

(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
15. März 2018 (15.03.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/046147 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 41/38 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/054921

(22) Internationales Anmeldedatum:
02. März 2017 (02.03.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 217 230.1
09. September 2016 (09.09.2016) DE

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

(72) Erfinder: **FRUTH, Reinhard**; Edith Stein Straße 24,
93055 Regensburg (DE). **NIGRIN, Uwe**; Bussardweg 28,
98693 Ilmenau (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, DE, DJ, 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, KH, KN, KP,
KR, KW, 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,

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A HIGH-PRESSURE FUEL PUMP AND HIGH-PRESSURE FUEL PUMP

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER KRAFTSTOFFHOCHDRUCKPUMPE, SOWIE
KRAFTSTOFFHOCHDRUCKPUMPE

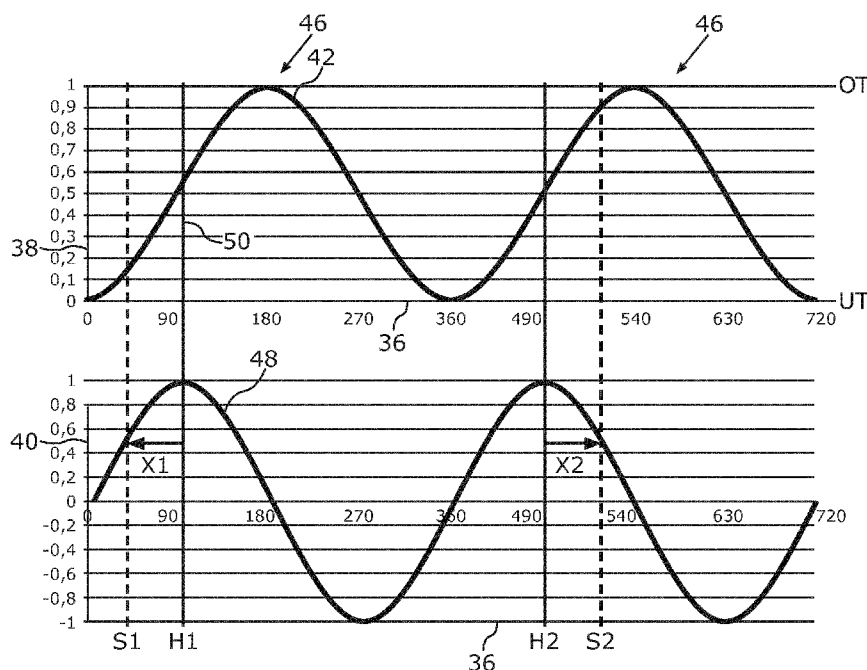


Fig.2

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a high-pressure fuel pump (16), comprising a piston chamber (24) and a piston (26) which is arranged so as to be movable in a translatory fashion in the piston chamber (24), of a fuel injection system (10) for an internal combustion engine, in which the piston (26) executes, within one working cycle of the internal combustion engine, at least two identical, chronologically successive strokes (44, 46) during which the piston (26) is moved in each case from its bottom dead centre (BDC) into its top dead centre (TDC), and from its top dead centre (TDC) back into its bottom dead centre (BDC), in order to feed fuel to the piston chamber (24) via an inlet valve (30) and to compress at least part of the fuel which is fed to the piston chamber (24), wherein the inlet valve (30) opens at least once per stroke (44, 46) and then is closed at least once at a closing time (S1, S2), in

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)

order to set a quantity of the fuel to be compressed by means of the piston (24), wherein the respective closing time (S1, S2) differs from a respective time (H1, H2) at which the piston (26) has its maximum speed during the respective stroke (44, 46).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Kolbenkammer (24) und einen translatorisch bewegbar in der Kolbenkammer (24) angeordneten Kolben (26) umfassenden Kraftstoffhochdruckpumpe (16) eines Kraftstoffeinspritzsystems (10) für eine Verbrennungskraftmaschine, bei welchem der Kolben (26) innerhalb eines Arbeitsspiels der Verbrennungskraftmaschine wenigstens zwei gleiche, zeitlich aufeinanderfolgende Hübe (44, 46), bei denen der Kolben (26) jeweils von seinem unteren Totpunkt (UT) in seinen oberen Totpunkt (OT) und von seinem oberen Totpunkt (OT) zurück in seinen unteren Totpunkt (UT) bewegt wird, ausführt, um der Kolbenkammer (24) Kraftstoff über ein Einlassventil (30) zuzuführen und zumindest einen Teil des der Kolbenkammer (24) zugeführten Kraftstoffes zu verdichten, wobei das Einlassventil (30) je Hub (44, 46) mindestens einmal geöffnet und danach mindestens einmal zu einem Schließzeitpunkt (S1, S2) geschlossen wird, um eine mittels des Kolbens (24) zu verdichtende Menge des Kraftstoffes einzustellen, wobei sich der jeweilige Schließzeitpunkt (S1, S2) von einem jeweiligen Zeitpunkt (H1, H2), zu welchem der Kolben (26) seine während des jeweiligen Hubs (44, 46) auftretende Höchstgeschwindigkeit aufweist, unterscheidet.

Beschreibung

Verfahren zum Betreiben einer Kraftstoffhochdruckpumpe, sowie Kraftstoffhochdruckpumpe

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Kraftstoffhochdruckpumpe gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1, sowie eine solche Kraftstoffhochdruckpumpe gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 9.

10

Ein solches Verfahren zum Betreiben einer Kraftstoffhochdruckpumpe sowie eine solche Kraftstoffhochdruckpumpe sind beispielsweise bereits der WO 2015/055326 A1 als bekannt zu entnehmen. Die Kraftstoffhochdruckpumpe ist dabei Bestandteil eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Verbrennungskraftmaschine, welche wenigstens einen beispielsweise als Zylinder ausgebildeten Brennraum aufweist. Mittels des Kraftstoffeinspritzsystems kann ein Kraftstoff, insbesondere ein flüssiger Kraftstoff, zum Betreiben der Verbrennungskraftmaschine in den Brennraum eingespritzt werden.

20

Dabei umfasst die Kraftstoffhochdruckpumpe eine Kolbenkammer und einen Kolben, welcher translatorisch bewegbar in der Kolbenkammer angeordnet ist. Innerhalb eines Arbeitsspiels der Verbrennungskraftmaschine führt der Kolben, welcher auch als Pumpenkolben bezeichnet wird, wenigstens zwei gleiche, zeitlich aufeinanderfolgende Hübe aus, bei denen sich der Kolben jeweils von seinem unteren Totpunkt in seinen oberen Totpunkt und von seinem oberen Totpunkt zurück in seinen unteren Totpunkt bewegt. Diese Bewegungen des Kolbens werden beispielsweise mittels einer Antriebseinrichtung bewirkt, welche beispielsweise einen Stößel und eine Federeinrichtung umfasst. Mittels des Stößels wird der Kolben beispielsweise aus seinem unteren Totpunkt in seinen oberen Totpunkt bewegt. Mittels der Federeinrichtung wird der Kolben beispielsweise aus seinem oberen Totpunkt in seinen unteren Totpunkt bewegt. Die Hübe des Kolbens werden bewirkt, um der Kolbenkammer Kraftstoff über das Einlassventil zuzuführen und zumindest einen Teil des der Kolbenkammer zugeführten und

30

35

dadurch in die Kolbenkammer eingeleiteten Kraftstoffes mittels des Kolbens zu verdichten und dadurch zu fördern.

5 Dabei wird das Einlassventil je Hub mindestens einmal geöffnet und danach mindestens einmal zu einem Schließzeitpunkt geschlossen, um eine mittels des Kolbens zu verdichtende Menge des Kraftstoffes einzustellen. Hierzu umfasst die Kraftstoffhochdruckpumpe beispielsweise eine elektronische Recheneinrichtung, welche auch als Steuergerät bezeichnet wird. Die
10 elektronische Recheneinrichtung ist dazu ausgebildet, das Einlassventil anzusteuern, um dadurch das Einlassventil je Hub mindestens einmal zu öffnen und mindestens einmal zu schließen. Dabei ist das Einlassventil beispielsweise als elektrisch betätigbares Einlassventil, insbesondere als Magnetventil,
15 ausgebildet.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Kraftstoffhochdruckpumpe der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass auf die Kraftstoffhochdruckpumpe
20 wirkende Belastungen besonders gering gehalten werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie durch eine Kraftstoffhochdruckpumpe mit den Merkmalen des Patentanspruchs 9 gelöst.
25 Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den übrigen Ansprüchen angegeben.

