

(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  
17. Dezember 2015 (17.12.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2015/189256 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*F02D 13/02* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/062914
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
10. Juni 2015 (10.06.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2014 211 160.9 11. Juni 2014 (11.06.2014) DE
- (71) Anmelder: **VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Berliner Ring 2, 38440 Wolfsburg (DE).
- (72) Erfinder: **KLEINHANS, René**; Am Felde 30, 29399 Warenholz (DE). **KLIE, Stefan**; Fasanenstraße 8, 38102 Braunschweig (DE). **GARWON, Maiko**; Lammer Busch 27, 38116 Braunschweig (DE). **BECKMANN, Robert**; Marienstraße 15, 38102 Braunschweig (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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.

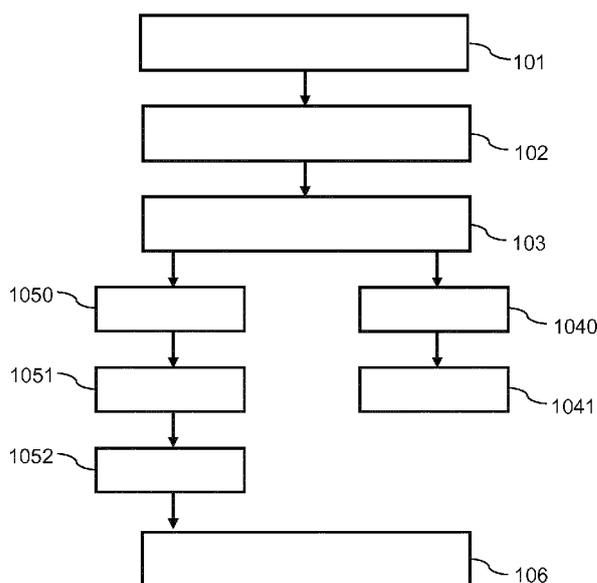
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD AND CONTROL UNIT FOR CARRYING OUT A GAS EXCHANGE IN A CYLINDER OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND INTERNAL COMBUSTION ENGINE HAVING SUCH A CONTROL UNIT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND STEUEREINHEIT ZUM AUSFÜHREN EINES GASWECHSELS IN EINEM ZYLINDER EINER VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE SOWIE VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE MIT EINER SOLCHEN STEUEREINHEIT



(57) Abstract: The invention relates to a method (20) for carrying out a gas exchange in a cylinder of an internal combustion engine, wherein the cylinder is connected to a gas line section via a valve, in which section there is an actuator for adjusting a gas pressure in the gas line section, wherein the valve closes upon constant torque of the internal combustion engine at a fixed point in time (SE, SA) in a working cycle of the internal combustion engine. The method comprises the steps: recognizing a torque change request (102); determining a target value in respect of the gas pressure in the gas line section in dependence on the torque change request (103); and determining a variable point in time (vSE, vSA) for closing the valve as a result of the torque change request (1050), wherein the variable point in time (vSE, vSA) is displaced in the working cycle in dependence on the target value of the gas pressure relative to the fixed point in time (SE, SA).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Fig. 1

WO 2015/189256 A1



---

Verfahren und Steuereinheit zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine sowie Verbrennungskraftmaschine mit einer solchen Steuereinheit Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren (20) zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine, wobei der Zylinder über ein Ventil mit einem Gasleitungsabschnitt verbunden ist, in dem ein Stellorgan zum Einstellen eines Gasdrucks in dem Gasleitungsabschnitt vorgesehen ist, wobei das Ventil bei gleichbleibendem Moment der Verbrennungskraftmaschine zu einem festen Zeitpunkt (SE, SA) in einem Arbeitszyklus der Verbrennungskraftmaschine schließt. Das Verfahren enthält die Schritte: Erkennen einer Momentänderungsaufforderung (102); Bestimmen eines Sollwerts bezüglich des Gasdrucks im Gasleitungsabschnitt in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung (103); und Bestimmen eines variablen Zeitpunktes (vSE, vSA) zum Schließen des Ventils infolge der Momentänderungsaufforderung (1050), wobei der variable Zeitpunkt (vSE, vSA) im Arbeitszyklus in Abhängigkeit vom Sollwert des Gasdrucks relativ zu dem festen Zeitpunkt (SE, SA) verschoben ist.

## Beschreibung

Verfahren und Steuereinheit zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine sowie Verbrennungskraftmaschine mit einer solchen Steuereinheit

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Steuereinheit zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Verbrennungskraftmaschine mit einer solchen Steuereinheit sowie ein Kraftfahrzeug mit einer solchen Verbrennungskraftmaschine.

Bei Verbrennungskraftmaschinen kommt es nach jedem Verbrennungsvorgang zu einem Gaswechsel. Die Art und Weise, wie dieser Gaswechsel durchgeführt wird, beeinflusst den Kraftstoffverbrauch und den Schadstoffausstoß der Verbrennungskraftmaschine wesentlich. Es ist daher notwendig, den Gaswechsel so zu gestalten, dass eine Zylinderfüllung bestimmte Anteile an Frischluft, Restgas und Spülluft enthält.

Bei einem Viertaktmotor werden üblicherweise die vier Prozessschritte Ansaugen, Verdichten, Verbrennen und Ausstoßen durchlaufen. Bei einem herkömmlichen Otto-Motor wird das Einlassventil beim Ansaugen, kurz bevor der Kolben einen oberen Totpunkt erreicht, geöffnet, wobei das Auslassventil geöffnet bleibt. Nach Durchlaufen des oberen Totpunkts wird das Auslassventil geschlossen. Erst, nachdem der Kolben den unteren Totpunkt erreicht hat, wird das Einlassventil wieder geschlossen. Ein Verbrennungsmotor, der auf dem Miller-Prinzip basiert unterscheidet sich vom Otto-Motor darin, dass das Einlassventil im Vergleich zum Otto-Motor sehr früh schließt, wodurch die Luftmenge im Zylinder verringert ist. Dadurch, dass das Einlassventil bereits vor Erreichen des unteren Totpunkts geschlossen wird, wird das Expansionsvolumen vergrößert, ohne dass der Verdichtungsdruck erhöht wird, wodurch Kraftstoff eingespart wird und die Temperatur im Zylinder geringer als in einem Otto-Motor ist.

Zum Steuern der Anteile an Frischluft, Restgas und Spülluft der Zylinderfüllung gibt es verschiedene Möglichkeiten. So ist es beispielsweise bekannt, die Füllung des Zylinders durch Verstellen einer Drosselklappe im Saugrohr, wodurch der Saugrohrdruck geändert wird, in geeigneter Weise zu regeln. Aufgrund des großen Volumens des Saugrohrs stellen sich Druckänderungen jedoch nur verzögert ein, so dass eine Füllungssteuerung über die Drosselklappe träge ist. Alternativ gibt es verschiedene Ansätze, bei denen die Zylinderfüllung über den Ventil-

trieb gesteuert wird. Eine solche Füllungssteuerung setzt jedoch voraus, dass die Druckverhältnisse im Saugrohr sowie im Krümmer genau bekannt sind. Dies ist hinsichtlich des Abgasgedrucks im Auslasskanal bzw. im Krümmer, der einen nichtvernachlässigbaren Einfluss auf die Zylinderfüllung hat, nicht ohne Weiteres möglich.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Steuereinheit zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine sowie eine Verbrennungskraftmaschine mit einer solchen Steuereinheit bereitzustellen, die die oben genannten Nachteile wenigstens teilweise überwinden.

Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemäße Verfahren nach Anspruch 1, die erfindungsgemäße Steuereinheit nach Anspruch 13 und die Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 15 gelöst.

Ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine, wobei der Zylinder über ein Ventil mit einem Gasleitungsabschnitt verbunden ist, in dem ein Stellorgan zum Einstellen eines Gasdrucks in dem Gasleitungsabschnitt vorgesehen ist, wobei das Ventil bei gleichbleibendem Moment der Verbrennungskraftmaschine zu einem festen Zeitpunkt in einem Arbeitszyklus der Verbrennungskraftmaschine schließt, enthält die Schritte:

Erkennen einer Momentänderungsaufforderung;

Bestimmen eines Sollwerts bezüglich des Gasdrucks im Gasleitungsabschnitt in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung; und

Bestimmen eines variablen Zeitpunktes zum Schließen des Ventils infolge der Momentänderungsaufforderung, wobei der variable Zeitpunkt im Arbeitszyklus in Abhängigkeit vom Sollwert des Gasdrucks relativ zu dem festen Zeitpunkt verschoben ist.

Ein Ausführungsbeispiel einer Steuereinheit zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine, insbesondere des erwähnten Verfahrens, wobei der Zylinder über ein Ventil mit einem Gasleitungsabschnitt verbunden ist, in dem ein Stellorgan zum Einstellen eines Gasdrucks in dem Gasleitungsabschnitt vorgesehen ist, wobei das Ventil bei gleichbleibendem Moment der Verbrennungskraftmaschine zu einem festen Zeitpunkt in einem Arbeitszyklus der Verbrennungskraftmaschine schließt, enthält:

eine Schnittstelle zum Empfangen einer Momentänderungsaufforderung; und

ein Prozessormodul

zum Bestimmen eines Sollwerts bezüglich des Gasdrucks im Gasleitungsabschnitt in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung; und

zum Bestimmen eines variablen Zeitpunktes zum Schließen des Ventils infolge der Momentänderungsaufforderung, wobei der variable Zeitpunkt im Arbeitszyklus in Abhängigkeit vom Sollwert des Gasdrucks relativ zu dem festen Zeitpunkt verschoben ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine basiert auf einer Ausgestaltung der Verbrennungskraftmaschine, bei der der Zylinder über ein Ventil mit einem Gasleitungsabschnitt verbunden ist, in dem ein Stellorgan zum Einstellen eines Gasdrucks in dem Gasleitungsabschnitt vorgesehen ist. Das Ventil ist so gesteuert, dass es bei gleichbleibendem Moment der Verbrennungskraftmaschine zu einem festen Zeitpunkt in einem Arbeitszyklus der Verbrennungskraftmaschine schließt. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst eine Momentänderungsaufforderung erkannt. Nach dem Erkennen der Momentänderungsaufforderung wird ein Sollwert bezüglich des Gasdrucks im Gasleitungsabschnitt in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung bestimmt. Gemäß einem nachfolgenden Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein variabler Zeitpunkt zum Schließen des Ventils infolge der Momentänderungsaufforderung bestimmt. Der variable Zeitpunkt im Arbeitszyklus ist dabei in Abhängigkeit vom Sollwert des Gasdrucks relativ zu dem festen Zeitpunkt verschoben.

