weiteren Ausführungsform wird die Verstellung der Nockenwelle während einer fiktiven Ansaugphase des abgeschalteten Zylinders gestartet. Zum Ausgleich der Druckänderung im

Ansaugbereich wird vorzugsweise die Nockenwelle ausgehend von einer Normalposition in Richtung ein spätes Schließen der Einlassventile und wieder zurück in Richtung der Normalposition verstellt, um die von den einzelnen Zylindern verdichtete  
5 Luftmasse entsprechend dem gewünschten Drehmoment anzupassen.

Vorzugsweise wird die Anpassung des Drucks im Ansaugbereich bei einem Abschalten oder Aktivieren eines Zylinders innerhalb eines Motorzyklus erreicht.

10

Die Erfindung wird in Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer  
15 Brennkraftmaschine,

Figur 2 ein Diagramm über das Drehmoment, den Saugrohrdruck, die Nockenwellenverstellung und die im Zylinder angesaugte Luftmasse während einer Zylinder-  
20 abschaltung, und

Figur 3 ein Diagramm über das Drehmoment, den Saugrohrdruck, die Nockenwellenverstellung, die angesaugte Luftmasse im Zylinder für eine Zylinderaktivierung.  
25

Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung einen Teilausschnitt einer Brennkraftmaschine 25 mit einem Zylinder 1, mit einem im Zylinder 1 beweglichen Kolben 2, der über eine Pleuelstange 3 mit einer Kurbelwelle 4 verbunden ist. Oberhalb  
30 des Kolbens 2 ist ein Brennraum 5 im Zylinder 1 ausgebildet, der über ein Einlassventil 6 mit einem Ansaugbereich 7 in Verbindung steht. Weiterhin ist im Ansaugbereich 7 eine Drosselklappe 8 vorgesehen, die mit einem Stellmotor 9 in Verbindung steht. Der Stellmotor 9 steht über eine Steuerleitung 10 mit einem  
35 Steuergerät 11 in Verbindung. Abhängig von der Ansteuerung durch das Steuergerät 11 stellt der Stellmotor 9 eine entsprechende Position der Drosselklappe 8 ein und steuert damit den Zustrom von Luft in den Ansaugbereich 7. Zudem kann durch die

entsprechende Einstellung der Drosselklappe 8 der Druck im Ansaugbereich 7 variiert werden. Zudem ist ein Einspritzventil 12 vorgesehen, das entweder, wie dargestellt, in den Ansaugbereich 7 Kraftstoff einspritzt oder direkt in den  
5 Brennraum 5 Kraftstoff einspritzt.

Weiterhin ist eine Zündkerze 13 vorgesehen, die in den Brennraum 5 ragt. Das Einlassventil 6 wird über eine Nockenwelle 14 als Ventilantrieb angesteuert. Die Nockenwelle 14 ist in der Weise  
10 ausgebildet, dass die Phase der Nockenwelle, d. h. die Drehposition der Nockenwelle variiert werden kann, um Öffnungszeiten des Einlassventils 6 unabhängig von der Form der Nockenwelle 14 zu variieren. Dazu ist eine entsprechende  
15 Phasensteuerung 15 vorgesehen, die mit der Nockenwelle 14 in Verbindung steht. Die Phasensteuerung 15 ist über eine weitere Steuerleitung 16 mit dem Steuergerät 11 verbunden. Zudem verfügt das Steuergerät 11 über weitere Steuerleitungen, mit denen die Einspritzung durch das Einspritzventil 12 und die Zündung durch die Zündkerze 13 gesteuert werden.

20 Zur Deaktivierung eines Zylinders ist beispielsweise zwischen der phasenverstellbaren Nockenwelle 14 und dem Einlassventil 6 des ersten Zylinders 1 ein Übertragungselement vorgesehen, das deaktiviert werden kann. Dies kann beispielsweise ein  
25 Übertragungshebel und/oder eine Druckkammer mit bewegbarem Kolben sein, wobei die Position des Hebels in der Weise verändert werden kann, dass keine Krafteinwirkung zwischen der Nockenwelle und dem Einlassventil bzw. keine Krafteinwirkung zwischen der Nockenwelle und der Druckkammer erfolgen kann. Dazu wird der  
30 Druck in der Druckkammer über ein Pumpen-/ Ventilsystem variiert.

Im Zylinderkopf des Zylinders 1 ist weiterhin ein Auslassventil 18 vorgesehen, über das der Brennraum 5 mit einem Abgastrakt 19 verbunden werden kann. Zur Betätigung des Auslassventils 18 ist  
35 eine zweite Nockenwelle 20 vorgesehen, die vorzugsweise mit Hilfe der Phasensteuerung 15 auch in der Phase variabel ausgebildet ist. Abhängig von der gewählten Ausführungsform kann die zweite

Nockenwelle 20 auch ohne variable Phasensteuerung ausgebildet sein.