Um ein Verfahren der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art derart weiterzuentwickeln, dass auf die
30 Kraftstoffhochdruckpumpe wirkende Belastungen auf besonders einfache und kostengünstige Weise besonders gering gehalten werden können, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass sich der jeweilige Schließzeitpunkt von einem Zeitpunkt, zu welchem der Kolben seine während des jeweiligen Hubs auftretende Höchstgeschwindigkeit aufweist, unterscheidet. Mit anderen Worten ,
35 wird das Einlassventil, insbesondere mittels einer elektronischen Recheneinrichtung der Kraftstoffhochdruckpumpe, derart angesteuert, dass sich der jeweilige Schließzeitpunkt von dem

jeweiligen Zeitpunkt, zu welchem der Kolben seine während des
jeweiligen Hubs auftretende Höchstgeschwindigkeit aufweist,
unterscheidet. Zur besseren begrifflichen Unterscheidung des
Schließzeitpunkts von dem Zeitpunkt, zu welchem der Kolben seine
5 während des jeweiligen Hubs auftretende Höchstgeschwindigkeit
aufweist, wird der zuvor genannte Zeitpunkt im Folgenden auch als
Geschwindigkeitszeitpunkt bezeichnet. So ist es im Rahmen des
erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass der Schließ-
zeitpunkt nicht dem Geschwindigkeitszeitpunkt entspricht be-
10 ziehungsweise umgekehrt.

Der Erfindung liegt dabei insbesondere die Erkenntnis zugrunde,
dass der Kolben der als Kolbenpumpe ausgebildeten Kraft-
stoffhochdruckpumpe einen gewissen Geschwindigkeitsverlauf
15 zwischen dem oberen Totpunkt und dem unteren Totpunkt aufweist.
Bei Kraftstoffhochdruckpumpen mit digitalem Einlassventil wird
die Kolbenkammer beispielsweise komplett gefüllt. Dabei wird je
nach angeforderter Kraftstoffmenge das Einlassventil bei der
Bewegung des Kolbens in Richtung seines oberen Totpunkts ge-
20 schlossen, sodass beispielsweise ein erster Teil des der
Kolbenkammer zugeführten und somit in die Kolbenkammer ein-
geleiteten Kraftstoffes über das Einlassventil mittels des sich
in Richtung des oberen Totpunkts bewegenden Kolbens wieder aus
der Kolbenkammer ausgeschoben wird und ein zweiter Teil des der
25 Kolbenkammer zugeführten und somit in die Kolbenkammer ein-
geleiteten Kraftstoffes in der Kolbenkammer verbleibt und bei
geschlossenem Einlassventil mittels des sich in Richtung des
oberen Totpunkts beziehungsweise in den oberen Totpunkt be-
wegenden Kolbens verdichtet und dadurch beispielsweise ge-
30 fördert, insbesondere von der Kraftstoffhochdruckpumpe weg-
gefördert, wird. Der zweite Teil ist somit eine Menge des
Kraftstoffes, das heißt eine Kraftstoffmenge, welche mittels des
Kolbens verdichtet und gefördert wird.

Somit wird beispielsweise in dem jeweiligen Hub des Kolbens und
35 somit der Kraftstoffhochdruckpumpe eine jeweils entsprechend
angeforderte Kraftstoffmenge durch den Schließzeitpunkt,
welcher auch als Ventilschließzeitpunkt bezeichnet wird, de-
finiert beziehungsweise eingestellt. Dadurch kann es bei

herkömmlichen Kraftstoffhochdruckpumpen zu Betriebszuständen kommen, in denen ein durch den Kolben, insbesondere durch dessen Bewegung in den oberen Totpunkt, bewirkter Druckaufbau im Bereich der Höchstgeschwindigkeit des Kolbens beginnt. Die Höchstgeschwindigkeit des Kolbens wird auch als maximale Kolbengeschwindigkeit bezeichnet, welche beispielsweise durch eine entsprechende Hubkurve des Kolbens definiert wird. Dies hat zur Folge, dass es zu einem sehr schnellen Druckaufbau in der Kolbenkammer, welche auch als Kolbenraum bezeichnet wird, kommt, wobei der sehr schnelle Druckaufbau aus der hohen Geschwindigkeit des Kolbens resultiert.

Dies führt zu einer sehr schnellen Änderung einer auf den Kolben wirkenden Kraft und zu hohen Drehmomentgradienten, insbesondere eines Antriebs der Kraftstoffpumpe. Solche schnellen Kraftänderungen und Drehmomentgradienten bewirken üblicherweise hohe Belastungen der Kraftstoffhochdruckpumpe. Diese Probleme und Nachteile können nun mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens vermieden werden, da das Einlassventil gezielt derart angesteuert wird, dass sich der Schließzeitpunkt von dem Geschwindigkeitszeitpunkt unterscheidet. Das erfindungsgemäße Verfahren stellt somit eine Ansteuerstrategie bereit, mittels welcher ein Schließen des Einlassventils im Bereich der maximalen Kolbengeschwindigkeit und damit übermäßig hohe mechanische Belastungen der Kraftstoffhochdruckpumpe durch hohe Kraft- und Drehmomentengradienten vermieden werden können.

Um dabei eine hinreichende beziehungsweise gewünschte Kraftstoffmenge mittels der Kraftstoffhochdruckpumpe verdichten und beispielsweise fördern zu können, hat es sich als vorteilhaft gezeigt, wenn der jeweilige Schließzeitpunkt mit unterschiedlichen Stellungen des Kolbens zusammenfällt. Dies bedeutet, dass beispielsweise bei einem der Hübe der Schließzeitpunkt mit einer ersten Stellung des Kolbens zusammenfällt, wobei der Schließzeitpunkt bei dem anderen der Hübe mit einer von der ersten Stellung unterschiedlichen, zweiten Stellung des Kolbens in der Kolbenkammer zusammenfällt. Dadurch ist es beispielsweise möglich, dass im Zuge des jeweiligen Hubs un-

terschiedliche Kraftstoffmengen verdichtet und gefördert werden können, sodass diese unterschiedlichen Kraftstoffmengen eine gewünschte Gesamt-Kraftstoffmenge ergeben, welche - insbesondere durch entsprechendes Ansteuern des Einlassventils -
5 bedarfsgerecht und präzise eingestellt werden kann.

Dieser Ausführungsform liegt die Idee zugrunde, die zuvor beschriebene Ansteuerstrategie als unsymmetrische oder asymmetrische Ansteuerstrategie auszugestalten, um unterschiedliche
10 Volumenströme des Kraftstoffes je Hub des Kolbens zu realisieren. Die innerhalb des Arbeitsspiels auftretenden unterschiedlichen Volumenströme ergeben in Summe über die Hübe einen angeforderten Volumenstrom und somit eine angeforderte Kraftstoffmenge, sodass eine Versorgung der Verbrennungskraftmaschine mit einer hin-
15 reichenden Menge an Kraftstoff sichergestellt werden kann, wobei gleichzeitig die mechanische Belastung der Kraftstoffhochdruckpumpe, insbesondere deren Bauteile, besonders gering gehalten werden kann. In der Folge ist es möglich, Bauteile der Kraftstoffhochdruckpumpe und deren Antriebskomponenten ge-
20 wichts- und bauraumgünstig zu dimensionieren sowie eine vorteilhafte Haltbarkeit beziehungsweise Robustheit darzustellen.