Der feste Zeitpunkt ist der Zeitpunkt im Arbeitszyklus der Verbrennungskraftmaschine, an dem das Ventil schließt, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine in einer Art Gleichgewichtszustand befindet, d.h. wenn das Moment der Verbrennungskraftmaschine und Zustandsgrößen wie die Drücke und Temperaturen in der Verbrennungskraftmaschine im Wesentlichen konstant gehalten werden.

In manchen Ausführungsbeispielen kann das Ventil ein Einlassventil und der Gasdruck ein Saugrohrdruck sein. Dann kann der feste Zeitpunkt ein Zeitpunkt sein, an dem sich ein Kolben der Verbrennungskraftmaschine in einer Stellung befindet, in der ein Zylindervolumen noch nicht maximal ist, d.h. in der der Kolben den unteren Totpunkt noch nicht erreicht hat. Mit anderen Worten kann der feste Zeitpunkt der Zeitpunkt sein, an dem das Einlassventil bei Ausführung des Miller-Verfahrens, wenn keine Momentänderungsaufforderung vorhanden ist, schließt.

In manchen Ausführungsbeispielen kann das Ventil ein Auslassventil und der Gasdruck ein Abgasgegendruck sein. Dann kann der feste Zeitpunkt ein Zeitpunkt sein, an dem sich ein Kolben der Verbrennungskraftmaschine in einer Stellung befindet, in der ein Zylindervolumen minimal ist oder gerade nicht mehr minimal ist, d.h. in der der Kolben am oberen Totpunkt ist oder den oberen Totpunkt gerade passiert hat.

In manchen Ausführungsbeispielen kann der feste Zeitpunkt auf Grundlage eines Füllungserfassungsmodells bestimmt werden. Zur Erzeugung des Füllungserfassungsmodells können Messwerte, die an einem Prüfstand gemessen wurden, und/oder Simulationswerte bezüglich einer oder mehrerer Zustandsgrößen der Verbrennungskraftmaschine herangezogen werden. Abhängig von den Werten der Zustandsgrößen, beispielsweise den Druckverhältnissen, kann der feste Zeitpunkt unterschiedlich gewählt sein. In diesen Ausführungsbeispielen kann bei einer Momentänderungsaufforderung der Schaltzeitpunkt relativ zu einem z.B. zuletzt bestimmten festen Zeitpunkt verschoben sein.

Die Momentänderungsaufforderung kann beispielsweise ein angefordertes Sollmoment umfassen.

Die Momentänderungsaufforderung kann beispielsweise ein Befehl einer Steuereinheit sein. Dieser kann z.B. durch Setzen eines Bits ausgegeben werden und durch Auslesen des Bit erkannt werden. Bei einem Kraftfahrzeug kann die Momentänderungsaufforderung z.B. ein Befehl der Motorsteuerung (engine control unit - ECU) zur Erhöhung eines Motormoments sein, der infolge einer Betätigung des Gaspedals von der Motorsteuerung ausgesendet wird.

Ein Maß der Verschiebung des variablen Zeitpunkts im Arbeitszyklus kann weiterhin von einem Istwert des Gasdrucks abhängen. Daher kann der variable Zeitpunkt im Arbeitszyklus außerdem in Abhängigkeit eines Istwerts des Gasdrucks relativ zu dem festen Zeitpunkt bestimmt werden. Beispielsweise kann der variable Zeitpunkt im Arbeitszyklus in Abhängigkeit einer Regeldifferenz des Saugrohrdrucks bestimmt werden, wobei die Regeldifferenz eine Differenz zwischen Sollwert und Istwert des Saugrohrdrucks ist.

Der Sollwert bezüglich des Gasdrucks im Gasleitungsabschnitt kann beispielsweise mit Hilfe eines oder mehrerer Kennfelder bestimmt werden. In manchen Ausführungsbeispielen können die Kennfelder im Vorfeld auf der Grundlage von Messungen an einem Prüfstand und/oder auf Grundlage von Testmessungen an der Verbrennungskraftmaschine und/oder auf Grundlage von Simulationen mit Hilfe von Berechnungen bzw. Simulationen erzeugt worden sein, so dass der Sollwert bezüglich des Gasdrucks aus dem oder den Kennfeldern abgelesen werden kann.

In manchen anderen Ausführungsbeispielen kann mit Hilfe von einem oder mehreren Kennfeldern ein Sollwert für eine Zustandsgröße, die mit dem Gasdruck im Gasleitungsabschnitt in Beziehung steht, bestimmt werden und auf Basis des Sollwerts dieser Zustandsgröße der Sollwert für den Gasdruck berechnet werden. Alternativ kann anstelle der Kennfelder nach Erkennen der Momentänderungsaufforderung eine Simulation oder eine andere Berechnung des Sollwertes des Gasdrucks oder des Sollwertes der mit dem Gasdruck in Beziehung stehenden Zustandsgröße durchgeführt werden. Auf die mit dem Gasdruck in Beziehung stehende Zustandsgröße wird später noch genauer eingegangen.

Aus der Grundlage des Gasdrucks kann mit Hilfe eines Füllungserfassungsmodells, das z.B. die Wirkung der Stellung des Stellorgans und des Schließzeitpunktes des Ventils berücksichtigt, oder mit Hilfe von Streckenmodellen der variable Zeitpunkt zum Schließen des Ventils bestimmt werden.

Das Verfahren zum Ausführen eines Gaswechsels kann weiterhin den Schritt enthalten, dass das Stellorgan infolge der Momentänderungsaufforderung so gesteuert wird, dass sich im Gasleitungsabschnitt der in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung bestimmte Sollwert des Gasdrucks einstellt. Das Stellorgan kann eine Strömungsklappe, beispielsweise eine Drosselklappe, sein. Die Strömungsklappe kann so verstellt werden, dass ein Strömungsquerschnitt im Gasleitungsabschnitt vergrößert oder verkleinert wird. Dadurch kann der Gasdruck im Gasleitungsabschnitt beeinflusst werden. In manchen Beispielen kann der Gasdruck im Gasleitungsabschnitt verringert werden, indem der Strömungsquerschnitt vergrößert wird, und vergrößert werden, indem der Strömungsquerschnitt verringert wird. Alternativ kann das Stellorgan eine Kombination aus einer Gasturbine und einem Verdichter, beispielsweise ein Turbolader, sein. Um den Gasdruck im Gasleitungsabschnitt regeln zu können, können Strömungsschaufeln des Verdichters entsprechend eingestellt werden.

Bei sehr kurzen Momentänderungsaufforderungen, die beispielsweise nur wenige Motorzyklen andauern, kann auf das Einstellen des Gasdrucks im Gasleitungsabschnitt verzichtet werden und nur mit Hilfe der Verschiebung des Schließzeitpunktes des Ventils reagiert werden. Durch diese Steuerung kann die gewünschte Zylinderfüllung sehr schnell erfolgen.

Das Ventil kann infolge der Momentänderungsaufforderung während eines oder mehrerer Arbeitszyklen bzw. Motorzyklen zu dem bestimmten variablen Zeitpunkt geschlossen werden. Das Schließen des Ventils kann beispielsweise ein Schalten von einem voll geöffneten Zustand in einen voll geschlossenen Zustand sein. In manchen Ausführungsbeispielen wird zudem infolge

der Momentänderungsaufforderung das Stellorgan so eingestellt, dass sich der Istwert des Gasdrucks an den Sollwert des Gasdrucks annähert. Das Ventil kann solange, d.h. über so viele Arbeitszyklen bzw. Motorzyklen, zu dem bestimmten variablen Zeitpunkt geschlossen werden, bis der Istwert den Sollwert des Gasdrucks erreicht hat. Durch das Schließen des Ventils zu dem variablen Zeitpunkt kann die Verzögerung bei der Einstellung des Gasdrucks ausgeglichen werden.

In manchen Ausführungsbeispielen kann das Ventil infolge der Momentänderungsaufforderung in einem ersten Motorzyklus nach der Momentänderungsaufforderung zu dem bestimmten variablen Zeitpunkt und in direkt nachfolgenden Motorzyklen zu angepassten Zeitpunkten, die zwischen dem variablen Zeitpunkt und dem festen Zeitpunkt liegen, geschlossen werden. Die Schließzeitpunkte des Ventils während der dem ersten Motorzyklus nachfolgenden Motorzyklen können beispielsweise schrittweise an den festen Zeitpunkt angenähert werden. Da gleichzeitig mit der Verschiebung des Schließzeitpunktes das Stellorgan gesteuert werden kann, kann das Ventil solange zu einem Zeitpunkt, der zwischen dem festen Zeitpunkt und dem variablen Zeitpunkt liegt, geschlossen werden, bis ein Istwert bezüglich des Gasdrucks dem Sollwert bezüglich des Gasdrucks entspricht. Im Anschluss kann das Ventil wieder zum festen Zeitpunkt geschlossen werden.

In manchen Ausführungsbeispielen kann das Ventil ein Einlassventil, der Gasleitungsabschnitt ein Saugrohr, das über das Einlassventil mit dem Zylinder verbunden ist, und das Stellorgan zum Einstellen eines Gasdrucks in dem Gasleitungsabschnitt eine Drosselklappe zum Einstellen eines Saugrohrdrucks in dem Saugrohr, die in dem Saugrohr angeordnet ist, sein. Das bedeutet, dass infolge einer Momentänderungsaufforderung ein Sollwert für den Saugrohrdruck bestimmt wird und dass auf Basis dieses Sollwertes der Zeitpunkt, zu dem das Einlassventil geschlossen wird, bestimmt wird.

Die Momentänderungsaufforderung kann beispielsweise eine Aufforderung sein, das Moment der Verbrennungskraftmaschine zu erhöhen. Die Momentänderungsaufforderung kann beispielsweise ein entsprechendes Sollmoment umfassen. In diesem Fall kann der Sollwert bezüglich des Saugrohrdrucks höher sein als der Istwert des Saugrohrdrucks, da eine Frischluftmasse im Zylinder für die Erhöhung des Moments der Verbrennungskraftmaschine vergrößert werden muss. Entsprechend kann der variable Zeitpunkt zeitlich nach dem festen Zeitpunkt liegen. Alternativ kann die Momentänderungsaufforderung auch eine Aufforderung zum Verringern des Moments enthalten. In diesem Fall kann dann der Sollwert bezüglich des Saugrohrdrucks geringer sein als der Istwert des Saugrohrdrucks, da die Menge an Frischluft im Zylinder verringert

werden soll. Entsprechend kann der variable Zeitpunkt zeitlich vor dem festen Zeitpunkt liegen. Ein Beispiel, wie der variable Zeitpunkt bei Anforderung einer Erhöhung des Moments gewählt wird, wird weiter unten im Detail beschrieben.