In der Figur 1 sind schematisch in Form von Blöcken ein zweiter,  
5 ein dritter und ein vierter Zylinder 22, 23, 24 dargestellt, die analog zum ersten Zylinder 1 ausgebildet sind und mit Einlassventilen mit dem Ansaugbereich 7 und Auslassventilen mit dem Abgastrakt 19 in Verbindung stehen. Die Einlassventile der weiteren Zylinder 22, 23, 24 sind ebenfalls durch die Nockenwelle  
10 14 ansteuerbar. Die Auslassventile der weiteren Zylinder 22, 23, 24 sind über die zweite Nockenwelle 20 ansteuerbar. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Drosselklappe 8 vor den Ansaugbereichen der Zylinder 1, 22, 23, 24 angeordnet und kann zur Einstellung des Drucks im Ansaugbereich der Zylinder 1, 22,  
15 23, 24 angeordnet werden.

Anstelle der Ansteuerung der Einlassventile mit Hilfe einer phasenverstellbaren Nockenwelle kann auch jede Art von Ventiltrieb verwendet werden, mit dem die Öffnungszeiten der  
20 Einlassventile, insbesondere die Schließzeiten der Einlassventile, variiert werden können. Beispielsweise kann ein elektromagnetischer Ventiltrieb oder ein hydraulischer, insbesondere von einer Nockenwelle betätigter hydraulischer Ventiltrieb für die Einlassventile verwendet werden. Die  
25 Steuerung der Öffnungszeiten der Einlassventile wird vom Steuergerät 11 abhängig von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine 25 und einem Fahrerwunsch berechnet und eingestellt.

30 Die Brennkraftmaschine 25 kann in einer ersten Betriebsart betrieben werden, in der alle Zylinder 1, 22, 23, 24 aktiv sind, Kraftstoff verbrennen und Drehmoment abgeben. Weiterhin kann die Brennkraftmaschine 25 in einer zweiten Betriebsart betrieben werden, bei der wenigstens einer der Zylinder abgeschaltet ist  
35 und keine Verbrennung von Kraftstoff durchführt. Die Abschaltung eines Zylinders hat den Vorteil, dass weniger Kraftstoff verbraucht wird. Die zweite Betriebsart kann eingesetzt werden, wenn die Brennkraftmaschine 25 auch ohne den abgeschalteten

Zylinder in der Lage ist, das vom Fahrer gewünschte Drehmoment bereitzustellen. Zudem steigt der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine 25, wenn Drosselverluste der angesaugten Luft im Ansaugbereich der Brennkraftmaschine gering sind, d. h. wenn der Motor mit einer hohen Last arbeitet. Nach einem Abschalten eines Zylinders wird bei gleichen Bedingungen der Druck im Ansaugbereich erhöht, so dass die Drosselverluste am Lufteinlass geringer sind.

Im Folgenden wird ein Verfahren beschrieben, bei dem der Übergang von der ersten Betriebsart in die zweite Betriebsart und zurück verbrauchsoptimiert und abgasoptimiert durchgeführt wird. Zudem wird mit Hilfe des beschriebenen Verfahrens eine drehmomentneutrale Änderung der Betriebsarten ermöglicht.

Figur 2 zeigt in einem schematischen Diagramm die Ansaugtakte der vier Zylinder, 1, 22, 23, 24 aufgetragen über den Kurbelwellenwinkel KW. Der Kurbelwellenwinkel ist für einen Motorzyklus von  $0^\circ$  bis  $720^\circ$  Kurbelwellenwinkel eingeteilt. Innerhalb der  $720^\circ$  Kurbelwellenwinkel durchläuft ein Zylinder alle vier Takte des Viertaktmotors. Zudem ist das Drehmoment 31, der Ansaugdruck 32, die Position der Nockenwelle 33 und die im jeweiligen Zylinder verdichtete Luftmasse 34 über den Kurbelwellenwinkel KW aufgetragen. In Figur 2 ist in dem Bereich vor  $0^\circ$  Kurbelwellenwinkel der Ansaugtakt des ersten Zylinders dargestellt. Nach  $0^\circ$  Kurbelwellenwinkel beginnt der Ansaugtakt des dritten Zylinders, der bis  $180^\circ$  Kurbelwellenwinkel reicht. Zwischen  $180^\circ$  Kurbelwellenwinkel und  $360^\circ$  Kurbelwellenwinkel ist der Ansaugtakt des zweiten Zylinders. Zwischen  $360^\circ$  Kurbelwellenwinkel und  $540^\circ$  Kurbelwellenwinkel ist der Ansaugtakt des vierten Zylinders. Zwischen  $540^\circ$  Kurbelwellenwinkel und  $720^\circ$  Kurbelwellenwinkel ist der fiktive Ansaugtakt des deaktivierten ersten Zylinders. Ab dem Kurbelwellenwinkel von  $720^\circ$  beginnt wieder ein neuer Motorzyklus mit dem Ansaugtakt des dritten Zylinders, der wieder bis  $180^\circ$  Kurbelwellenwinkel reicht. Das Diagramm gibt vor dem Zeitpunkt vor  $0^\circ$  KW die Situation wieder, bei der sich die Brennkraftmaschine 25 in der ersten Betriebsart befindet, bei der alle Zylinder aktiv sind. Erfolgt nun abhängig

von vorgegebenen Grenzwerten eine Entscheidung des Steuergeräts 11, die Brennkraftmaschine 25 mit einer reduzierten Anzahl von Zylindern zu betreiben, d. h. den ersten Zylinder 1 abzuschalten, so wird vorzugsweise ein folgender weiterer Ansaugtakt des  
5 abzuschaltenden ersten Zylinders, in diesem Fall des ersten Zylinders 1, ohne Änderungen durchgeführt. Dieser weitere Ansaugtakt entspricht dem Bereich von  $180^\circ$  KW vor  $0^\circ$  KW.