Um die auf die Kraftstoffhochdruckpumpe wirkenden Belastungen besonders gering halten zu können und dabei eine vorteilhafte
25 Kraftstoffversorgung gewährleisten zu können, hat es sich als vorteilhaft gezeigt, wenn der Schließzeitpunkt bezogen auf den jeweiligen Hub bei einem ersten der Hübe früher oder später als bei dem zeitlich auf den ersten Hub folgenden, zweiten Hub ist. Im Vergleich zu herkömmlichen Kraftstoffhochdruckpumpen ist
30 somit beispielsweise die mittels des Kolbens verdichtete Kraftstoffmenge bei einem der Hübe größer und bei dem anderen Hub geringer, wobei die Kraftstoffmengen in Summe eine hinreichende Gesamt-Kraftstoffmenge, mit welcher die Verbrennungskraftmaschine versorgt werden kann, ergeben.

35

Eine weitere Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass der jeweilige Schließzeitpunkt vor dem jeweiligen Zeitpunkt, zu welchem der Kolben seine Höchstgeschwindigkeit erreicht, liegt.

Dadurch können die auf die Kraftstoffhochdruckpumpe wirkenden Belastungen besonders gering gehalten werden.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Schließzeitpunkt bei wenigstens einem der Hübe vor dem oberen Totpunkt des Kolbens liegt. Hierdurch können die auf die Kraftstoffhochdruckpumpe wirkenden Belastungen besonders gering gehalten werden, sodass die Kraftstoffhochdruckpumpe und deren Antriebskomponente besonders gewichts- und bauraumgünstig ausgestaltet werden können.

Um dabei eine mittels des Kolbens beziehungsweise mittels der Kraftstoffhochdruckpumpe zu verdichtende beziehungsweise zu fördernde Kraftstoffmenge besonders bedarfsgerecht und präzise einstellen zu können, ist es bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass der Schließzeitpunkt bei wenigstens einem der Hübe näher an dem unteren Totpunkt als an dem oberen Totpunkt des Kolbens liegt.

Dabei hat es sich als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn der Schließzeitpunkt bei einem der Hübe näher an dem unteren Totpunkt als an dem oberen Totpunkt des Kolbens liegt, wobei der Schließzeitpunkt bei dem anderen der Hübe näher an dem oberen Totpunkt als an dem unteren Totpunkt des Kolbens liegt. Hierdurch kann die mittels der Kraftstoffhochdruckpumpe zu verdichtende beziehungsweise zu fördernde Kraftstoffmenge besonders präzise eingestellt werden, wobei gleichzeitig die auf die Kraftstoffhochdruckpumpe wirkenden Belastungen besonders gering gehalten werden können.

Um die Belastungen besonders gering halten und eine hinreichende Kraftstoffmenge fördern beziehungsweise verdichten zu können, ist es bei einer weiteren Ausführungsform vorgesehen, dass der Schließzeitpunkt bei einem der Hübe zeitlich vor dem Zeitpunkt, zu welchem der Kolben seine während des einen Hubs auftretende Höchstgeschwindigkeit erreicht, liegt und einen ersten Abstand, insbesondere einen ersten zeitlichen Abstand, zu dem Zeitpunkt,

zu welchem der Kolben seine während des einen Hubs auftretende Höchstgeschwindigkeit erreicht, aufweist.

5 Ferner ist es vorgesehen, dass der Schließzeitpunkt bei dem anderen der Hube zeitlich nach dem Zeitpunkt, zu welchem der Kolben seine während des anderen Hubs auftretende Höchstgeschwindigkeit erreicht, liegt und einen zweiten Abstand, insbesondere einen zweiten zeitlichen Abstand, zu dem Zeitpunkt, zu welchem der Kolben seine während des anderen Hubs auftretende
10 Höchstgeschwindigkeit erreicht, aufweist. Dabei sind die Abstände betragsmäßig gleich sind.

Mit anderen Worten ist beispielsweise eine erste Zeitspanne, die zwischen dem Schließzeitpunkt und dem Geschwindigkeitszeitpunkt des einen Hubs liegt, gleich einer zweiten Zeitspanne, die
15 zwischen dem Schließzeitpunkt und dem Geschwindigkeitszeitpunkt des anderen Hubs liegt. Die Stellungen des Kolbens, der Schließzeitpunkt und der jeweilige Geschwindigkeitszeitpunkt werden beispielsweise bei einer Hubkolbenmaschine, welche eine Kurbelwelle als Abtriebswelle aufweist, auf jeweilige Drehstellungen und somit Kurbelwinkel oder Grad Kurbelwinkel bezogen. Somit liegt beispielsweise bei dem einen Hub der Schließzeitpunkt um X1 Grad Kurbelwinkel oder um X1 Kurbelwinkel früher als der Geschwindigkeitszeitpunkt. Bei dem anderen Hub
20 liegt der Schließzeitpunkt dann um X2 Grad Kurbelwinkel oder um X2 Kurbelwinkel nach dem Schließzeitpunkt. Dabei sind X1 und X2 betragsmäßig gleich beziehungsweise weisen den gleichen Betrag oder den gleichen Wert auf. Somit ist X1 beziehungsweise X2 der jeweilige, insbesondere zeitliche, Abstand zwischen dem jeweiligen Schließzeitpunkt und dem jeweiligen Geschwindigkeitszeitpunkt des jeweiligen Hubs.
25
30

Um eine Kraftstoffhochdruckpumpe der im Oberbegriff des Patentanspruchs 9 angegebenen Art derart weiterzuentwickeln, dass
35 auf die Kraftstoffhochdruckpumpe wirkende Belastungen auf besonders einfache und kostengünstige Weise besonders gering gehalten werden können, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass die elektronische Recheneinrichtung dazu ausgebildet ist, das

Einlassventil derart anzusteuern, dass sich der jeweilige Schließzeitpunkt von einem Zeitpunkt, zu welchem der Kolben seine während des jeweiligen Hubs auftretende Höchstgeschwindigkeit aufweist, unterscheidet. Vorteilhafte Ausgestaltungen des
5 erfindungsgemäßen Verfahrens sind als vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Kraftstoffhochdruckpumpe anzusehen und umgekehrt.

Insbesondere ist es im Rahmen der Erfindung vorgesehen, dass
10 beispielsweise bezogen auf zwei zeitlich aufeinanderfolgende Arbeitsspiele der Verbrennungskraftmaschine die Ansteuerung des Einlassventils derart variiert wird, dass - bezogen auf den jeweiligen Hub - der Schließzeitpunkt mit unterschiedlichen
15 Stellungen des Kolbens zusammenfällt, wobei der jeweilige Schließzeitpunkt nicht mit dem jeweiligen Geschwindigkeitszeitpunkt zusammenfällt. Dadurch können die auf die Kraftstoffhochdruckpumpe wirkenden Belastungen besonders gering gehalten werden.

20 Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und
25 Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

30 Die Zeichnung zeigt in:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Kraftstoffeinspritzsystems für eine
35 Verbrennungskraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, mit wenigstens einer Kraftstoffhochdruckpumpe zum Verdichten und Fördern

von Kraftstoff zum Betreiben einer
Verbrennungskraftmaschine des Kraftfahrzeugs; und

Fig. 2 ein Diagramm zum Veranschaulichen eines Verfahrens zum
Betreiben der Kraftstoffhochdruckpumpe.

In den Figuren sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit
gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung ein im Ganzen mit
10 bezeichnetes Kraftstoffeinspritzsystem für eine in den
Figuren nicht dargestellte Verbrennungskraftmaschine eines
Kraftfahrzeugs, insbesondere eines Kraftwagens. Das Kraft-
fahrzeug ist mittels der Verbrennungskraftmaschine antreibbar.
Die Verbrennungskraftmaschine weist wenigstens einen Brennraum
auf, welcher beispielsweise als Zylinder ausgebildet ist. Dabei
ist die Verbrennungskraftmaschine beispielsweise als Hubkol-
ben-Verbrennungskraftmaschine ausgebildet. Vorliegend weist die
Verbrennungskraftmaschine beispielsweise vier Brennräume auf,
welchen jeweils ein Einspritzelement 12 des Kraftstoffein-
spritzsystems 10 zugeordnet ist. Mittels des jeweiligen Ein-
spritzelements 12, welches auch als Injektor bezeichnet wird, ist
ein Kraftstoff zum Betreiben der Verbrennungskraftmaschine in
den dem jeweiligen Einspritzelement 12 zugeordneten Brennraum
einbringbar, insbesondere direkt einspritzbar. Vorzugsweise ist
der Kraftstoff ein flüssiger Kraftstoff, wobei es sich um einen
Ottokraftstoff oder um einen Dieselmkraftstoff handeln kann.