In manchen anderen Ausführungsbeispielen kann das Ventil ein Auslassventil, der Gasleitungsabschnitt ein Auslasskanalabschnitt, der über das Auslassventil mit dem Zylinder verbunden ist, und das Stellorgan zum Einstellen eines Gasdrucks in dem Gasleitungsabschnitt ein Abgasturbolader zum Einstellen eines Abgasgegendrucks im Auslasskanalabschnitt, der in dem Auslasskanalabschnitt angeordnet ist, sein. Das bedeutet, dass infolge einer Momentänderungsaufforderung ein Sollwert für den Abgasgegendruck bestimmt wird und dass auf Basis dieses Sollwertes der Zeitpunkt, zu dem das Auslassventil geschlossen wird, bestimmt wird.

Die Momentänderungsaufforderung kann eine Aufforderung zum Erhöhen des Moments enthalten. Die Momentänderungsaufforderung kann beispielsweise ein entsprechendes Sollmoment umfassen. In diesem Fall kann der Sollwert bezüglich des Abgasgegendrucks geringer sein als der Istwert, da eine Frischluftmasse im Zylinder für die Erhöhung des Moments der Verbrennungskraftmaschine vergrößert werden muss und damit ein Restgasanteil im Zylinder verringert werden soll. Entsprechend kann das Auslassventil zum variablen Zeitpunkt, der zeitlich vor dem festen Zeitpunkt liegt, geschlossen werden. Alternativ kann die Momentänderungsaufforderung auch eine Aufforderung zum Verringern des Moments enthalten. In diesem Fall kann dann der Sollwert bezüglich des Abgasgegendrucks höher sein als der Istwert des Abgasgegendrucks, da die Menge an Restgas im Zylinder erhöht werden soll. Entsprechend kann das Auslassventil zeitlich nach dem festen Zeitpunkt geschlossen werden. Ein Beispiel, wie der variable Zeitpunkt bei Anforderung einer Erhöhung des Moments gewählt wird, wird weiter unten im Detail beschrieben.

In manchen Ausführungsbeispielen kann die Verbrennungskraftmaschine zwei Gasleitungsabschnitte mit je einem Ventil und einem Stellorgan aufweisen. Bei diesen Verbrennungskraftmaschinen kann eines oder beide der Ventile gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren geschlossen werden.

Beispielsweise kann der Zylinder über ein Einlassventil mit einem Saugrohr, in dem eine Drosselklappe zum Einstellen eines Saugrohrdrucks vorgesehen ist, und über ein Auslassventil mit einem Auslasskanal, in dem ein Turbolader zum Einstellen des Abgasgegendrucks vorgesehen ist, verbunden sein. Das Einlassventil kann bei gleichbleibendem Moment der Verbrennungskraftmaschine bzw. bei gleichbleibendem Motormoment zu einem einlassventilbezogenen fes-

ten Zeitpunkt in dem Arbeitszyklus bzw. in dem Motorzyklus schließen und das Auslassventil kann bei gleichbleibendem Motormoment zu einem auslassventilbezogenen festen Zeitpunkt in dem Motorzyklus schließen. Sobald eine Momentänderungsaufforderung erkannt wird, können ein Sollwert bezüglich des Saugrohrdrucks im Saugrohr in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung und ein Sollwert bezüglich des Abgasgedrucks im Abgaskanal in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung bestimmt werden. Anschließend können ein einlassventilbezogener variabler Zeitpunkt zum Schließen des Einlassventils infolge der Momentänderungsaufforderung und ein auslassventilbezogener variabler Zeitpunkt zum Schließen des Auslassventils infolge der Momentänderungsaufforderung bestimmt werden. Der einlassventilbezogene variable Zeitpunkt im Motorzyklus kann in Abhängigkeit vom Sollwert des Saugrohrdrucks relativ zu dem einlassventilbezogenen festen Zeitpunkt verschoben sein. Der auslassventilbezogene variable Zeitpunkt im Motorzyklus kann in Abhängigkeit vom Sollwert des Abgasgedrucks relativ zu dem auslassventilbezogenen festen Zeitpunkt verschoben sein.

Wird bei Verbrennungskraftmaschinen mit zwei Gasleitungsabschnitten mit je einem Ventil und einem Stellorgan nur eines der Ventile gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren geschlossen, kann das andere Ventil mit Hilfe von Kennfeldern, die vorab mit Hilfe von Messungen an einem Prüfstand und/oder von Simulationen erstellt wurden, gesteuert werden. Eine solche Steuerung wird weiter unten noch im Detail beschrieben.

Wie oben bereits erwähnt, kann die Momentänderungsaufforderung eine Aufforderung zur Erhöhung des Motormoments enthalten. Infolge einer solchen Momentänderungsaufforderung kann der variable Zeitpunkt zum Schließen des Einlassventils später im Motorzyklus liegen als der feste Zeitpunkt. Der feste Zeitpunkt in einer Ansaugphase des Motorzyklus kann vor Erreichen eines maximalen Volumens des Zylinders liegen. Dies wird nachfolgend anhand eines Beispiels erklärt:

In einem Arbeitszyklus der Verbrennungsmaschine kann der Ansaugprozess beispielsweise beginnen, wenn das Zylindervolumen minimal ist bzw. wenn der Kolben einen oberen Totpunkt erreicht, und enden, wenn das Zylindervolumen maximal ist, bzw. wenn der Kolben einen unteren Totpunkt erreicht. Wird die Verbrennungskraftmaschine im Miller-Verfahren betrieben, so kann der Ansaugvorgang schon bei einem Zylindervolumen, das geringer als das maximale Zylindervolumen ist, durch Schließen des Einlassventils beendet werden, wodurch sich Vorteile hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs und der Temperatur ergeben. Dieser Schließzeitpunkt kann der feste Zeitpunkt sein. Wird nun eine Momentänderungsaufforderung erkannt (hier eine Anforderung zur Momenterhöhung), kann das Ventil zu dem variablen Zeitpunkt, der zeitlich

nach dem festen Zeitpunkt liegt, geschlossen werden. Der variable Zeitpunkt kann beispielsweise der Zeitpunkt sein, bei dem das Zylindervolumen maximal ist oder größer als das Zylindervolumen zum festen Zeitpunkt. Durch das Verschieben des Schließzeitpunktes des Einlassventils zu dem variablen Zeitpunkt, der später als der feste Zeitpunkt ist, kann das Zylindervolumen am Ende des Ansaugprozesses vergrößert werden, dass bei im Wesentlichen gleichem Saugrohrdruck mehr Frischluft in den Zylinder einfließen kann. Da infolge der Anforderung einer Momenterhöhung auch die Drosselklappe eingestellt werden kann, kann sich mit Verzögerung der Sollwert bezüglich des Saugrohrdrucks im Saugrohr einstellen. In manchen Ausführungsbeispielen kann das Einlassventil bis zum Erreichen des Sollwerts des Saugrohrdrucks zu dem variablen Zeitpunkt oder einem Zeitpunkt zwischen dem festen Zeitpunkt und dem variablen Zeitpunkt geschlossen werden. Damit kann sehr schnell auf Momentänderungsaufforderungen reagiert werden, wobei gleichzeitig die Mechanismen der kraftstoffarmen Ventilsteuerung beibehalten werden.

Ähnlich wie oben hinsichtlich des Einlassventils erläutert, kann infolge einer Aufforderung zur Erhöhung des Motormoments der variable Zeitpunkt zum Schließen des Auslassventils früher im Motorzyklus liegen als der feste Zeitpunkt. Der feste Zeitpunkt zum Schließen des Auslassventils in einer Ansaugphase des Motorzyklus kann nach Erreichen eines minimalen Volumens des Zylinders liegen, d.h. wenn der obere Totpunkt, der den Beginn des Ansaugens definiert, bereits überschritten ist. Infolge einer Aufforderung, das Moment der Verbrennungskraftmaschine zu erhöhen, kann nun ein Sollwert für den Abgasgegendruck bestimmt werden. In diesem Fall kann der Sollwert bezüglich des Abgasgegendrucks geringer sein als der Istwert, da ein Restgasanteil im Zylinder für die Erhöhung des Moments der Verbrennungskraftmaschine verringert werden soll. Durch das Verschieben des Schließzeitpunktes des Auslassventils zu einem variablen Zeitpunkt, der früher als der feste Zeitpunkt ist, kann beispielsweise beim Ansaugen weniger Restgas in den Zylinder eingesogen werden, so dass mehr Platz für Frischluft bleibt. Da infolge der Anforderung einer Momenterhöhung auch der Turbolader eingestellt werden kann, kann sich mit Verzögerung der Sollwert bezüglich des Abgasgegendrucks im Abgaskanal bzw. in dem Krümmer einstellen. In manchen Ausführungsbeispielen kann das Auslassventil bis zum Erreichen des Sollwerts des Abgasgegendrucks zu dem variablen Zeitpunkt oder einem Zeitpunkt zwischen dem festen Zeitpunkt und dem variablen Zeitpunkt geschlossen werden. Damit kann sehr schnell auf Momentänderungsaufforderungen reagiert werden, wobei gleichzeitig die Mechanismen der kraftstoffarmen Ventilsteuerung berücksichtigt werden.

Die Verbrennungskraftmaschine kann zusätzliche Stellmittel zum Beeinflussen des Gaswechsels enthalten, beispielsweise ein Ventil einer externen Abgasrückführung. Diese zusätzlichen

Stellmittel, die Stellorgane, beispielsweise die Drosselklappe und/oder der Turbolader, und/oder ein Ventil, das nicht gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren geschaltet wird, können gesteuert werden, indem ein Sollwert bezüglich der Stellung des Stellmittels, der Stellorgane und/oder des Ventils in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung bestimmt wird. Der jeweilige Sollwert kann beispielsweise mit Hilfe eines oder mehrerer Kennfelder bestimmt werden. In manchen Ausführungsbeispielen können die Kennfelder im Vorfeld auf der Grundlage von Messungen an einem Prüfstand und/oder auf Grundlage von Testmessungen an der Verbrennungskraftmaschine und/oder auf Grundlage von Simulationen mit Hilfe von Berechnungen bzw. Simulationen erzeugt worden sein, so dass der Sollwert bezüglich des Gasdrucks aus dem oder den Kennfeldern abgelesen werden kann. In manchen anderen Ausführungsbeispielen kann mit Hilfe von einem oder mehreren Kennfeldern ein Sollwert für eine Zustandsgröße, die mit der Stellung des Stellmittels, des Stellorgans oder des Ventiles in Beziehung steht, bestimmt werden und auf Basis des Sollwerts dieser Zustandsgröße die Stellung des Stellmittels, des Stellorgans oder des Ventiles berechnet werden. Alternativ kann anstelle der Kennfelder nach Erkennen der Momentanforderung eine Simulation oder eine andere Berechnung der Stellung des Stellmittels, des Stellorgans oder des Ventiles oder des Sollwertes der mit der Stellung des Stellmittels, des Stellorgans oder des Ventiles in Beziehung stehenden Zustandsgröße durchgeführt werden.