Nach dem Schließen des Einlassventils des ersten Zylinders 1  
10 beginnt die Übergangsphase. In dem beschriebenen Beispiel dauert die Übergangsphase  $720^\circ$  KW, d. h. einen Motorzyklus. In dem dargestellten Diagramm entspricht der Beginn der Übergangsphase dem Kurbelwellenwinkel  $0^\circ$ . Ab  $0^\circ$  KW wird der Druck 32 im Ansaugbereich 7 durch eine Veränderung der Stellung der  
15 Drosselklappe 8 in Richtung auf einen Zieldruck verändert. Der Zieldruck entspricht einem Druck im Ansaugbereich, mit dem bei unveränderten Bedingungen das gleiche Drehmoment von drei Zylindern der Brennkraftmaschine bereitgestellt wird. Dazu wird der Druck 32 in Richtung auf den Zieldruck erhöht. Die Erhöhung  
20 auf den Zieldruck sollte spätestens dann abgeschlossen sein, wenn ein auf den abgeschalteten ersten Zylinder folgender Zylinder mit der Ansaugphase beginnt. In unserem Beispiel ist dies zum Zeitpunkt von  $720^\circ$  Kurbelwellenwinkel. Vorzugsweise ist zumindest die Anpassung des Drucks 32 bereits abgeschlossen bevor  
25 wieder der abgeschaltete erste Zylinder einen fiktiven Ansaugtakt durchläuft. In unserem Ausführungsbeispiel ist dies bei ungefähr  $540^\circ$  Kurbelwellenwinkel. Die Übergangsphase startet bei  $0^\circ$  Kurbelwellenwinkel, wobei vom Steuergerät 11 sowohl der Ansaugdruck 32 angehoben wird als auch die Position der  
30 Nockenwelle 33 von einer Normalposition in Richtung auf ein spätes Schließen der Einlassventile verschoben wird. Ziel dieser Anpassung ist es zum einen, den Druck 32 im Ansaugbereich anzuheben und zum anderen, die von den einzelnen Zylindern verdichtete Luftmasse 34 konstant zu halten.

35 In dem beschriebenen Beispiel wird beim Kurbelwellenwinkel  $418^\circ$  der Zieldruck erreicht. Zudem wird vorzugsweise nach Erreichen des Zieldrucks keine weitere Spätverstellung der Nockenwelle

mehr vorgenommen. Dies ist möglich, da die Verstellung der Nockenwelle schneller erfolgen kann als die Anpassung des Drucks 32. Bei  $418^\circ$  Kurbelwellenwinkel befindet sich der vierte Zylinder 24 im Ansaugtakt. Der erste Zylinder 1 ist über eine entsprechende Ansteuerung deaktiviert, so dass spätestens ab einem Kurbelwellenwinkel von  $540^\circ$ , bei dem der nächste Ansaugtakt des ersten Zylinders 1 wäre, der erste Zylinder 1 keine Ansaugung mehr durchführt. Vorzugsweise ist auch das Auslassventil des ersten Zylinders 1 deaktiviert.

10 Während des fiktiven Ansaugtaktes des ersten Zylinders 1, der im Bereich von  $540^\circ$  Kurbelwellenwinkel (KW) und  $720^\circ$  Kurbelwellenwinkel liegt, wird die Nockenwelle in Richtung auf eine Normalposition zurückgestellt. In diesem Zeitraum ist kein  
15 anderes Einlassventil der Brennkraftmaschine geöffnet. Somit kann die Zurückstellung der Nockenwelle ohne Einfluss auf eine Ansaugphase eines Zylinders erfolgen. Anschließend entsprechen sowohl der Ansaugdruck 32 als auch die komprimierte Luftmasse 34 den Werten, die für das gewünschte Drehmoment erforderlich sind.  
20 Somit ist die Übergangsphase spätestens bei dem Kurbelwellenwinkel  $720^\circ$  beendet, bei dem ein Ansaugtakt des auf den abgeschalteten ersten Zylinder folgenden dritten Zylinder beginnt. Damit nur drei Zylinder das gleiche Drehmoment wie vier Zylinder erzeugen, wird durch einen höheren Druck 32 im  
25 Ansaugbereich von jedem der aktiven Zylinder eine größere Luftmasse verdichtet. Zudem wird in entsprechender Weise die eingespritzte Kraftstoffmenge vom Steuergerät über eine entsprechende Ansteuerung der Einspritzventile angepasst. Damit beginnt ab dem Kurbelwellenwinkel  $720^\circ$  die zweite Betriebsart der  
30 Brennkraftmaschine 25, bei der nur drei Zylinder an der Verbrennung und Erzeugung von Drehmoment teilnehmen. Abhängig von der gewählten Ausführungsform können mit dem beschriebenen Verfahren auch mehr als ein Zylinder abgeschaltet werden. Zudem kann das Verfahren auch auf Brennkraftmaschinen mit mehr oder  
35 weniger als vier Zylindern angewendet werden. Das anhand von Figur 2 beschriebene Verfahren entspricht der Situation, dass sich das vom Fahrer gewünschte Drehmoment nicht ändert und sich auch keine