Das Kraftstoffeinspritzsystem 10 umfasst ein den Einspritze-
lementen 12 gemeinsames Kraftstoffverteilungselement 14,
welches auch als Rail bezeichnet wird. Ferner umfasst das
Kraftstoffeinspritzsystem 10 eine Kraftstoffhochdruckpumpe 16,
welche als Kolbenpumpe ausgebildet ist. Mittels der Kraft-
stoffhochdruckpumpe 16 wird der flüssige Kraftstoff verdichtet
und zu dem und insbesondere in das Kraftstoffverteilungselement
14 gefördert. Der zu dem und insbesondere in das Kraftstoff-
verteilungselement 14 geförderte Kraftstoff kann in dem
Kraftstoffverteilungselement 14 aufgenommen und mittels des

Kraftstoffverteilungselements 14 auf die Einspritzelemente 12 verteilt werden, sodass die Einspritzelemente 12 mittels des den Einspritzelementen 12 gemeinsamen Kraftstoffverteilungselementes 14 mit Kraftstoff versorgt werden können. Insbesondere
5 kann der Kraftstoff mittels der Kraftstoffhochdruckpumpe 16 auf einen Druck gebracht werden, mit welchem der Kraftstoff in dem Kraftstoffverteilungselement 14 zumindest vorübergehend gespeichert werden kann. Dadurch können die Einspritzelemente 12 über das Kraftstoffverteilungselement 14 mit dem den Druck
10 aufweisenden Kraftstoff versorgt werden, sodass der Kraftstoff mittels der Einspritzelemente 12 mit dem hohen Druck in die Brennräume eingebracht, insbesondere direkt eingespritzt, werden kann.

Dem Kraftstoffverteilungselement 14 ist ein Absteuerventil 18 zugeordnet, mittels welchem beispielsweise eine im Kraftstoffverteilungselement 14 aufgenommene Menge des Kraftstoffs einstellbar ist. Überschüssiger Kraftstoff kann über das Absteuerventil 18 aus dem Kraftstoffverteilungselement 14 in einen
20 Tank 20 zum Aufnehmen des Kraftstoffes rückgeführt werden. Ferner kann beispielsweise über eine Rücklaufleitung 22 überschüssiger Kraftstoff von dem jeweiligen Einspritzelement 12 in den Tank 20 geführt werden. Mittels der Kraftstoffhochdruckpumpe 16 wird der Kraftstoff beispielsweise aus dem Tank zu dem Kraftstoffverteilungselement 14 gefördert.
25

Der zuvor genannte Druck, auf welchen der Kraftstoff mittels der Kraftstoffhochdruckpumpe 16 gebracht werden kann, sodass der Kraftstoff beispielsweise mit dem genannten Druck in den jeweiligen Brennraum eingespritzt werden kann, liegt insbesondere
30 dann, wenn der Kraftstoff ein Dieselkraftstoff beziehungsweise Diesel ist, in einem Bereich von einschließlich 1500 bar bis einschließlich 3000 bar. Dieser Druck ist somit beispielsweise ein Einspritzdruck, mit welchem der Kraftstoff, insbesondere
35 direkt, in den jeweiligen Brennraum eingespritzt wird. Ist der Kraftstoff Benzin, so liegt der Druck (Einspritzdruck) beispielsweise in einem Bereich von einschließlich 150 bar bis einschließlich 500 bar. Dies bedeutet, dass der als Diesel

ausgebildete Kraftstoff beispielsweise mit einem Druck in einem Bereich von 1500 bar bis 3000 bar eingespritzt wird. Der als Benzin ausgebildete Kraftstoff wird beispielsweise mit einem Druck in einem Bereich von 150 bar bis 500 bar eingespritzt.

5

Die Kraftstoffhochdruckpumpe 16 weist dabei eine Kolbenkammer 24 auf, welche auch als Pumpenkammer, Pumpenraum oder Kolbenraum bezeichnet wird. Ferner umfasst die Kraftstoffhochdruckpumpe 16 einen Kolben 26, welcher auch als Pumpenkolben bezeichnet wird.

10

Der Kolben 26 ist translatorisch bewegbar in der Kolbenkammer 24 angeordnet und kann zwischen einem oberen Totpunkt und einem unteren Totpunkt in der Kolbenkammer 24 hin- und herbewegt werden. Die Kolbenkammer 24 ist beispielsweise zumindest teilweise durch ein Gehäuse 28 der Kraftstoffhochdruckpumpe 16 begrenzt beziehungsweise gebildet, sodass der Kolben 26 in dem Gehäuse 28 aufgenommen und relativ zu dem Gehäuse 28 translatorisch bewegbar ist.

15

Beispielsweise ist der Kolben 26 mittels einer in den Figuren nicht näher dargestellten Antriebseinrichtung von dem oberen Totpunkt in den unteren Totpunkt und wieder von dem unteren Totpunkt in den oberen Totpunkt bewegbar. Hierzu ist beispielsweise ein von einem Antriebsnocken antreibbarer Stößel vorgesehen, mittels welchem rotatorische Bewegungen des Antriebsnockens in eine translatorische Bewegung des Kolbens 26 aus dem unteren Totpunkt in den oberen Totpunkt umgewandelt werden.

20

25

Somit ist beispielsweise der Kolben 26 über den Stößel mittels des Antriebsnockens aus dem unteren Totpunkt in den oberen Totpunkt bewegbar. Durch eine solche Bewegung des Kolbens 26 aus dem unteren Totpunkt in den oberen Totpunkt kann in der Kolbenkammer 24 aufgenommener Kraftstoff mittels des Kolbens 26 und somit mittels der Kraftstoffhochdruckpumpe 16 insgesamt verdichtet und dabei zu dem Kraftstoffverteilungselement 14 gefördert werden.

30

35

Die Bewegung des Kolbens 26 aus dem oberen Totpunkt in den unteren Totpunkt wird beispielsweise mittels einer zumindest ein Fe-

derelement umfassenden Federeinrichtung der Antriebseinrichtung bewirkt. Die Federeinrichtung ist beispielsweise im oberen Totpunkt des Kolbens 26 stärker als in dem unteren Totpunkt gespannt, sodass die Federeinrichtung eine auf den Kolben 26 wirkende Federkraft bereitstellt. Mittels dieser Federkraft kann der Kolben 26 aus dem oberen Totpunkt in den unteren Totpunkt bewegt werden. Insbesondere ist es denkbar, dass der Stößel mittels der Federkraft in, insbesondere dauerhaftem, Kontakt mit dem Antriebsnocken gehalten wird.

Die Kraftstoffhochdruckpumpe 16 umfasst ferner ein Einlassventil 30, welches geöffnet und geschlossen werden kann, um dadurch eine mittels des Kolbens 26 in der Kolbenkammer 24 zu verdichtende Menge des Kraftstoffes einzustellen. Über das Einlassventil 30 kann der Kolbenkammer 24 Kraftstoff zugeführt und somit in die Kolbenkammer 24 eingeleitet werden. Ferner umfasst die Kraftstoffhochdruckpumpe 16 ein Auslassventil 32, über welches der Kraftstoff aus der Kolbenkammer 24 mittels des Kolbens 26 zu dem Kraftstoffverteilungselement 14 gefördert werden kann. Außerdem umfasst die Kraftstoffhochdruckpumpe 16 eine elektronische Recheneinrichtung 34, welche auch als Steuergerät bezeichnet wird. Die elektronische Recheneinrichtung 34 ist dazu ausgebildet, das Einlassventil 30 und das Auslassventil 32 anzusteuern, um dadurch das Einlassventil 30 und das Auslassventil 32 zu öffnen und zu schließen. Das Einlassventil 30 und das Auslassventil 32 werden zusammenfassend auch als Ventile oder Ventilelemente bezeichnet. Das jeweilige Ventil ist insbesondere als elektrisch betätigbares Ventil, insbesondere als Magnetventil, ausgebildet. Insbesondere ist es denkbar, dass das Einlassventil 30 als digitales Ventil, das heißt als digitales Einlassventil ausgebildet ist.