Die Zustandsgröße kann beispielsweise eine relative Frischluftmenge, eine Menge an intern rückgeführtem Restgas, eine Menge an extern rückgeführtem Restgas, der Liefergrad, ein Druckvorhalt über dem Stellorgan, oder eine Scavengingrate sein. Als Frischluft wird die Luft verstanden, die in den Zylinder eingelassen wird. Sie kann ein Gasgemisch sein, dessen Zusammensetzung der Luft in der Atmosphäre gleicht, oder ein Gas-Kraftstoffgemisch. Das Restgas ist im Gegensatz dazu ein sauerstoffarmes Gasgemisch, das nach dem Verbrennungsvorgang aus dem Zylinder ausgelassen wird. Der Liefergrad ist als Verhältnis aus der Frischluftmasse und der Luftmasse, die maximal in dem maximalen Zylindervolumen aufgenommen werden kann, definiert. Unter Scavenging wird ein Vorgang verstanden, bei dem im Übergangsintervall zwischen Ausblasen und Ansaugen beide, das Einlassventil und das Auslassventil, geöffnet sind.

Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine Steuervorrichtung zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine. Beispielsweise kann die Steuervorrichtung zum Ausführen des voranstehend beschriebenen Verfahrens zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder ausgebildet sein. Die Steuervorrichtung basiert auf einer Ausgestaltung der Verbrennungskraftmaschine, bei der der Zylinder über ein Ventil mit einem Gas-

leitungsabschnitt verbunden ist, in dem ein Stellorgan zum Einstellen eines Gasdrucks in dem Gasleitungsabschnitt vorgesehen ist. Die Steuervorrichtung ist so ausgestaltet, dass sie das Ventil bei gleichbleibendem Moment der Verbrennungskraftmaschine zu einem festen Zeitpunkt in einem Arbeitszyklus der Verbrennungskraftmaschine schließt. Die Steuervorrichtung enthält eine Schnittstelle zum Empfangen einer Momentänderungsaufforderung und ein Prozessormodul. Das Prozessormodul ist dazu ausgebildet, einen Sollwert bezüglich des Gasdrucks im Gasleitungsabschnitt in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung zu bestimmen und einen variablen Zeitpunkt zum Schließen des Ventils infolge der Momentänderungsaufforderung zu bestimmen, wobei der variable Zeitpunkt im Arbeitszyklus in Abhängigkeit vom Sollwert des Saugrohrdrucks relativ zu dem festen Zeitpunkt verschoben ist.

Die Schnittstelle kann eine Hardwareschnittstelle sein. Die Schnittstelle kann dazu ausgebildet sein, dass sie die Steuervorrichtung mit einer ECU oder direkt oder indirekt mit dem Gaspedal verbindet und eine Datenübertragung, d.h. eine Übertragung eines Befehls, der die Momentänderungsaufforderung, beispielsweise ein Sollmoment, enthält, an die Steuervorrichtung ermöglicht. Das Prozessormodul kann elektronische Bauteile aufweisen, wie einen Mikroprozessor. Das Prozessormodul kann ein Sollwertbestimmungsmodul zum Bestimmen des Sollwertes des Gasdrucks und ein Zeitpunktbestimmungsmodul zum Bestimmen des variablen Zeitpunkts in Abhängigkeit vom Gasdruck und der Momentänderungsaufforderung enthalten.

Die Steuervorrichtung kann außerdem einen Speicher enthalten, in dem Sollwerte bezüglich des Gasdrucks im Gasleitungsabschnitt in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung und/oder Informationen zur Bestimmung des variablen Zeitpunktes in Abhängigkeit vom Gasdruck hinterlegt sind. Der Speicher kann ein Datenspeicher sein.

Die Steuervorrichtung kann ferner dazu ausgebildet sein, die hinsichtlich des Verfahrens beschriebenen Merkmale einzeln oder in beliebigen Kombinationen auszuführen.

Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine Verbrennungskraftmaschine mit einer Steuervorrichtung, wie sie oben beschrieben ist, und einem Zylinder. Der Zylinder ist über ein Ventil mit einem Gasleitungsabschnitt verbunden, in dem ein Stellorgan zum Einstellen eines Gasdrucks in dem Gasleitungsabschnitt vorgesehen ist. Das Ventil ist mittels der Steuervorrichtung so steuerbar, dass das Ventil bei gleichbleibendem Moment der Verbrennungskraftmaschine zu einem festen Zeitpunkt in einem Arbeitszyklus der Verbrennungskraftmaschine schließt und dass das Ventil infolge einer Momentänderungsaufforderung zu einem variablen Zeitpunkt

schließt, wobei der variable Zeitpunkt im Arbeitszyklus in Abhängigkeit von einem Sollwert des Gasdrucks relativ zu dem festen Zeitpunkt verschoben ist.

Die Verbrennungskraftmaschine kann ein Einlassventil, über das der Zylinder mit einem Saugrohr, in dem eine Drosselklappe vorgesehen ist, verbunden ist, und ein Auslassventil enthalten, über das der Zylinder mit einem Auslasskanal, in dem ein Turbolader vorgesehen ist, verbunden ist. Die Verbrennungskraftmaschine kann so gestaltet sein, dass das Einlassventil und/oder das Auslassventil infolge einer Momentanforderung zu einem einlassventilbezogenen variablen Zeitpunkt bzw. zu einem auslassventilbezogenen variablen Zeitpunkt geschlossen werden können.

Manche Ausführungsbeispiele betreffen auch ein Kraftfahrzeug mit einer Verbrennungskraftmaschine, wie sie oben beschrieben wurde.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun beispielhaft und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in denen:

Fig. 1 schematisch ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt;

Fig. 2 schematisch einen Aufbau einer Steuervorrichtung zeigt;

Fig. 3 eine Verschiebung der Schließzeitpunkte bei Anforderung zur Momenterhöhung darstellt;

Fig. 4 einen zeitlichen Verlauf des Saugrohrdrucks und der Verschiebung des Schließzeitpunktes eines Einlassventils über mehrere Arbeitszyklen veranschaulicht;

Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel für den Aufbau einer Steuervorrichtung zeigt; und

Fig. 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel für den Aufbau einer Steuervorrichtung zeigt.

Ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens 10 zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine gemäß der Erfindung ist in Fig. 1 schematisch dargestellt.

Die Verbrennungskraftmaschine weist dazu einen Zylinder auf, der über ein Einlassventil mit einem Saugrohr verbunden ist, in dem eine Drosselklappe zum Einstellen eines Saugrohrdrucks vorgesehen ist.

In einem laufenden Steuerprozess 101, während dessen das Moment der Verbrennungskraftmaschine konstant ist, wird das Einlassventil zu einem festen Zeitpunkt in einem Arbeitszyklus

geschlossen. Der feste Zeitpunkt ist so definiert, dass zu diesem das Zylindervolumen geringer als das maximal mögliche Zylindervolumen ist. Der Arbeitszyklus der Verbrennungskraftmaschine wird weiter unten mit Bezug auf Fig. 3 im Detail beschrieben.

Kommt es zu einer Anforderung zur Erhöhung des Motormoments, die in diesem Beispiel durch Treten eines Gaspedals ausgelöst wird, wird diese Momentänderungsaufforderung in Schritt 102 erkannt. In einem nachfolgenden Schritt 103 wird ein Sollwert bezüglich des Saugrohrdrucks im Saugrohr in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung bestimmt. Dazu wird auf vorab gespeicherte Kennfelder, die den Saugrohrdruck in Abhängigkeit vom Motormoment beschreiben, zugegriffen, so dass der Sollwert des Saugrohrdrucks abgelesen werden kann. Der Sollwert des Saugrohrdrucks ist größer als ein zum Zeitpunkt der Momentänderungsaufforderung herrschender Saugrohrdruck.

Mit Hilfe des Sollwertes des Saugrohrdrucks wird in Schritt 1040 eine Sollstellung der Drosselklappe bestimmt. Anschließend wird die Drosselklappe entsprechend dem bestimmten Sollwert der Drosselklappenstellung eingestellt (Schritt 1041).

Gleichzeitig zu Schritt 1040 wird in Schritt 1050 ein variabler Zeitpunkt zum Schließen des Einlassventils infolge der Momentänderungsaufforderung in Abhängigkeit vom Sollwert des Saugrohrdrucks bestimmt. Der bestimmte variable Zeitpunkt im Motorzyklus in Abhängigkeit vom Sollwert des Saugrohrdrucks ist relativ zu dem festen Zeitpunkt nach hinten verschoben, wie hinsichtlich der Fig. 3 weiter unter erläutert wird.

Anschließend wird das Einlassventil für einige Motorzyklen zu dem variablen Zeitpunkt geschlossen (Schritt 1051). Sobald der Istwert des Saugrohrdrucks dem Sollwert des Saugrohrdrucks entspricht, wird das Einlassventil wieder zu dem festen Zeitpunkt geschlossen (Schritt 1052). Anschließend wird in einen kontinuierlichen Steuerprozess 106 übergegangen, der dem Prozess 101 ähnelt und in dem das Einlassventil zum festen Zeitpunkt geschlossen wird.

In Fig. 2 ist schematisch eine Verbrennungskraftmaschine 2 zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder gezeigt. Die Verbrennungskraftmaschine 2 ist wie die zur Ausführung des Verfahrens 10 aus der Fig. 1 erläuterte Verbrennungskraftmaschine aufgebaut. Die Verbrennungskraftmaschine 2 enthält zudem eine Steuervorrichtung 20. Die Steuervorrichtung 20 weist eine Schnittstelle 201 auf, die mit einer ECU verbunden sein kann. Die ECU ist dazu ausgebildet, Daten bezüglich einer Momentänderungsaufforderung, die beispielsweise durch Treten des

Gaspedals erzeugt sind, beispielsweise ein Sollmoment, zu verarbeiten und an die Steuervorrichtung 20 zu übertragen.

Die Steuervorrichtung 20 enthält weiterhin ein Prozessormodul 202, das ein Sollwertbestimmungsmodul 2020 und ein Zeitpunktbestimmungsmodul 2021 enthält. Das Prozessormodul 202 ist mit der Schnittstelle 201 verbunden, um auf eine Momentänderungsaufforderung 300, die über die Schnittstelle 201 zur Verfügung gestellt wird, zugreifen zu können. Die Steuervorrichtung 20 ist mit einem Stellmodul 21 zum Verstellen der Position der Drosselklappe verbunden, um den Sollwert 301, der durch die Sollwertbestimmungseinheit 2020 bestimmt wurde, an das Stellmodul 21 melden zu können. Das Sollwertbestimmungsmodul 2020 und das Zeitpunktbestimmungsmodul 2021 sind so miteinander gekoppelt, dass das Zeitpunktbestimmungsmodul 2021 den Sollwert 301 des Saugrohrdrucks erhält, um daraus den variablen Zeitpunkt 302 zu bestimmen. Die Steuervorrichtung 20 ist weiterhin mit einem Schaltmodul 22 zum Schalten des Einlassventils verbunden, um den variablen Zeitpunkt 302 übertragen zu können und das Schaltmodul 22 in den Motorzyklen nach einer Momentänderungsaufforderung 300 zum variablen Zeitpunkt 302 zu schließen.