weiteren Betriebsparameter der Brennkraftmaschine ändern, die zu einer Änderung des Drehmoments führen könnten.

5 Abhängig von der gewählten Ausführungsform kann der Zeitpunkt, zu dem im Ansaugbereich der Zieldruck anliegt und die Nockenwelle die Normalposition wieder erreicht, vorzugsweise vor dem Ansaugtakt des Zylinders erreicht werden, der auf den abgeschalteten Zylinder folgt.

10 Figur 3 zeigt anhand eines weiteren Diagramms ein Verfahren zur Aktivierung eines abgeschalteten ersten Zylinders 1. In dem Diagramm sind über den Kurbelwellenwinkel KW das Drehmoment 31 der Brennkraftmaschine, der Ansaugdruck 32 im Ansaugbereich 7, die Position 33 der Nockenwelle und die pro Zylinder verdichtete  
15 Luftmasse 34 dargestellt. In Figur 3 ist vor 0° Kurbelwellenwinkel die Ansaugphase des vierten Zylinders dargestellt. Zwischen 0° und 180° Kurbelwellenwinkel ist der Ansaugtakt des ersten Zylinders, zwischen 180° Kurbelwellenwinkel und 360° Kurbelwellenwinkel ist der Ansaugtakt des dritten Zylinders,  
20 zwischen 360° Kurbelwellenwinkel und 540° Kurbelwellenwinkel ist der Ansaugtakt des zweiten Zylinders, und zwischen 540° Kurbelwellenwinkel und 720° Kurbelwellenwinkel ist der Ansaugtakt des vierten Zylinders dargestellt. Ab dem Kurbelwellenwinkel 720° beginnt ein neuer Motorzyklus. Die  
25 Brennkraftmaschine 25 befindet sich bei 0°KW in der zweiten Betriebsart, in der der erste Zylinder 1 abgeschaltet ist und nicht an der Verbrennung teilnimmt. Zudem sind die Ansaugtakte der Zylinder unter Nennung der Zylinder angegeben.

30 Entscheidet nun das Steuergerät abhängig von vorgegebenen Parametern beispielsweise während eines Ansaugtaktes des vierten Zylinders 24, dass der erste Zylinder 1 wieder aktiviert werden soll, so wird der Druck 32 im Ansaugbereich 7, d. h. der Ansaugdruck, durch eine entsprechende Veränderung der Position  
35 der Drosselklappe 8 in Richtung auf einen neuen Zieldruck gesenkt. Die Änderung der Drosselklappenstellung erfolgt vorzugsweise sofort nach der Entscheidung, den ersten Zylinder wieder zu aktivieren, beispielsweise bei 0° Kurbelwellenwinkel.

Damit beginnt die Übergangsphase bei  $0^\circ$  Kurbelwellenwinkel. Da jedoch der folgende Ansaugtakt dem ersten, deaktivierten Zylinder 1 zugeordnet ist, ändert sich dadurch nicht sofort der Ansaugdruck. Erst mit Beginn des Ansaugtakts des dritten  
5 Zylinders 23 ab dem Kurbelwellenwinkel  $180^\circ$  sinkt durch das Ansaugen des dritten Zylinders 23 der Saugrohrdruck 32.

Zudem wird vorzugsweise ab dem fiktiven Ansaugtakt des abgeschalteten ersten Zylinders, d. h. zum Zeitpunkt  $0^\circ$  Kurbelwellenwinkel eine Spätverstellung der Nockenwelle 14 vorgenommen. Dies ist vorteilhaft, um die von den Zylindern angesaugte und verdichtete Luftmasse 34 an den Zieldruck anzupassen. Abhängig von der Änderung des Ansaugdrucks 32 kann es erforderlich sein, während der Übergangsphase die Position 33 der  
15 Nockenwelle 14 der Einlassventile 6 wieder in die Normalposition zurück zu führen. Dies ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel zwischen dem Kurbelwellenwinkel  $360^\circ$  und  $560^\circ$  der Fall. Wichtig ist, dass der Übergangsbereich, d. h. die Anpassung des Drucks 32 (Saugrohrdruck) im Ansaugbereich an den  
20 Zieldruck vor dem ersten aktiven Ansaugtakt des wieder aktivierten ersten Zylinders 1 erreicht wird. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Übergangsphase bei Kurbelwellenwinkel  $680^\circ$  abgeschlossen.