Fig. 2 zeigt ein Diagramm mit Abszissen 36 und Ordinaten 38 und 40. In dem zuvor genannten Brennraum der Verbrennungskraftmaschine ist ein Kolben, insbesondere translatorisch, bewegbar aufgenommen. Ferner umfasst die Verbrennungskraftmaschine wenigstens eine beispielsweise als Kurbelwelle ausgebildete Abtriebswelle, wobei der Kolben über ein Pleuel gelenkig mit der

Abtriebswelle gekoppelt ist. Der in den jeweiligen Brennraum
eingebrachte Kraftstoff bildet zusammen mit Luft ein Kraft-
stoff-Luft-Gemisch, welches verbrannt wird. Hierdurch wird der
Kolben angetrieben, sodass sich der Kolben in dem Brennraum,
5 insbesondere translatorisch, bewegt.

Durch die beschriebene gelenkige Kopplung des Kolbens mit der
Abtriebswelle werden die translatorischen Bewegungen in dem
Zylinder in eine rotatorische Bewegung der Abtriebswelle um-
10 gewandelt, welche beispielsweise um eine Drehachse relativ zu
einem Gehäuseelement drehbar ist, durch welches der Zylinder
gebildet beziehungsweise begrenzt ist. Die Abtriebswelle ist
somit in unterschiedliche Drehstellungen bewegbar, wobei die
jeweilige Drehstellung auch als Kurbelwinkel (KW) oder aber als
15 Grad Kurbelwinkel ($^{\circ}$ KW) bezeichnet wird.

Dabei ist der zuvor genannte Antriebsnocken zumindest mittelbar
von der Abtriebswelle antreibbar, sodass jeweilige Stellungen,
die der Kolben 26 bei seinen Bewegungen in der Kolbenkammer 24
20 einnehmen kann, auf die Drehstellung beziehungsweise auf den
Kurbelwinkel der Abtriebswelle bezogen werden können. Auf der
Ordinate 38 ist ein Hub des Kolbens 26 in der Kolbenkammer 24
aufgetragen, wobei auf der Ordinate 40 eine Geschwindigkeit
aufgetragen ist, mit welcher sich der Kolben 26 bei seinen Hügen
25 in der Kolbenkammer 24 bewegt.

Im Folgenden wird anhand von Fig. 1 und 2 ein Verfahren zum
Betreiben der Kraftstoffhochdruckpumpe 16 beschrieben. Die
Verbrennungskraftmaschine ist beispielsweise als
30 Vier-Takt-Verbrennungsmotor ausgebildet, sodass genau ein
Arbeitsspiel der Verbrennungskraftmaschine genau zwei voll-
ständige Umdrehungen der Abtriebswelle, das heißt 720 Grad
Kurbelwinkel umfasst. Anhand eines in das in Fig. 2 gezeigte
Diagramm eingetragenen Verlaufs 42 ist erkennbar, dass der Kolben
35 26 innerhalb genau eines Arbeitsspiels der Verbrennungs-
kraftmaschine wenigstens zwei gleiche, zeitlich aufeinander-
folgende Hübe 44 und 46 ausführt, bei denen der Kolben 26,
insbesondere mittels der Antriebseinrichtung, jeweils von seinem

unteren Totpunkt in seinen oberen Totpunkt und von seinem oberen Totpunkt zurück in seinen unteren Totpunkt bewegt wird.

5 Dabei ist in Fig. 2 der untere Totpunkt des Kolbens 26 mit UT bezeichnet, wobei der obere Totpunkt des Kolbens 26 mit OT bezeichnet ist. Im Zuge der Bewegung des Kolbens 26 aus dem oberen Totpunkt OT in den unteren Totpunkt UT wird der Kolbenkammer 24 Kraftstoff zugeführt. Mit anderen Worten kann im Zuge der Bewegung des Kolbens 26 aus dem oberen Totpunkt OT in den unteren
10 Totpunkt UT flüssiger Kraftstoff in die Kolbenkammer 24 eingeleitet werden. Im Zuge der Bewegung des Kolbens 26 aus dem unteren Totpunkt UT in den oberen Totpunkt OT wird zumindest ein Teil des der Kolbenkammer 24 zugeführten und somit in die Kolbenkammer 24 eingeleiteten Kraftstoffes mittels des Kolbens
15 26 verdichtet und dabei, insbesondere über das Auslassventil 32, zu dem beziehungsweise in das Kraftstoffverteilungselement 14 gefördert.

20 Dabei wird das Einlassventil 30 je Hub 44 beziehungsweise 46 mindestens einmal geöffnet und danach mindestens einmal zu einem Schließzeitpunkt geschlossen, um eine mittels des Kolbens 26 zu verdichtende und zu dem Kraftstoffverteilungselement 14 zu fördernde Menge des Kraftstoffes einzustellen.

25 Mit anderen Worten wird beispielsweise zunächst das Einlassventil 30 geöffnet, sodass das Einlassventil 30 zumindest während eines Teils der Bewegung des Kolbens 26 aus dem oberen Totpunkt OT in den unteren Totpunkt UT geöffnet ist. Dadurch kann Kraftstoff über das geöffnete Einlassventil 30 in die Kol-
30 benkammer 24 einströmen. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Kolbenkammer 24 komplett beziehungsweise vollständig mit Kraftstoff gefüllt wird. Nach dem Öffnen des Einlassventils 30 kann das Einlassventil 30 beispielsweise zu einem solchen Schließzeitpunkt geschlossen werden, dass der komplette, der
35 Kolbenkammer 24 zugeführte und somit in die Kolbenkammer 24 eingeleitete Kraftstoff mittels des Kolbens 26 bei dessen Bewegung in den oberen Totpunkt OT verdichtet wird.

Alternativ ist es denkbar, dass das Einlassventil 30 zu einem solchen Schließzeitpunkt geschlossen wird, dass beispielsweise im Zuge der Bewegung des Kolbens 26 aus dem unteren Totpunkt UT in den oberen Totpunkt OT ein erster Teil des der Kolbenkammer 24 zugeführten und zunächst in der Kolbenkammer 24 aufgenommenen Kraftstoffs mittels des Kolbens 26 über das zunächst geöffnete Einlassventil 30 wieder aus der Kolbenkammer 24 ausgeschoben wird und ein von dem ersten Teil unterschiedlicher, zweiter Teil des auf die beschriebene Weise der Kolbenkammer 24 zugeführten Kraftstoffes in der Kolbenkammer 24 verbleibt beziehungsweise - bei nun geschlossenem Einlassventil 30 - mittels des Kolbens 26 verdichtet und über das insbesondere geöffnete Auslassventil 32 von der Kraftstoffhochdruckpumpe 16 weg zu dem Kraftstoffverteilungselement 14 gefördert wird. Dies wird beispielsweise derart realisiert, dass das Einlassventil 30 während eines ersten Teils der Bewegung des Kolbens 26 aus dem unteren Totpunkt UT in den oberen Totpunkt OT noch geöffnet und während eines sich an den ersten Teil der Bewegung anschließenden zweiten Teils der Bewegung des Kolbens 26 aus dem unteren Totpunkt UT in den oberen Totpunkt OT geschlossen ist. Durch dieses bedarfsgerechte Öffnen und Schließen des Einlassventils 30 kann somit eine mittels des Kolbens zu verdichtende Menge des Kraftstoffes eingestellt werden.

25 Ferner veranschaulicht ein in das in Fig. 2 gezeigte Diagramm eingetragener Verlauf 48 die Geschwindigkeit des Kolbens 26 bei den Hüben 44 und 46, die von dem Kolben 26 innerhalb genau eines Arbeitsspiels ausgeführt werden. Ferner ist in Fig. 2 der zu dem Hub 44 gehörende Schließzeitpunkt des Einlassventils 30 mit S1 bezeichnet, wobei der zu dem Hub 46 bezeichnete Schließzeitpunkt des Einlassventils 30 mit S2 bezeichnet ist.