Fig. 3 zeigt ein Diagramm eines Ausschnitts eines Arbeitszyklus der Verbrennungskraftmaschine, das die Öffnungs- und Schließzeitpunkte des Einlassventils und den Schließzeitpunkt des Auslassventils während des Ansaugens verdeutlicht. Es ist ein Kreissektor gezeigt, auf dem ein oberer Totpunkt OT und ein unterer Totpunkt UT angedeutet ist. Am oberen Totpunkt OT befindet sich der Kolben der Verbrennungskraftmaschine in einer Position, in der das Zylindervolumen minimal ist. Am unteren Totpunkt UT befindet sich der Kolben in einer Position im Zylinder, so dass das Zylindervolumen maximal ist.

Zwischen dem oberen Totpunkt OT und dem unteren Totpunkt UT entlang der rechten Kreishälfte erfolgt das Ansaugen. Wie in Fig. 3 links vom oberen Totpunkt OT gezeigt, wird das Einlassventil der Verbrennungskraftmaschine zu einem Öffnungszeitpunkt ÖE geöffnet, so dass durch in den Zylinder einfließende Frischluft im Zylinder verbliebenes Restgas aus dem Zylinder verdrängt werden kann. Kurz nach Erreichen des oberen Totpunkts OT liegt ein Schließzeitpunkt SA des Auslassventils. Da die Verbrennungskraftmaschine gemäß dem Miller-Verfahren arbeitet, liegt der Schließzeitpunkt SE des Einlassventils vor Erreichen des unteren Totpunkts UT, d.h. im Mittelteil des zweiten Quadranten des Kreissektors. Der Schließzeitpunkt SE des Einlassventils ist im Gleichgewichtszustand, d.h. wenn keine Momentänderungsaufforderung vorliegt und Zustandsgrößen konstant sind, ein fester Schließzeitpunkt. Sobald eine Momentanforderungsaufforderung, das Moment zu erhöhen, erkannt wird, wird das Einlassventil zu einem

späteren Zeitpunkt, einem variablen Zeitpunkt  $vSE$ , geschlossen. Der variable Schließzeitpunkt  $vSE$  des Einlassventils ist in Fig. 3 unmittelbar vor dem unteren Totpunkt  $UT$  eingezeichnet. Allerdings kann die Verschiebung zwischen variablem Schließzeitpunkt  $vSE$  und festem Schließzeitpunkt  $SE$  auch geringer sein oder mit steigender Zahl an Motorzyklen nach der Momentänderungsaufforderung abnehmen. Eine mögliche Abhängigkeit der Verschiebung  $\varphi$  des variablen Zeitpunktes sowie der Saugrohrdruck  $P_s$  mit steigender Zahl an Arbeitszyklen bzw. mit der Zeit  $t$  ist in Fig. 4 angedeutet.

Fig. 4 zeigt, dass zum Zeitpunkt  $T_1$ , bei dem eine Momentänderungsaufforderung erkannt wird, die Verschiebung  $\varphi$  des variablen Schließzeitpunktes relativ zum festen Schließzeitpunkt plötzlich ansteigt. Der Saugrohrdruck  $P_s$  hingegen steigt nur langsam, da es eine Weile dauert, bis der Sollwert des Saugrohrdrucks eingestellt ist. Mit der Zeit verringert sich die Verschiebung  $\varphi$  des variablen Schließzeitpunktes während der Saugrohrdruck weiter ansteigt.

Durch das Verschieben des Schließzeitpunktes des Einlassventils von einem festen Schließzeitpunkt  $SE$  zu dem variablen Schließzeitpunkt  $vSE$  kann somit schneller auf eine Momentänderungsaufforderung reagiert werden als durch Einstellen des Saugrohrdrucks. Da der Saugrohrdruck im Anschluss angepasst wird, kann bei gleichmäßigem Fahren weiterhin erreicht werden, dass die Vorteile des Miller-Verfahrens ausgenutzt werden können.

Der Schließzeitpunkt  $SA$  des Auslassventils kann im Gleichgewichtszustand, d.h. wenn keine Momentänderungsaufforderung vorliegt, ein fester Zeitpunkt sein. Liegt jedoch eine Momentänderungsaufforderung zur Erhöhung des Moments vor, so kann das Auslassventil zu einem früheren Zeitpunkt, dem variablen Schließzeitpunkt  $vSA$ , geschlossen werden, um zu vermeiden, dass zu viel Restgas in den Zylinder zurückfließt. Der variable Schließzeitpunkt  $vSA$  des Auslassventils liegt, wie in Fig. 3 gekennzeichnet, zwischen dem oberen Totpunkt  $OT$  und dem festen Schließzeitpunkt  $SA$  des Auslassventils. Die Verschiebung zwischen dem variablen Schließzeitpunkt  $vSA$  des Auslassventils und dem festen Schließzeitpunkt  $SA$  des Auslassventils kann auch geringer sein oder mit steigender Zahl an Motorzyklen nach der Momentänderungsaufforderung abnehmen. Ein Verlauf der Verschiebung des variablen Zeitpunktes  $vSA$  sowie ein Verlauf des Abgasgegendrucks mit steigender Zahl an Arbeitszyklen bzw. mit der Zeit  $t$  können analog zu der Verschiebung  $\varphi$  und dem Saugrohrdruck  $P_s$  in Fig. 4 verlaufen. Somit kann schnell auf Momentänderungsaufforderungen reagiert werden.

Mit Bezug auf Fig. 2 wurde lediglich die Steuerung des Einlassventils einer Verbrennungskraftmaschine beschrieben. Fig. 5 zeigt nun ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine Verbren-

nungskraftmaschine 4, das auf die Steuerung einer Reihe von füllungsbeeinflussenden Stel-  
lelementen eingeht.

Die Verbrennungskraftmaschine 4 enthält eine Steuervorrichtung. Die Steuervorrichtung enthält  
eine Schnittstelle (nicht gezeigt), über die auf eine aktuelle Drehzahl 500 und auf ein Sollmo-  
ment 501, d.h. eine Momentänderungsaufforderung, zugegriffen wird. Die Schnittstelle kann  
dazu z.B. mit einer ECU verbunden sein.

Die Steuervorrichtung enthält weiterhin ein Prozessormodul, das ein Sollwertbestimmungs-  
modul 41 enthält. Das Sollwertbestimmungsmodul 41 enthält einen Speicher, der Kennfelder für  
eine Luftmasse, einen Liefergrad, einen Druckvorhalt über der Drosselklappe, einen Restgas-  
gehalt einer internen Abgasrückführung und einen Restgasgehalt einer externen Abgasrückfüh-  
rung aufweist. Das Sollwertbestimmungsmodul 41 ist dazu ausgebildet, mit Hilfe der Kennfelder  
aus dem Speicher und der aktuellen Drehzahl 500 und des Sollmoments 501, die über die  
Schnittstelle empfangen werden, eine Soll-Luftmasse 502, einen Soll-Liefergrad 503, einen  
Soll-Druckvorhalt 504, einen Soll-Restgasgehalt 505 der internen Abgasrückführung und einen  
Soll-Restgasgehalt 506 der externen Restgasrückführung zu bestimmen und auszugeben.

Die Soll-Luftmasse 502 und der Soll-Liefergrad 503 werden von der Sollwertbestimmungsein-  
heit 41 an eine Saugrohrdruckbestimmungsvorrichtung 42 weitergegeben, so dass diese einen  
Sollsaugrohrdruck 507 berechnet. Der Sollsaugrohrdruck 507 wird an einen Saugrohrdruckreg-  
ler 43 übermittelt, der dann die Drosselklappe 400 im Zylinder in eine geeignete Stellung bringt  
(Bezugszeichen 508).

Der Saugrohrdruck 507 wird zudem an ein Soll-Ladedruckbestimmungsmodul 44 übermittelt.  
Das Soll-Ladedruckbestimmungsmodul 44 ist weiterhin mit dem Sollwertbestimmungsmodul 41  
verbunden, um den Soll-Druckvorhalt 504 zu empfangen. Das Soll-  
Ladedruckbestimmungsmodul 44 ist dazu ausgebildet, einen Soll-Ladedruck 509 zu berechnen  
und an einen Ladedruckregler 45 zu übertragen. Der Ladedruckregler 45 ist dazu ausgebildet,  
den Turbolader 401 im Auslasskanal zu steuern (Bezugszeichen 510).

Die Steuereinheit der Verbrennungskraftmaschine 4 weist zudem ein Zeitpunktbestimmungs-  
modul 46 auf. Das Zeitpunktbestimmungsmodul 46 ist mit dem Sollwertbestimmungsmodul 41  
verbunden, um die Soll-Luftmasse 502 und den Soll-Restgasgehalt 505 von dieser zu empfan-  
gen. Das Zeitpunktbestimmungsmodul 46 ist dazu ausgebildet, auf Basis der aktuellen Dreh-  
zahl 500, dem Sollmoment 501, der Soll-Luftmasse 502 und dem Soll-Restgasgehalt 505 der

internen Abgasrückführung die Schaltzeitpunkte des Einlassventils (402) und des Auslassventils (403) zu bestimmen und diese entsprechend einzustellen (Bezugszeichen 511, 512), d.h. zu öffnen und zu schließen.

Dazu sind Füllungserfassungsmodelle für die Frischluftmasse und für den Restgasgehalt der internen Abgasrückführung bereitgestellt. Über partielle Ableitungen der Füllungserfassungsmodelle wird der Einfluss des Einlassventils und des Auslassventils auf die Frischluftmasse und den Restgasgehalt der internen Abgasrückführung ermittelt. Mit Hilfe einer Jacobi-Matrix werden dann die Schaltzeitpunkte des Einlassventils und des Auslassventils bestimmt. Liegt eine Momentänderungsaufforderung, das Moment zu erhöhen, vor, so ist der Schließzeitpunkt des Einlassventils und des Auslassventils solange verschoben, bis sich der Sollwert des Saugrohrdrucks 507 und der Sollwert des Ladedrucks 510 eingestellt haben.

Zudem weist die Steuervorrichtung einen Abgasrückführventilregler 47 auf, der mit dem Sollwertbestimmungsmodul 41 verbunden ist, um von diesem die Soll-Luftmasse 502 und des Soll-Restgasgehalt in der externen Abgasrückführung zu empfangen. Der Abgasrückführventilregler 57 ist dazu ausgebildet, eine Soll-Stellung des Abgasrückführventils zu bestimmen und das Abgasrückführventil 404 entsprechend zu steuern (Bezugszeichen 513).