25 Ab  $720^\circ$  KW beginnt die erste Betriebsart. Ab dem Kurbelwellenwinkel  $720^\circ$  bzw.  $0^\circ$  beginnt der erste Ansaugtakt des neu eingeschalteten ersten Zylinders 1.

## Patetansprüche

1. Verfahren zum Abschalten eines Zylinders einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern,
  - 5       - wobei zur Vorbereitung einer Abschaltung eines Zylinders ein Druck im Ansaugbereich der Zylinder an einen höheren Zieldruck angepasst wird, wobei der Zieldruck einem Druck entspricht, der nach dem Abschalten des Zylinders im Ansaugbereich herrschen soll, um eine gewünschte Luftmasse zu verdichten, um ein gewünschtes Drehmoment abgeben zu können,
  - 10       - wobei während der Anpassung des Druckes im Ansaugbereich eine Verstellung der Öffnungszeiten der Einlassventile der Zylinder in der Weise vorgenommen wird, dass die dem gewünschten Drehmoment entsprechende Luftmasse in den Zylindern angesaugt und verdichtet wird, und
  - 15       - wobei nach Erreichen des Zieldruckes ein Zylinder abgeschaltet wird,
  - 20       - wobei nach dem Abschalten des Zylinder die Öffnungszeiten der Einlassventile der anderen Zylinder in der Weise eingestellt werden, dass das gewünschte Drehmoment abgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Einlassventile über
  - 25       eine verstellbare Nockenwelle betätigt werden, wobei die Öffnungszeiten der Einlassventile über eine Verstellung der Nockenwelle eingestellt wird, und wobei während einer fiktiven Ansaugphase des abgeschalteten Zylinders die Position der Nockenwelle in der Weise angepasst wird, dass
  - 30       die Öffnungszeiten der Einlassventile der aktiven Zylinder so eingestellt werden, dass die zur Abgabe des gewünschten Drehmomentes benötigte Luftmenge angesaugt und verdichtet wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
  - 35       zur Festlegung der Öffnungszeiten der Einlassventile Schließzeiten der Einlassventile variiert werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Nockenwelle ausgehend von einer Normalposition in Richtung spätes Schließen der Einlassventile verstellt wird, während der Saugrohrdruck an den Zieldruck angehoben wird.
- 5
5. Verfahren nach den Ansprüchen 2 und 3, wobei die Nockenwelle von einer späten Schließposition der Einlassventile während der fiktiven Ansaugphase des abgeschalteten Zylinders in Richtung einer früheren Normalposition verstellt wird.
- 10
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei nach dem Abschalten des Zylinders eine erhöhte Luftmasse in den Zylindern bei gleich bleibendem Drehmoment verdichtet wird.
- 15
7. Verfahren zum Aktivieren eines abgeschalteten Zylinders einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern,
- 20
- wobei zur Vorbereitung einer Aktivierung des abgeschalteten Zylinders ein Druck im Ansaugbereich der Zylinder an einen niedrigeren Zieldruck angepasst wird, wobei der Zieldruck einem Druck entspricht, der nach dem Aktivieren des Zylinders im Ansaugbereich herrschen soll, um eine
- 25
- gewünschte Luftmasse anzusaugen und zu verdichten, um ein gewünschtes Drehmoment abgeben zu können,
- wobei während der Anpassung des Druckes eine Verstellung der Öffnungszeiten der Einlassventile der aktiven Zylinder in der Weise vorgenommen wird, dass die dem gewünschten
- 30
- Drehmoment entsprechende Luftmasse in den Zylindern verdichtet wird,
- wobei vor dem Aktivieren des abgeschalteten Zylinders die Öffnungszeiten der Einlassventile der aktiven Zylinder in der Weise eingestellt werden, dass das gewünschte
- 35
- Drehmoment abgegeben wird, und
- wobei nach Erreichen des Zieldruckes der abgeschaltete Zylinder aktiviert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Einlassventile über eine verstellbare Nockenwelle betätigt werden, wobei die Öffnungszeiten der Einlassventile über eine Verstellung der Nockenwelle eingestellt wird, und wobei vor dem
- 5 Aktivieren des abgeschalteten Zylinders die Position der Nockenwelle in der Weise angepasst wird, dass die Öffnungszeiten der Einlassventile der aktiven Zylinder so eingestellt werden, dass die zur Abgabe des gewünschten Drehmomentes benötigte Luftmenge angesaugt und verdichtet
- 10 wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, wobei zur Festlegung der Öffnungszeiten der Einlassventile Schließzeiten der Einlassventile variiert werden.
- 15
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei die Nockenwelle ausgehend von einer Normalposition in Richtung spätes Schließen der Einlassventile und anschließend zurück in Richtung Normalposition verstellt wird, während
- 20 der Saugrohrdruck an den Zieldruck gesenkt wird, um die verdichtete Luftmasse entsprechend dem gewünschten Drehmoment trotz Änderung des Drucks im Ansaugbereich zu erhalten.
- 25
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei nach dem Aktivieren des abgeschalteten Zylinders eine reduzierte Luftmasse in den Zylindern bei gleich bleibendem Drehmoment verdichtet wird.
- 30
12. Steuergerät, das ausgebildet ist, um ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