Um nun auf die Kraftstoffhochdruckpumpe 16 wirkende Belastungen auf einfache Weise besonders gering halten zu können, ist es im Rahmen des Verfahrens beziehungsweise bei dem Kraftstoffeinspritzsystem 10 vorgesehen, dass sich der jeweilige Schließzeitpunkt S1 beziehungsweise S2 von einem jeweiligen Zeitpunkt H1 beziehungsweise H2, zu welchem der Kolben 26 seine während des

jeweiligen Hubs 44 beziehungsweise 46 auftretende Höchstgeschwindigkeit aufweist, unterscheidet. Der jeweilige Zeitpunkt H1 beziehungsweise H2 wird auch als Geschwindigkeitszeitpunkt bezeichnet.

5

Aus Fig. 2 ist erkennbar, dass der Schließzeitpunkt S1 um einen Kurbelwinkel X1 früher als der Zeitpunkt H1 liegt, wobei der Schließzeitpunkt S2 um einen Kurbelwinkel X2 später als der Zeitpunkt H2 liegt. Mit anderen Worten wird beispielsweise
10 zunächst das Einlassventil 30 bei dem Hub 44 um den Kurbelwinkel X1 früher als der Zeitpunkt H1 beziehungsweise vor dem Zeitpunkt H1 geschlossen. Dadurch wird eine erste Kraftstoffmenge eingestellt, welche im Zuge des Hubs 44 mittels des Kolbens 26 verdichtet und gefördert wird. Um eine übermäßig hohe Gesamtmenge
15 des Kraftstoffes zu vermeiden, wird bei einem sich zeitlich an den Hub 44 anschließenden Hub 46 das Einlassventil 30 zu dem Schließzeitpunkt S2 nach dem Zeitpunkt H2 geschlossen. Insgesamt ist aus Fig. 2 erkennbar, dass das Einlassventil 30 bei dem Hub 44 vor dem Zeitpunkt H1 und bei dem Hub 46 nach dem Zeitpunkt H2
20 geschlossen wird. Somit weist beispielsweise das Einlassventil 30 bei dem Hub 44 einen ersten Zustand oder einen ersten Betriebszustand auf, wobei das Einlassventil 30 bei dem Hub 46 einen zweiten Zustand beziehungsweise einen zweiten Betriebszustand aufweist.

25

Auf den zweiten Betriebszustand folgt beispielsweise wieder der erste Betriebszustand, sodass sich die Betriebszustände beispielsweise bei aufeinanderfolgenden Arbeitsspielen der Verbrennungskraftmaschine abwechseln. Der jeweilige Kurbelwinkel
30 X1 und X2 ergibt sich beispielsweise aus dem Hubprofil der Kraftstoffhochdruckpumpe 16. Die Kurbelwinkel X1 und X2 sind somit jeweilige Abstände zwischen dem jeweiligen Schließzeitpunkt S1 beziehungsweise S2 und dem jeweils zugehörigen Geschwindigkeitszeitpunkt, wobei die jeweiligen Abstände die
35 Kurbelwinkel X1 und X2 so gewählt werden, dass der Bereich der Höchstgeschwindigkeit für das Schließen des Einlassventils 30 gemieden wird.

In Fig. 2 veranschaulichen Linien 50 und 52 den Schließzeitpunkt des Einlassventils 30 bei einem konventionellen Verfahren beziehungsweise bei einem konventionellen Kraftstoffeinspritzsystem. Im Vergleich zu einem solchen konventionellen Verfahren ist der Schließzeitpunkt S1 des Hubs 44 früher und der Schließzeitpunkt S2 des Hubs 46 später, sodass es im Vergleich zu dem konventionellen Verfahren bei dem Hub 44 und somit durch den ersten Betriebszustand zu einer erhöhten, durch den Kolben 26 geförderten beziehungsweise verdichteten Kraftstoffmenge kommt. Um diese erhöhte Kraftstoffmenge beziehungsweise einen durch den ersten Betriebszustand bewirkten Mengenüberschuss auszugleichen, wird der zweite Betriebszustand eingestellt. Im Vergleich zu dem konventionellen Verfahren ist die verdichtete Kraftstoffmenge bei dem zweiten Hub 46 geringer.

Somit sind bei einem symmetrischen Hubprofil und einer gleichmäßigen Befüllung der Kraftstoffhochdruckpumpe 16 die Abstände beziehungsweise die Kurbelwinkel $X1$ und $X2$ gleich. Aus Fig. 2 ist insbesondere erkennbar, dass innerhalb des Arbeitsspiels zunächst der erste Betriebszustand und zeitlich daran anschließend der zweite Betriebszustand eingestellt wird. Diese Reihenfolge der Betriebszustände kann getauscht werden. Alternativ oder zusätzlich sind unterschiedliche Kombinationen der Betriebszustände realisierbar, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass eine solche Kombination der Betriebszustände eine ausgeglichene Mengenbilanz gewährleistet. Dadurch, dass bei dem in den Figuren veranschaulichten Ausführungsbeispiel der Schließzeitpunkt S1 vor dem Zeitpunkt H1 und der Schließzeitpunkt S2 nach dem Zeitpunkt H2 liegt, werden bei den Hubs 44 und 46 unterschiedlichen Volumenströme des Kraftstoffes mittels des Kolbens 26 verdichtet beziehungsweise zu dem Kraftstoffverteilungselement 14 gefördert. Diese unterschiedlichen Volumenströme ergeben in Summe eine Gesamt-Kraftstoffmenge, welche der Gesamt-Kraftstoffmenge entspricht, die bei dem konventionellen, durch die Linien 50 und 52 veranschaulichten Verfahren gefördert wird. Jedoch lassen sich im Vergleich zu dem herkömmlichen beziehungsweise konventionellen Verfahren auf die Kraftstoffhochdruckpumpe 16 wirkende Belastungen reduzieren,

sodass die Kraftstoffhochdruckpumpe 16 beziehungsweise deren Antriebskomponenten gewichts-, bauraum- und kostengünstig genutzt beziehungsweise ausgestaltet werden können.

- 5 Insbesondere sei angemerkt, dass das Schließen des Einlassventils 30 zu einem jeweiligen Beginnzeitpunkt gestartet werden kann, wobei dieses Schließen zu dem jeweiligen Schließzeitpunkt S1 beziehungsweise S2 derart endet, dass der jeweilige Schließzeitpunkt S1 beziehungsweise S2 nicht mit dem jeweiligen
10 Geschwindigkeitszeitpunkt (Zeitpunkt H1 beziehungsweise H2) zusammenfällt.

Dem anhand der Figuren veranschaulichten Verfahren und dem anhand der Figuren veranschaulichten Einspritzsystem liegt insbesondere die Erkenntnis zugrunde, dass es zu besonders hohen, auf
15 die Kraftstoffhochdruckpumpe 16 wirkenden Belastungen kommt, wenn der Schließzeitpunkt des Einlassventils 30 mit dem Geschwindigkeitszeitpunkt zusammenfällt. Dazu kommt es insbesondere deswegen, da jeweilige Kraftspitzen insbesondere dann
20 auf die Kraftstoffhochdruckpumpe 16 wirken, wenn das Einlassventil 30 geschlossen ist. Derartig hohe Kraftspitzen können nun mittels des beschriebenen Verfahrens beziehungsweise bei dem Kraftstoffeinspritzsystem 10 vermieden werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer eine Kolbenkammer (24) und einen translatorisch bewegbar in der Kolbenkammer (24) angeordneten Kolben (26) umfassenden Kraftstoffhochdruckpumpe (16) eines Kraftstoffeinspritzsystems (10) für eine Verbrennungskraftmaschine, bei welchem der Kolben (26) innerhalb eines Arbeitsspiels der Verbrennungskraftmaschine wenigstens zwei gleiche, zeitlich aufeinanderfolgende Hübe (44, 46), bei denen der Kolben (26) jeweils von seinem unteren Totpunkt (UT) in seinen oberen Totpunkt (OT) und von seinem oberen Totpunkt (OT) zurück in seinen unteren Totpunkt (UT) bewegt wird, ausführt, um der Kolbenkammer (24) Kraftstoff über ein Einlassventil (30) zuzuführen und zumindest einen Teil des der Kolbenkammer (24) zugeführten Kraftstoffes zu verdichten, wobei das Einlassventil (30) je Hub (44, 46) mindestens einmal geöffnet und danach mindestens einmal zu einem Schließzeitpunkt (S1, S2) geschlossen wird, um eine mittels des Kolbens (24) zu verdichtende Menge des Kraftstoffes einzustellen,
- dadurch gekennzeichnet, dass sich der jeweilige Schließzeitpunkt (S1, S2) von einem jeweiligen Zeitpunkt (H1, H2), zu welchem der Kolben (26) seine während des jeweiligen Hubs (44, 46) auftretende Höchstgeschwindigkeit aufweist, unterscheidet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der jeweilige Schließzeitpunkt (S1, S2) mit unterschiedlichen Stellungen des Kolbens (26) in der Kolbenkammer (24) zusammenfällt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Schließzeitpunkt (S1, S2) bezogen auf den jeweiligen Hub (44, 46) bei einem ersten der Hübe (44, 46) früher oder später als bei dem zeitlich auf den ersten Hub (44) folgenden, zweiten Hub (46) ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der jeweilige Schließzeitpunkt (S1, S2) vor dem jeweiligen
Zeitpunkt (H1, H2), zu welchem der Kolben (26) seine Höchst-
5 geschwindigkeit erreicht, liegt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Schließzeitpunkt (S1, S2) bei wenigstens einem der Hübe (44,
10 46) vor dem oberen Totpunkt (OT) des Kolbens (26) liegt.

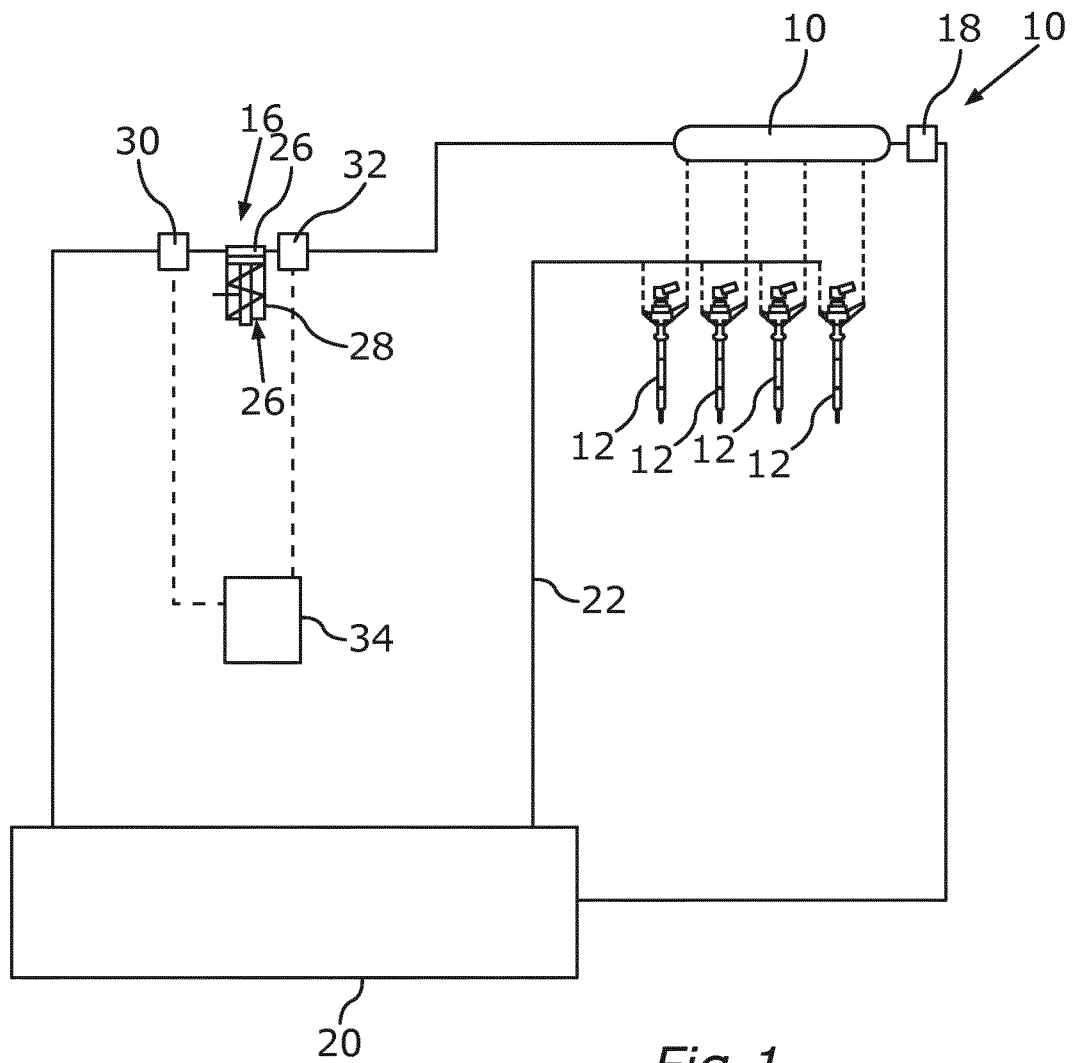
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Schließzeitpunkt (S1, S2) bei wenigstens einem der Hübe (44,
15 46) näher an dem unteren Totpunkt (UT) als an dem oberen Totpunkt
(OT) des Kolbens (26) liegt.

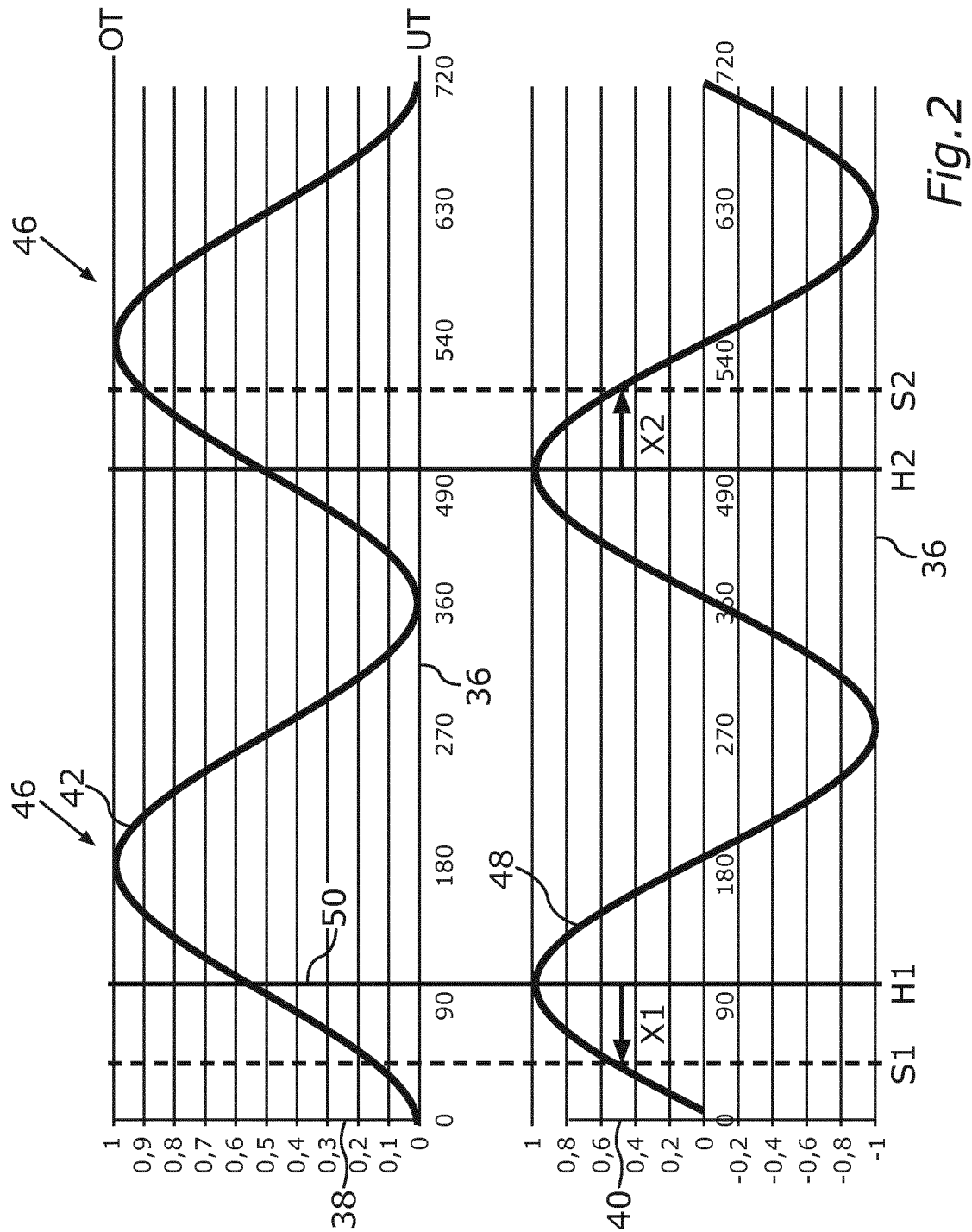
7. Verfahren nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
20 der Schließzeitpunkt (S1, S2) bei einem der Hübe (44, 46) näher
an dem unteren Totpunkt (UT) als an dem oberen Totpunkt (OT) des
Kolbens (26) liegt, wobei der Schließzeitpunkt (S1, S2) bei dem
anderen der Hübe (44, 46) näher an dem oberen Totpunkt (OT) als
an dem unteren Totpunkt (UT) des Kolbens (26) liegt.