In manchen Ausführungsbeispielen ist die Steuervorrichtung als ein gemeinsamer Prozessor ausgebildet, der die Funktionen des Sollwertbestimmungsmoduls 41, des Saugrohrdruckbestimmungsmoduls 42, des Soll-Ladedruckbestimmungsmoduls 44 und des Zeitpunktbestimmungsmoduls 46 ausführt.

Fig. 6 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel einer Verbrennungskraftmaschine. Die Verbrennungskraftmaschine 4' enthält eine Steuervorrichtung. Die Steuereinrichtung enthält wie die Steuervorrichtung in Fig. 5 ein Sollwertbestimmungsmodul 41, eine Saugrohrdruckbestimmungsmodul 42 und ein Soll-Ladedruckbestimmungsmodul 44. Die Steuervorrichtung weist weiterhin ein Bearbeitungsmodul 48 auf, das auf Grundlage der aktuellen Drehzahl 500, des Sollwertmoments 501, der Soll-Luftmasse 502, des Soll-Liefergrads 503, des Soll-Druckvorhalts 504, des Soll-Restgasgehalts 505 der internen Abgasrückführung, des Soll-Restgasgehalt 506 der externen Abgasrückführung, des Sollsaugrohrdrucks 507 und des Soll-ladedrucks 509 die Stellung von füllungsbeeinflussenden Stellelementen, d.h. der Drosselklappe 400, des Turboladers 401, des Einlassventils 402, des Auslassventils 403 und des Abgasrückführventils 404, bestimmt und diese entsprechend regelt.

Zum Bestimmen der Stellung der Stellelemente werden Streckenmodelle gebildet, die beschreiben, wie der Saugrohrdruck von der Stellung der Drosselklappe 400 beeinflusst wird, wie der Ladedruck durch den Abgasturbolader 401, d.h. einen Steller der Abgasturboladers, beeinflusst wird, wie die Stellelemente auf Änderungen ihrer Stellung reagieren und wie die Frischluftmassen und der Gehalt des internen Restgases von den Stellungen des Einlassventils 402 und des Auslassventils 403 abhängen. Um den Einfluss des Einlassventils und des Auslassventils auf die Frischluftmasse und den Restgasgehalt der inneren Abgasrückführung zu bestimmen, können Füllungserfassungsmodelle herangezogen werden.

Auf Basis der Streckenmodelle werden anschließend die Stellelemente eingestellt über die Signale 508, 510, 511, 512 und 513. Die Einstellung des Einlassventils und gegebenenfalls des Auslassventils erfolgt dadurch, dass zusätzlich zur Einstellung des Saugrohrdrucks durch die Drosselklappe die Füllungszusammensetzung bei Momentänderungsaufforderung optimiert wird, indem die Schließzeitpunkte des Einlassventils und gegebenenfalls des Auslassventils zeitlich verschoben werden, um schneller als auf Grundlage der Stellung der Drosselklappe auf eine Momentänderungsaufforderung reagieren zu können.

Zusammenfassend zeichnet sich die vorliegende Erfindung dadurch aus, dass die Füllungszusammensetzung im Zylinder durch mehrere Stellorgane beeinflusst wird und so schnell auf Momentänderungsaufforderungen reagiert werden kann.

**Bezugszeichenliste**

- 10 Verfahren zum Ausführen eines Gaswechsels
- 101 laufender Steuerprozess
- 102 Erkennen einer Momentänderungsaufforderung
- 103 Bestimmen eines Sollwerts des Saugrohrdrucks
- 1040 Bestimmen einer Sollstellung der Drosselklappe
- 1041 Einstellen der Sollstellung der Drosselklappe
- 1050 Bestimmen eines variablen Zeitpunkts
- 1051 Schließen des Auslassventils zum variablen Zeitpunkt
- 1052 Feststellen, dass Sollwert des Saugrohrdrucks dem Istwert entspricht
- 106 kontinuierlicher Steuerprozess
- 2 Verbrennungskraftmaschine
- 20 Steuervorrichtung
- 201 Schnittstelle
- 202 Prozessormodul
- 2020 Sollwertbestimmungsmodul
- 2021 Zeitpunktbestimmungsmodul
- 21 Stellmodul
- 22 Schaltmodul
- 300 Momentänderungsaufforderung
- 301 Sollwert des Saugrohrdrucks
- 302 variabler Zeitpunkt
- 4 Verbrennungskraftmaschine
- 41 Sollwertbestimmungsmodul
- 42 Saugrohrdruckbestimmungsvorrichtung
- 43 Saugrohrdruckregler
- 44 Soll-Ladedruckbestimmungsmodul
- 45 Ladedruckregler
- 46 Zeitpunktbestimmungsmodul
- 47 Abgasrückführventilregler
- 400 Drosselklappe
- 401 Turbolader
- 402 Einlassventil

403	Auslassventil
404	Abgasrückführventil
500	Drehzahl
501	Sollmoment
502	Soll-Luftmasse
503	Soll-Liefergrad
504	Soll-Druckvorhalt
505	Soll-Restgasgehalt der internen Abgasrückführung
506	Soll-Restgasgehalt der externen Abgasrückführung
507	Sollsaugrohrdruck
508	Stellsignal für Drosselklappe
509	Soll-Ladedruck
510	Steuersignal für Turbolader
511	Stellsignal für Einlassventil
512	Stellsignal für Auslassventil
513	Stellsignal für Abgasrückführventil
OT	oberer Totpunkt
UT	unterer Totpunkt
ÖE	Öffnungszeitpunkt des Einlassventils
SE	Schließzeitpunkt des Einlassventils
vSE	variabler Schließzeitpunkt des Einlassventils
SA	Schließzeitpunkt des Auslassventils
vSA	variabler Schließzeitpunkt des Auslassventils
Ps	Saugrohrdruck
$\varphi$	Verschiebung des variablen Schließzeitpunktes des Einlassventils zum festen Zeitpunkt
t	Zeit

### Patentansprüche

1. Verfahren (10) zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine, wobei der Zylinder über ein Ventil mit einem Gasleitungsabschnitt verbunden ist, in dem ein Stellorgan zum Einstellen eines Gasdrucks in dem Gasleitungsabschnitt vorgesehen ist, wobei das Ventil bei gleichbleibendem Moment der Verbrennungskraftmaschine zu einem festen Zeitpunkt (SE, SA) in einem Arbeitszyklus der Verbrennungskraftmaschine schließt, mit den Schritten:
  - Erkennen einer Momentänderungsaufforderung (102);
  - Bestimmen eines Sollwerts bezüglich des Gasdrucks im Gasleitungsabschnitt in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung (103); und
  - Bestimmen eines variablen Zeitpunktes (vSE, vSA) zum Schließen des Ventils infolge der Momentänderungsaufforderung (1050), wobei der variable Zeitpunkt (vSE, vSA) im Arbeitszyklus in Abhängigkeit vom Sollwert des Gasdrucks relativ zu dem festen Zeitpunkt (SE, SA) verschoben ist.
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Sollwert bezüglich des Gasdrucks mit Hilfe von Kennfeldern bestimmt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Stellorgan infolge der Momentänderungsaufforderung so gesteuert wird (1041), dass sich im Gasleitungsabschnitt der in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung bestimmte Sollwert des Gasdrucks einstellt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der feste Zeitpunkt (SE, SA) auf Grundlage eines Füllungserfassungsmodells bestimmt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ventil infolge der Momentänderungsaufforderung während eines oder mehrerer Arbeitszyklen zu dem bestimmten variablen Zeitpunkt (vSE, vSA) geschlossen wird oder wobei das Ventil infolge der Momentänderungsaufforderung in einem ersten Arbeitszyklus nach der Momentänderungsaufforderung zu dem bestimmten variablen Zeitpunkt (vSE, vSA) und in direkt nachfolgenden Arbeitszyklen zu angepassten Zeitpunkten, die zwischen dem variablen Zeitpunkt (vSE, vSA) und dem festen Zeitpunkt (SE, SA) liegen, geschlossen wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ventil infolge der Momentänderungsaufforderung solange zu dem bestimmten variablen Zeitpunkt (vSE, vSA) oder zu angepassten Zeitpunkten, die in einem Intervall zwischen dem variablen Zeitpunkt (vSE, vSA) und dem festen Zeitpunkt (SE, SA), das den variablen Zeitpunkt (vSE, vSA) einschließt, liegen, geschlossen wird, bis ein Istwert bezüglich des Gasdrucks den Sollwert bezüglich des Gasdrucks erreicht (1052), und im Anschluss zum festen Zeitpunkt geschlossen wird (106).
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
  - das Ventil ein Einlassventil ist,
  - der Gasleitungsabschnitt ein Saugrohr ist, das über das Einlassventil mit dem Zylinder verbunden ist, und
  - das Stellorgan zum Einstellen eines Gasdrucks in dem Gasleitungsabschnitt eine Drosselklappe zum Einstellen eines Saugrohrdrucks in dem Saugrohr ist, die in dem Saugrohr angeordnet ist.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 6, wobei
  - das Ventil ein Auslassventil ist,
  - der Gasleitungsabschnitt ein Auslasskanalabschnitt ist, der über das Auslassventil mit dem Zylinder verbunden ist, und
  - das Stellorgan zum Einstellen eines Gasdrucks in dem Gasleitungsabschnitt ein Abgasturbolader zum Einstellen eines Abgasgegendrucks im Auslasskanalabschnitt ist, der in dem Auslasskanalabschnitt angeordnet ist.
9. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Zylinder weiterhin über ein Einlassventil mit einem Saugrohr verbunden ist, in dem eine Drosselklappe zum Einstellen eines Saugrohrdrucks vorgesehen ist, wobei das Einlassventil bei gleichbleibendem Moment der Verbrennungskraftmaschine zu einem einlassventilbezogenen festen Zeitpunkt (SE) in dem Arbeitszyklus schließt, mit den zusätzlichen Schritten:
  - Bestimmen eines Sollwerts bezüglich des Saugrohrdrucks im Saugrohr in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung, und
  - Bestimmen eines einlassventilbezogenen variablen Zeitpunktes (vSE) zum Schließen des Einlassventils infolge der Momentänderungsaufforderung, wobei der einlassventilbezogene variable Zeitpunkt (vSE) im Arbeitszyklus in Abhängigkeit vom Sollwert des Saugrohrdrucks relativ zu dem einlassventilbezogenen festen Zeitpunkt (SE) verschoben ist.