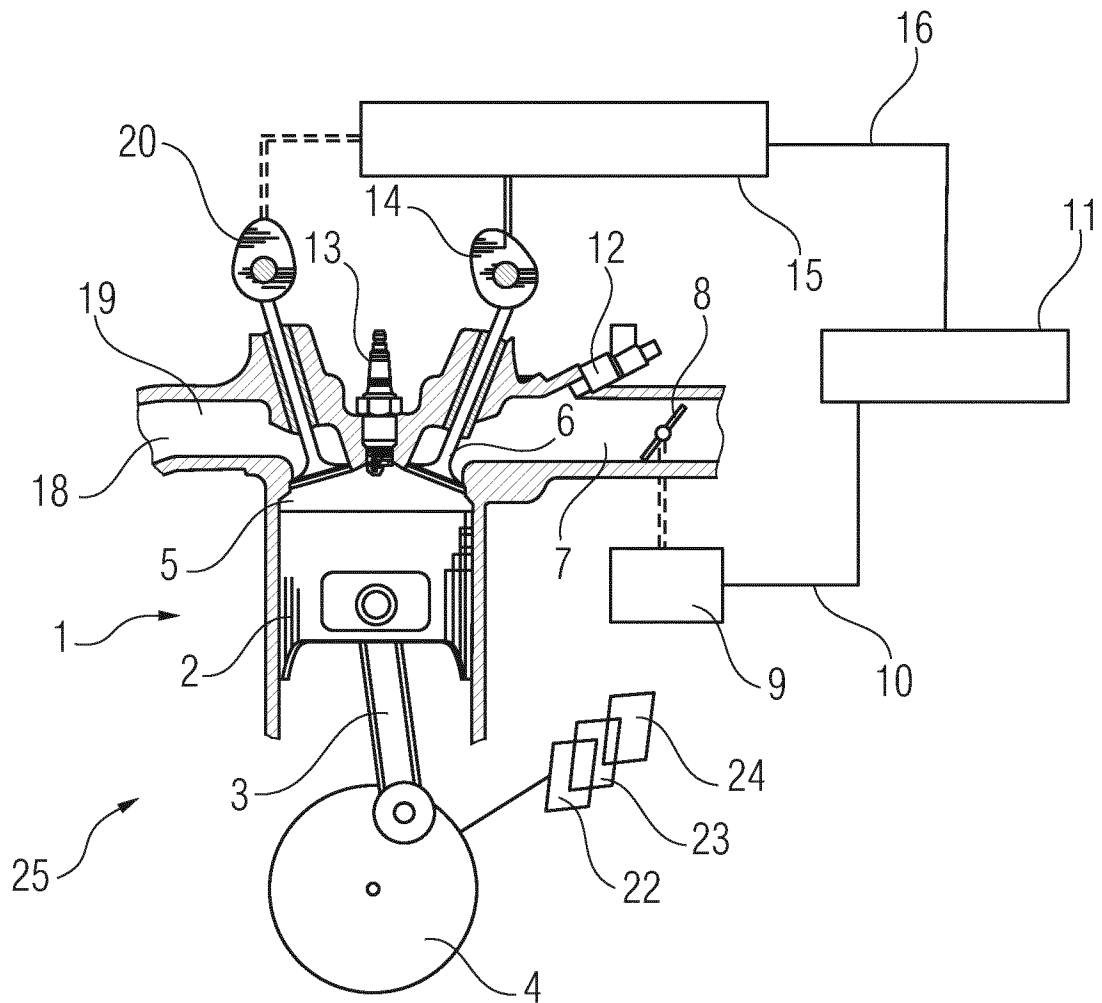


FIG 1

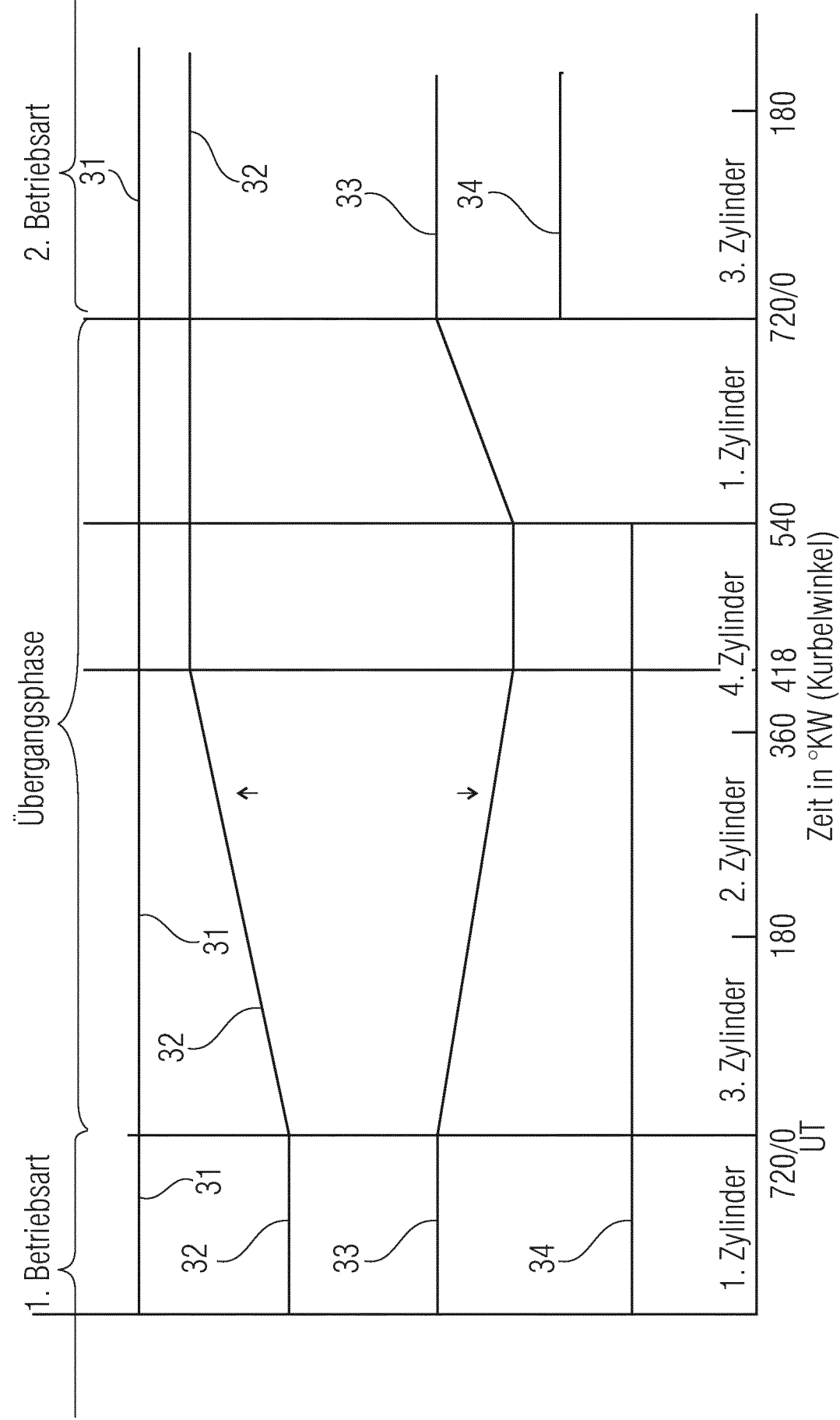


FIG 2

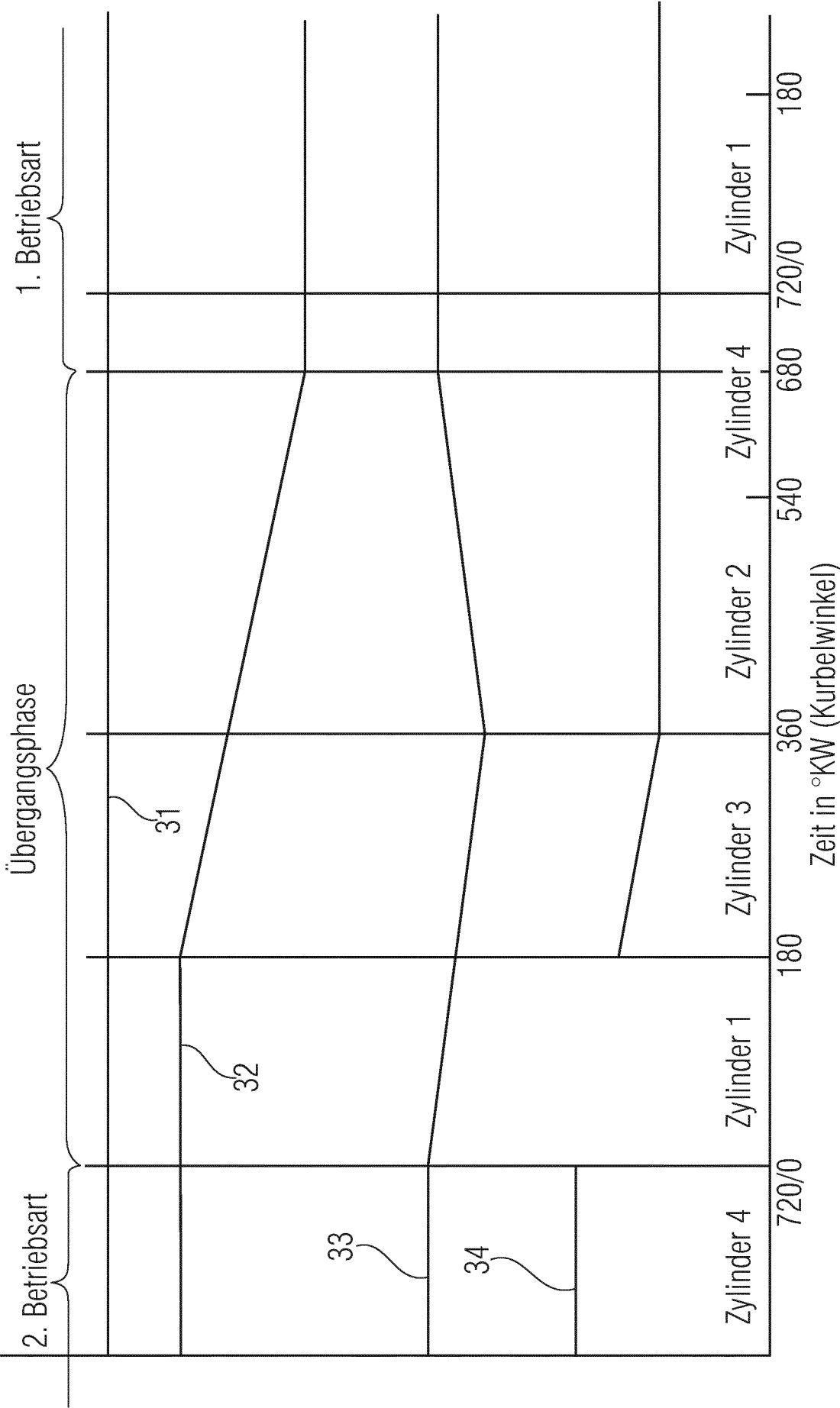


FIG 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/072470

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. F02D41/00 F02D13/02 F02D17/02  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
F02D F01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EP0-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                          | Relevant to claim No.   |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| X<br>A    | DE 601 25 013 T2 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 5 July 2007 (2007-07-05) paragraphs [0012] - [0014], [0049] - [0052], [0054], [0055] figures 1,6,7<br>-----                    | 1,3,4,<br>6-12<br>2,5   |
| X         | DE 103 06 794 B4 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 30 April 2008 (2008-04-30) cited in the application paragraphs [0034], [0036] - [0038], [0045] claim 8 figures 1a,3,4<br>----- | 1,3,4,<br>6-9,11,<br>12 |
| X         | US 2010/211297 A1 (DOERING JEFFREY ALLEN [US] ET AL) 19 August 2010 (2010-08-19) paragraph [0040] figure 3<br>-----                                                         | 7-9,11,<br>12           |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 February 2013

Date of mailing of the international search report

25/02/2013

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mallo López, Manuel

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/072470

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 60125013 T2                            | 05-07-2007          | DE 60125013 T2             | 05-07-2007          |
|                                           |                     | EP 1227229 A1              | 31-07-2002          |
|                                           |                     | US 2002096134 A1           | 25-07-2002          |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| DE 10306794 B4                            | 30-04-2008          | DE 10306794 A1             | 27-05-2004          |