25 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Schließzeitpunkt (S1, S2) bei einem der Hübe (44, 46) zeitlich
vor dem Zeitpunkt (H1, H2), zu welchem der Kolben (26) seine
30 während des einen Hubs (44) auftretende Höchstgeschwindigkeit
erreicht, liegt und einen ersten Abstand (X1) zu dem Zeitpunkt
(H1, H2), zu welchem der Kolben (26) seine während des einen Hubs
(44) auftretende Höchstgeschwindigkeit erreicht, aufweist,
wobei der Schließzeitpunkt (S1, S2) bei dem anderen der Hübe (44,
35 46) zeitlich nach dem Zeitpunkt (H1, H2), zu welchem der Kolben
(26) seine während des anderen Hubs (46) auftretende Höchst-
geschwindigkeit erreicht, liegt und einen zweiten Abstand (X2)
zu dem Zeitpunkt (H1, H2), zu welchem der Kolben (26) seine

während des anderen Hubs (44) auftretende Höchstgeschwindigkeit erreicht, aufweist, und wobei die Abstände (X1, X2) betragsmäßig gleich sind.

5 9. Kraftstoffhochdruckpumpe (16) für ein Kraftstoffein-
spritzen (10) einer Verbrennungskraftmaschine, mit einer
Kolbenkammer (24), mit einem Einlassventil (30), mit einem in der
Kolbenkammer (24) translatorisch bewegbar angeordneten Kolben
10 (26), welcher innerhalb eines Arbeitsspiels der Verbren-
nungskraftmaschine wenigstens zwei gleiche, zeitlich aufei-
nanderfolgende Hübe (44, 46), bei denen sich der Kolben (26)
jeweils von seinem unteren Totpunkt (UT) in seinen oberen
Totpunkt (OT) und von seinem oberen Totpunkt (OT) zurück in seinen
unteren Totpunkt (UT) bewegt, ausführt, um der Kolbenkammer (24)
15 Kraftstoff über das Einlassventil (30) zuzuführen und zumindest
einen Teil des der Kolbenkammer (24) zugeführten Kraftstoffes zu
verdichten, und mit einer elektronischen Recheneinrichtung (34),
welche das Einlassventil (30) ansteuert, um das das Einlassventil
(30) je Hub (44, 46) mindestens einmal zu öffnen und danach
20 mindestens einmal zu einem Schließzeitpunkt (S1, S2) zu
schließen, um dadurch eine mittels des Kolbens (26) zu ver-
dichtende Menge des Kraftstoffes einzustellen,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
die elektronische Recheneinrichtung (34) dazu ausgebildet ist,
25 das Einlassventil (30) derart anzusteuern, dass sich der je-
weilige Schließzeitpunkt (S1, S2) von einem jeweiligen Zeitpunkt
(H1, H2), zu welchem der Kolben (26) seine während des jeweiligen
Hubs (44, 46) auftretende Höchstgeschwindigkeit aufweist,
unterscheidet.

*Fig. 1*



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/054921

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/38
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	JP 2001 027164 A (TOYOTA MOTOR CORP) 30 January 2001 (2001-01-30) abstract; figures 18, 19 paragraphs [0088] - [0090] -----	1-6,9
X	EP 1 085 203 A2 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 21 March 2001 (2001-03-21) paragraphs [0033] - [0041] paragraphs [0046] - [0073] -----	1-3,5,9
X	WO 03/054381 A1 (SIEMENS AG [DE]; ESER GERHARD [DE]) 3 July 2003 (2003-07-03) page 15, line 33 - page 16, line 11 -----	1-3,5,9
X	WO 2015/055326 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 23 April 2015 (2015-04-23) cited in the application abstract; figures 4,5 -----	1-8



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

4 May 2017

Date of mailing of the international search report

15/05/2017

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

Röttger, Klaus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/054921

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2001027164 A	30-01-2001	JP 4106819 B2 JP 2001027164 A	25-06-2008 30-01-2001
EP 1085203 A2	21-03-2001	CN 1288103 A DE 60028145 T2 EP 1085203 A2 JP 3539302 B2 JP 2001082289 A KR 20010050389 A US 6336445 B1	21-03-2001 15-03-2007 21-03-2001 07-07-2004 27-03-2001 15-06-2001 08-01-2002
WO 03054381 A1	03-07-2003	DE 10162988 A1 EP 1456531 A1 US 2005224049 A1 WO 03054381 A1	17-07-2003 15-09-2004 13-10-2005 03-07-2003
WO 2015055326 A1	23-04-2015	CN 105164395 A DE 102013220780 A1 EP 2946099 A1 JP 2016515676 A KR 20150119442 A US 2016222906 A1 WO 2015055326 A1	16-12-2015 16-04-2015 25-11-2015 30-05-2016 23-10-2015 04-08-2016 23-04-2015

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02D41/38
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	JP 2001 027164 A (TOYOTA MOTOR CORP) 30. Januar 2001 (2001-01-30) Zusammenfassung; Abbildungen 18, 19 Absätze [0088] - [0090] -----	1-6,9
X	EP 1 085 203 A2 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 21. März 2001 (2001-03-21) Absätze [0033] - [0041] Absätze [0046] - [0073] -----	1-3,5,9
X	WO 03/054381 A1 (SIEMENS AG [DE]; ESER GERHARD [DE]) 3. Juli 2003 (2003-07-03) Seite 15, Zeile 33 - Seite 16, Zeile 11 -----	1-3,5,9
X	WO 2015/055326 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 23. April 2015 (2015-04-23) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 4,5 -----	1-8



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

4. Mai 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/05/2017

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

Röttger, Klaus

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/054921

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2001027164 A	30-01-2001	JP 4106819 B2	25-06-2008
		JP 2001027164 A	30-01-2001
EP 1085203 A2	21-03-2001	CN 1288103 A	21-03-2001
		DE 60028145 T2	15-03-2007
		EP 1085203 A2	21-03-2001
		JP 3539302 B2	07-07-2004
		JP 2001082289 A	27-03-2001
		KR 20010050389 A	15-06-2001
		US 6336445 B1	08-01-2002
WO 03054381 A1	03-07-2003	DE 10162988 A1	17-07-2003
		EP 1456531 A1	15-09-2004
		US 2005224049 A1	13-10-2005
		WO 03054381 A1	03-07-2003
WO 2015055326 A1	23-04-2015	CN 105164395 A	16-12-2015
		DE 102013220780 A1	16-04-2015
		EP 2946099 A1	25-11-2015
		JP 2016515676 A	30-05-2016
		KR 20150119442 A	23-10-2015
		US 2016222906 A1	04-08-2016
		WO 2015055326 A1	23-04-2015