10. Verfahren nach Anspruch 7 oder 9, wobei die Momentänderungsaufforderung eine Aufforderung zur Erhöhung des Motormoments enthält und der variable Zeitpunkt (vSE) zum Schließen des Einlassventils im Arbeitszyklus später liegt als der feste Zeitpunkt (SE).
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7, 9 oder 10, wobei der feste Zeitpunkt (SE) in einer Ansaugphase des Arbeitszyklus vor Erreichen eines maximalen Volumens des Zylinders liegt.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verbrennungskraftmaschine zusätzliche Stellmittel zum Beeinflussen des Gaswechsels enthält, die gesteuert werden, indem ein Sollwert bezüglich der Stellung des Stellmittels in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung bestimmt wird.
13. Steuervorrichtung (20) zum Ausführen eines Gaswechsels in einem Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine (2), insbesondere eines Verfahrens (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Zylinder über ein Ventil mit einem Gasleitungsabschnitt verbunden ist, in dem ein Stellorgan zum Einstellen eines Gasdrucks in dem Gasleitungsabschnitt vorgesehen ist, wobei das Ventil bei gleichbleibendem Moment der Verbrennungskraftmaschine (2) zu einem festen Zeitpunkt (SE, SA) in einem Arbeitszyklus der Verbrennungskraftmaschine (2) schließt, enthaltend:
  - eine Schnittstelle (201) zum Empfangen einer Momentänderungsaufforderung (300);
  - und
  - ein Prozessormodul (202)
    - zum Bestimmen eines Sollwerts (301) bezüglich des Gasdrucks im Gasleitungsabschnitt in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung (300); und
    - zum Bestimmen eines variablen Zeitpunktes (vSE, vSA) zum Schließen des Ventils infolge der Momentänderungsaufforderung (300), wobei der variable Zeitpunkt (vSE, vSA) im Arbeitszyklus in Abhängigkeit vom Sollwert (301) des Gasdrucks relativ zu dem festen Zeitpunkt (SE, SA) verschoben ist.
14. Steuervorrichtung (20) nach dem vorhergehenden Anspruch, die weiterhin einen Speicher enthält, in dem Sollwerte (SE, SA) bezüglich des Gasdrucks im Gasleitungsabschnitt in Abhängigkeit von der Momentänderungsaufforderung (300) und/oder Informationen zur Bestimmung des variablen Zeitpunktes (vSE, vSA) in Abhängigkeit vom Sollwert (301) des Gasdrucks hinterlegt sind.

15. Verbrennungskraftmaschine (2) mit einer Steuervorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 13 oder 14 und einem Zylinder, der über ein Ventil mit einem Gasleitungsabschnitt verbunden ist, in dem ein Stellorgan zum Einstellen eines Gasdrucks in dem Gasleitungsabschnitt vorgesehen ist, wobei das Ventil mittels der Steuereinheit so steuerbar ist, dass das Ventil bei gleichbleibendem Moment der Verbrennungskraftmaschine (2) zu einem festen Zeitpunkt (SE, SA) in einem Arbeitszyklus der Verbrennungskraftmaschine (2) schließt und dass das Ventil infolge einer Momentänderungsaufforderung (300) zu einem variablen Zeitpunkt (vSE, vSA) schließt, wobei der variable Zeitpunkt (vSE, vSA) im Arbeitszyklus in Abhängigkeit von einem Sollwert (301) des Saugrohrdrucks relativ zu dem festen Zeitpunkt (SE, SA) verschoben ist.

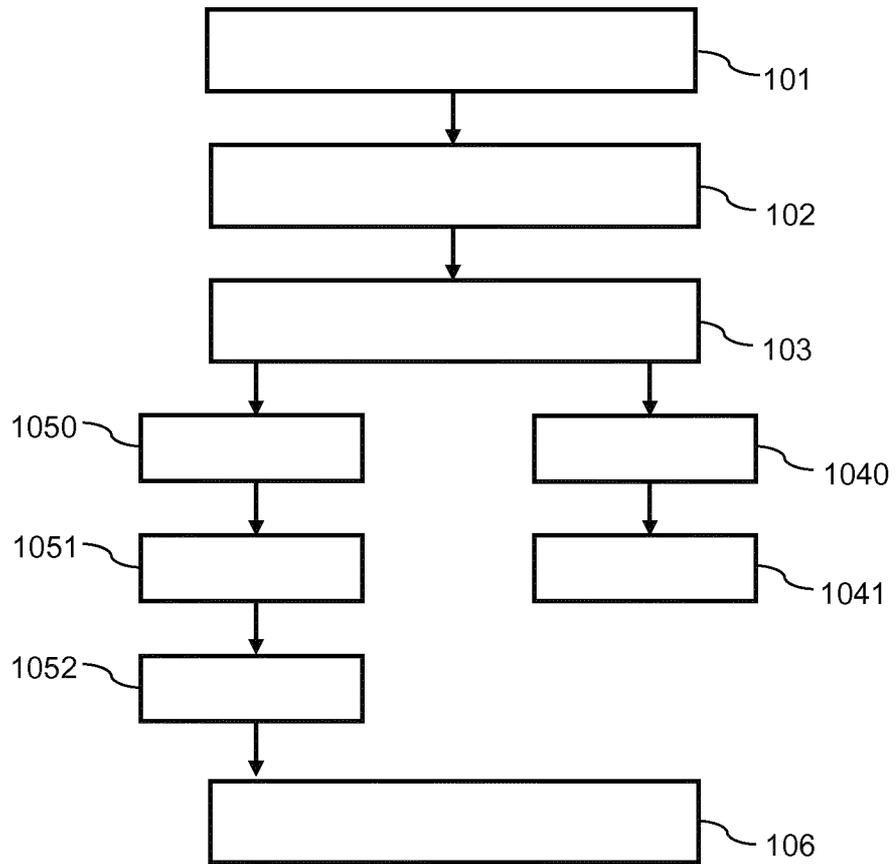


Fig. 1

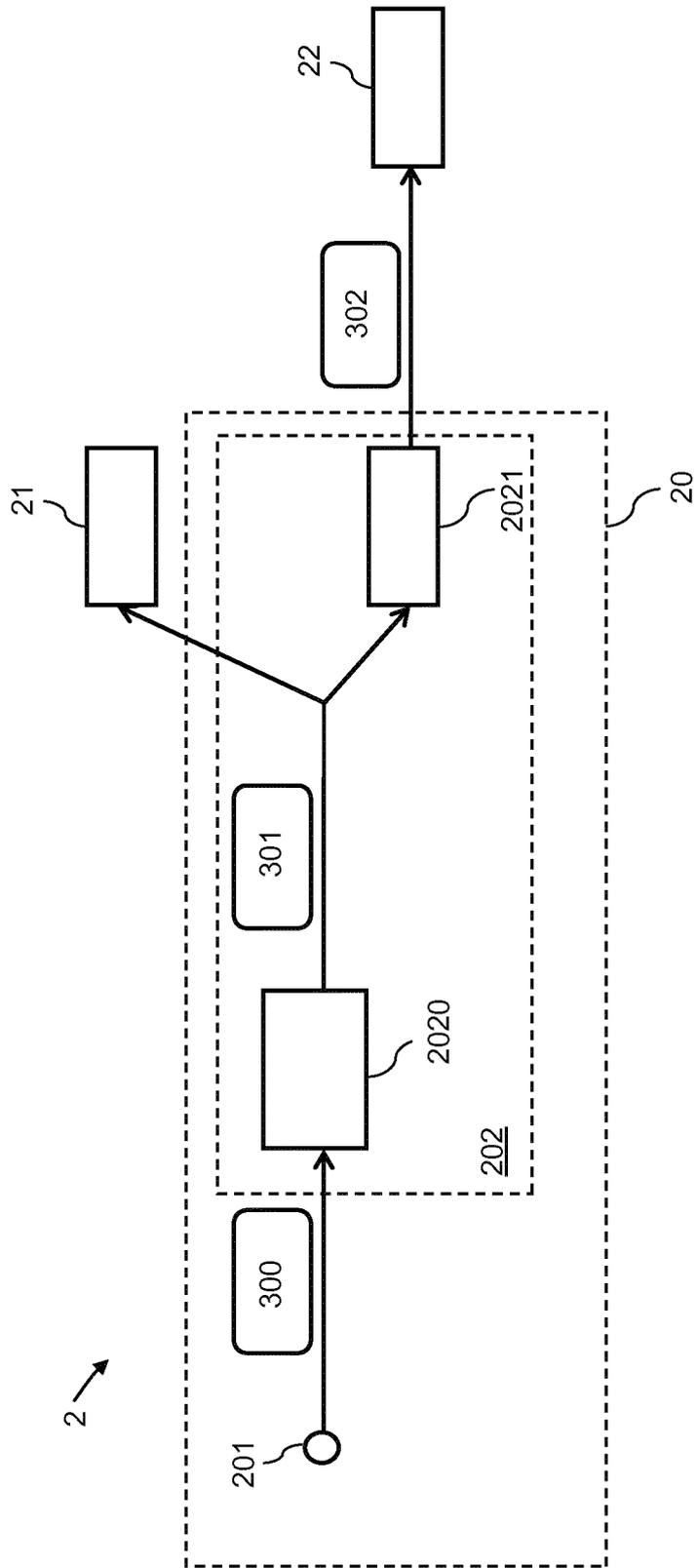


Fig. 2

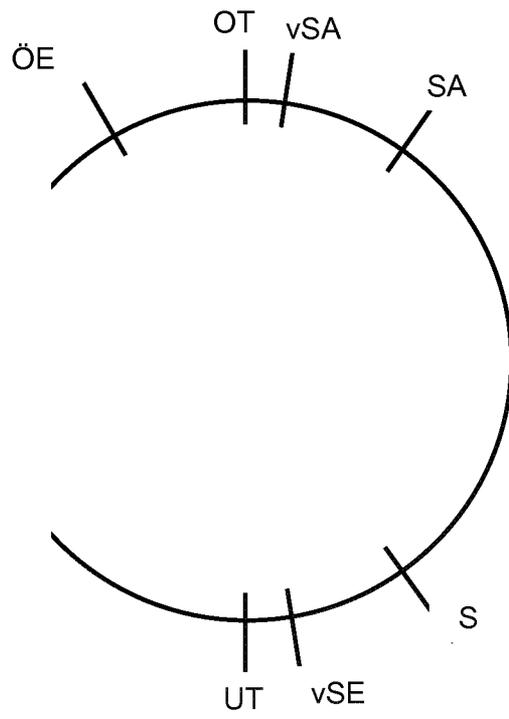


Fig. 3

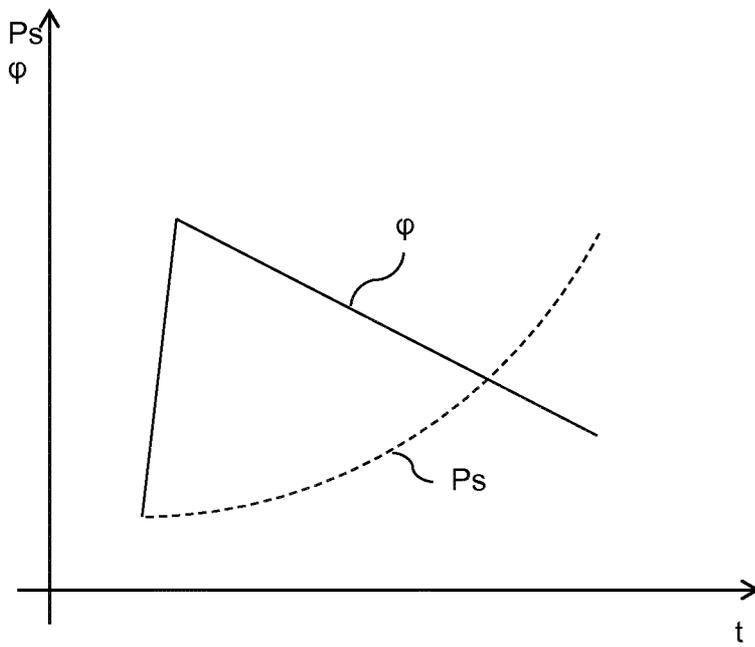


Fig. 4

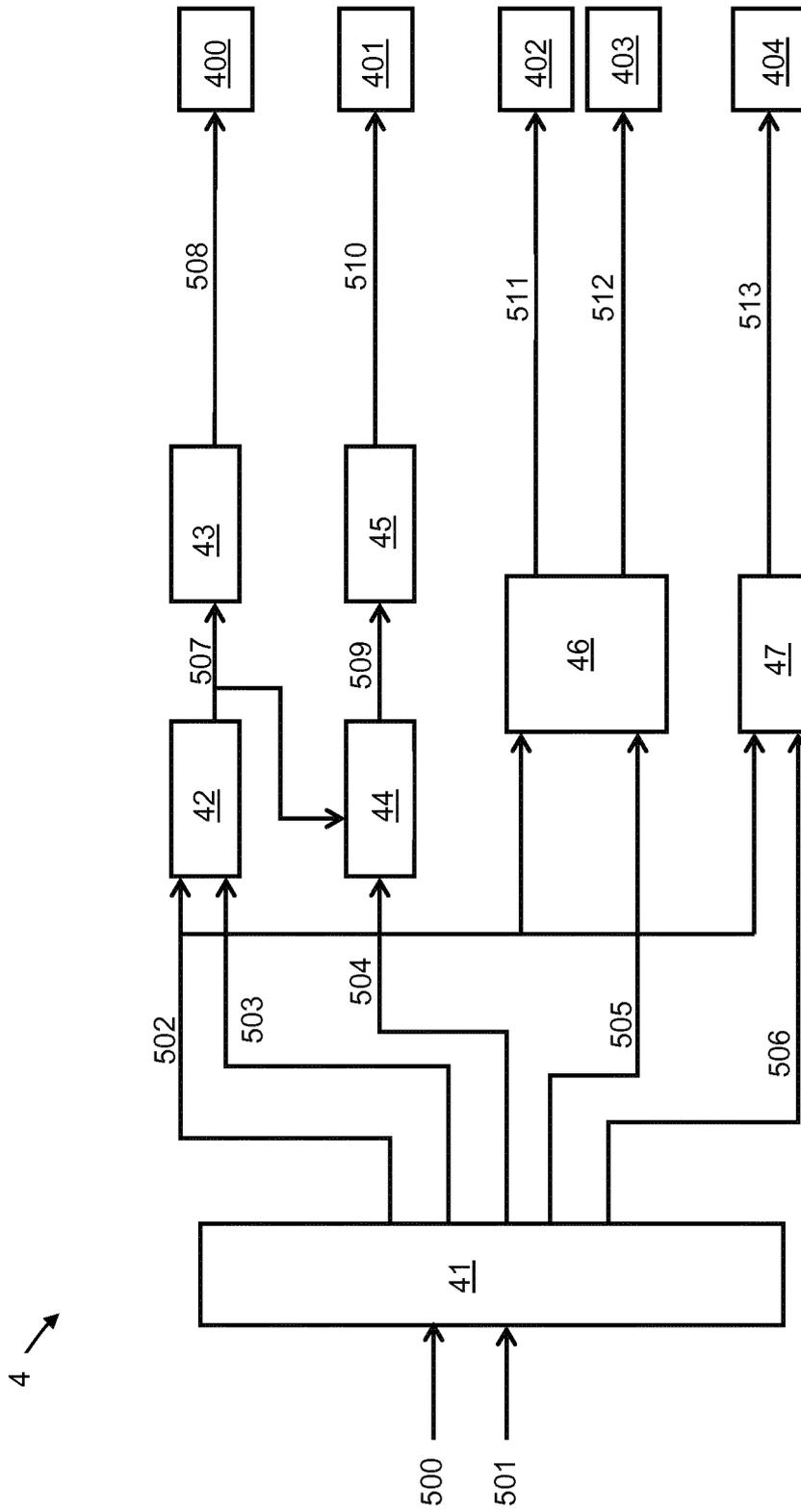


Fig. 5

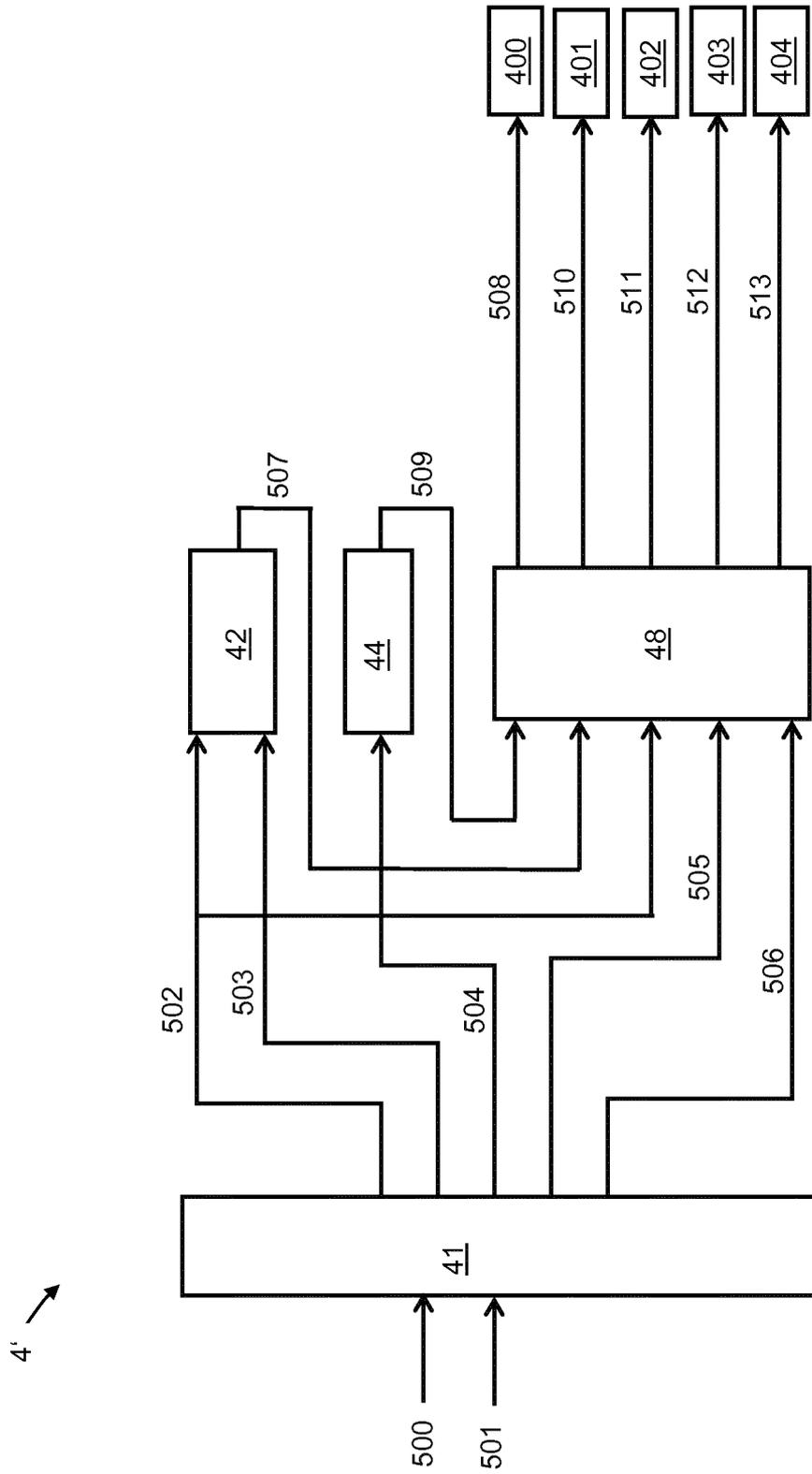


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2015/062914

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. F02D13/02  
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

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)  
EPO-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	WO 2014/016926 A1 (TOYOTA JIDOSHA KK) 30 January 2014 (2014-01-30) the whole document vgl. automatische Übersetzung -----	1-15
X,P	EP 2 878 791 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 3 June 2015 (2015-06-03) the whole document -----	1-15
A,P	US 2015/128904 A1 (YU SONGPING [US]) 14 May 2015 (2015-05-14) abstract paragraph [0004] -----	1-15

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

10 August 2015

Date of mailing of the international search report

09/09/2015

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

Kämper, Fabian

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/062914

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2014016926 A1	30-01-2014	CN 104487679 A EP 2878791 A1 US 2015184606 A1 WO 2014016926 A1	01-04-2015 03-06-2015 02-07-2015 30-01-2014
-----			
EP 2878791 A1	03-06-2015	CN 104487679 A EP 2878791 A1 US 2015184606 A1 WO 2014016926 A1	01-04-2015 03-06-2015 02-07-2015 30-01-2014
-----			
US 2015128904 A1	14-05-2015	NONE	
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. F02D13/02  
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 F02D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

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

EPO-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	WO 2014/016926 A1 (TOYOTA JIDOSHA KK) 30. Januar 2014 (2014-01-30) das ganze Dokument vgl. automatische Übersetzung -----	1-15
X,P	EP 2 878 791 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 3. Juni 2015 (2015-06-03) das ganze Dokument -----	1-15
A,P	US 2015/128904 A1 (YU SONGPING [US]) 14. Mai 2015 (2015-05-14) Zusammenfassung Absatz [0004] -----	1-15



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

10. August 2015

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09/09/2015

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

Kämper, Fabian

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/062914

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2014016926 A1	30-01-2014	CN 104487679 A	01-04-2015
		EP 2878791 A1	03-06-2015
		US 2015184606 A1	02-07-2015
		WO 2014016926 A1	30-01-2014
-----			
EP 2878791 A1	03-06-2015	CN 104487679 A	01-04-2015
		EP 2878791 A1	03-06-2015
		US 2015184606 A1	02-07-2015
		WO 2014016926 A1	30-01-2014
-----			
US 2015128904 A1	14-05-2015	KEINE	
-----			