|                                           |                     | GB 2387620 A               | 22-10-2003          |
|                                           |                     | US 2003172900 A1           | 18-09-2003          |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| US 2010211297 A1                          | 19-08-2010          | CN 101806252 A             | 18-08-2010          |
|                                           |                     | DE 102010006737 A1         | 13-01-2011          |
|                                           |                     | US 2010211297 A1           | 19-08-2010          |
| -----                                     |                     |                            |                     |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/072470

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
INV. F02D41/00 F02D13/02 F02D17/02  
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
F02D F01L

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EP0-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                           | Betr. Anspruch Nr.      |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| X<br>A     | DE 601 25 013 T2 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 5. Juli 2007 (2007-07-05)<br>Absätze [0012] - [0014], [0049] - [0052], [0054], [0055]<br>Abbildungen 1,6,7<br>-----                             | 1,3,4,<br>6-12<br>2,5   |
| X          | DE 103 06 794 B4 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 30. April 2008 (2008-04-30)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Absätze [0034], [0036] - [0038], [0045]<br>Anspruch 8<br>Abbildungen 1a,3,4<br>----- | 1,3,4,<br>6-9,11,<br>12 |
| X          | US 2010/211297 A1 (DOERING JEFFREY ALLEN [US] ET AL) 19. August 2010 (2010-08-19)<br>Absatz [0040]<br>Abbildung 3<br>-----                                                                   | 7-9,11,<br>12           |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Februar 2013

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

25/02/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mallo López, Manuel

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/072470

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 60125013 T2                                     | 05-07-2007                    | DE 60125013 T2                    | 05-07-2007                    |
|                                                    |                               | EP 1227229 A1                     | 31-07-2002                    |
|                                                    |                               | US 2002096134 A1                  | 25-07-2002                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 10306794 B4                                     | 30-04-2008                    | DE 10306794 A1                    | 27-05-2004                    |
|                                                    |                               | GB 2387620 A                      | 22-10-2003                    |
|                                                    |                               | US 2003172900 A1                  | 18-09-2003                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| US 2010211297 A1                                   | 19-08-2010                    | CN 101806252 A                    | 18-08-2010                    |
|                                                    |                               | DE 102010006737 A1                | 13-01-2011                    |
|                                                    |                               | US 2010211297 A1                  | 19-08-2010                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |