



(10) **DE 10 2015 204 037 A1** 2016.09.08

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 204 037.2**  
(22) Anmeldetag: **06.03.2015**  
(43) Offenlegungstag: **08.09.2016**

(51) Int Cl.: **F02D 41/38 (2006.01)**  
**F02D 41/20 (2006.01)**

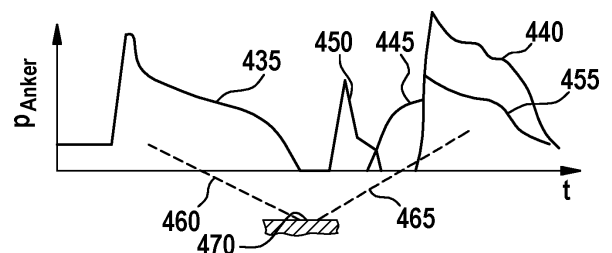
(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Lang, Heike, 71296 Heimsheim, DE; Tuerker,  
Oezguer, 70839 Gerlingen, DE; Jaehnig, Roland,  
73660 Urbach, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Steuerung eines Common-Rail-Einspritzsystems**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern wenigstens eines Injektors (1, 2) eines Common-Rail-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, zur Einspritzung von Kraftstoff in wenigstens einen Brennraum der Brennkraftmaschine, wobei der wenigstens eine Injektor mittels eines einen Ankerraum (5) und einen Steuerraum (8) aufweisenden Schaltventils (1) betrieben wird, und wobei insbesondere vorgesehen ist, dass zu wenigstens einer eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerung des wenigstens einen Injektors (1, 2) wenigstens eine zusätzliche Ansteuerung (410) mit einer Ansteuerdauer durchgeführt wird, durch welche der Kraftstoffdruck im Steuerraum (8) des Schaltventils (1) nur so weit abgesenkt wird, so dass aufgrund der zusätzlichen Ansteuerung keine Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine erfolgt, jedoch eine Dämpfung von Druckschwingungen im Ankerraum (5) des Schaltventils (1) erfolgt.



**Beschreibung**

## Offenbarung der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern von Injektoren eines Common-Rail-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind auch ein Computerprogramm, ein maschinenlesbarer Datenträger zur Speicherung des Computerprogramms und ein elektronisches Steuergerät, mittels derer das erfindungsgemäße Verfahren durchführbar ist.

## Stand der Technik

**[0002]** Ein hier betroffenes Common-Rail-(CR-)Einspritzsystem umfasst Injektoren, welche ein Steuer- bzw. Schaltventil aufweisen, mittels dessen Kraftstoff gesteuert in einen Brennraum einer hier betroffenen Brennkraftmaschine eingespritzt wird.

**[0003]** So geht aus der EP 1 316 719 A1 ein solcher Common-Rail-Injektor (CRI) mit einem Magnetventil zur Steuerung eines Einspritzventils hervor, bei dem die Öffnungs- und Schließstellung einer Düsenadel durch das Magnetventil steuerbar sind, so dass Einspritzbohrungen zum Einspritzen von Kraftstoff geöffnet werden können. Mit einem solchen Injektor lassen sich eine Haupteinspritzung und eine Voreinspritzung bei sehr kurzen Einspritzzeiten realisieren.

**[0004]** Das Magnetventil eines solchen Injektors weist einen bewegbaren Anker auf, der bei Bestromung der Magnetgruppe des Magnetventils von einem Ventilsitz in einem unteren Ankerraum abhebt. Dieser Ventilsitz steht seinerseits über eine oder mehrere (Drossel-) Bohrungen in Fluidverbindung mit einem Steuer(druck)raum des Einspritzventils. Bei einem Öffnen des Ventilsitzes baut sich der Druck im Steuerraum des Einspritzventils ab, wobei Fluid (Druckmedium) über die Bohrungen in Richtung Ventilsitz und von dort in den unteren Ankerraum strömt. Bei einem sinkenden Druck im Steuerraum wird die Düsenadel des Einspritzventils, die ständig einem in Öffnungsrichtung wirkenden Kraftstoffhochdruck ausgesetzt ist, in Bewegung gesetzt, wodurch die Einspritzbohrungen geöffnet werden und der Injektor Kraftstoff einspritzen kann.

**[0005]** Genannte Injektoren weisen zudem eine zu dem unteren Ankerraum führende Rücklaufbohrung auf, durch die Leckmengen aus verschiedenen Abschnitten des Magnetventils und Einspritzventils in den unteren Ankerraum zurückgeführt werden. Wird das Magnetventil nicht mehr bestromt, bewegt sich der Anker mittels einer Rückholfeder nach unten und verschließt den zu einer Drossel führenden Ventilsitz. Hierdurch steigt der Druck im Steuerraum wieder an, so dass die Düsenadel nach unten bewegt wird und die Einspritzbohrungen geschlossen werden.

**[0006]** Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass es bei eingangs genannte Schaltventile aufweisenden Injektoren zu ungewollten Einspritzungen (sog. „ghost injections“) kommen kann, deren Ursache ein verstärktes Ankerprellen des Schaltventils ist, welches durch Reflexionen von Kraftstoffdruckwellen in einem Niederdruckbereich, z.B. in einem Niederdruckrail, des CR-Einspritzsystems ausgelöst wird. Diese ungewollten Einspritzungen sind von Betriebsgrößen des CR-Einspritzsystems, wie z.B. vom aktuellen Kraftstoffdruck im Rail, vom Einspritzszenario oder vom mittleren Druckniveau im Niederdruckbereich abhängig.

**[0007]** Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, zwischen üblichen Einspritzungen, d.h. z.B. genannten Vor- und Haupteinspritzungen, zusätzliche Ansteuerungen eines hier betroffenen Injektors durchzuführen, um die Druckverhältnisse in einem hier betroffenen Steuer- bzw. Schaltventil so zu beeinflussen, dass genannte ungewollte Einspritzungen wirksam vermieden werden.

**[0008]** Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt wenigstens eine zusätzliche Ansteuerung eines hier betroffenen, ein Schaltventil mit einem Ankerraum und einem Steuerraum aufweisenden Injektors mit einer geeigneten Ansteuerdauer, wobei der Kraftstoffdruck im Steuerraum des Schaltventils ausreichend hoch ist, damit noch keine Einspritzung von Kraftstoff in einen Brennraum der Brennkraftmaschine erfolgt, jedoch eine Dämpfung genannter Druckschwingungen im Ankerraum des Schaltventils erfolgt (sog. „blankshot“). Durch eine solche Ansteuerung werden genannte ungewollte Einspritzungen („ghost injections“) wirksam verhindert.

**[0009]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren liegt der technische Effekt zugrunde, dass durch die wenigstens eine zusätzliche Ansteuerung mit einer geeigneten Ansteuerdauer das Druckniveau im Ankerraum des Schaltventils so abgesenkt wird, dass ungewollte Einspritzungen vermieden werden, da einerseits eine möglichst große Kraftstoffmenge durch das Schaltventil in einen genannten Rücklauf abgesteuert wird, und andererseits der Kraftstoffdruck im Steuerraum dennoch ausreichend hoch bleibt, damit durch die zusätzliche Ansteuerung noch keine Einspritzung ausgelöst wird.

**[0010]** Erfindungsgemäß wird die im Bereich von CR-Einspritzsystemen zum schnellen Druckabbau im Hochdruck-Railsystem an sich bekannte Technik der zusätzlichen Ansteuerungen vorliegend zur gezielten Absenkung bzw. Vorkonditionierung des Rücklaufgedrucks unmittelbar vor einer Schaltventilansteuerung, bei der ein Ventilprellen erwartet wird, angewendet.

**[0011]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann insbesondere vorgesehen sein, dass bei der zusätzlichen Ansteuerung das Druckniveau im Ankerraum des Schaltventils so weit abgesenkt wird, dass eine möglichst große Kraftstoffmenge durch das Schaltventil in einen Rücklauf abgesteuert wird und der Kraftstoffdruck im Steuerraum ausreichend hoch ist, damit durch die zusätzliche Ansteuerung noch keine Einspritzung ausgelöst wird. Durch diese Maßnahme wird die Entstehung genannter Kraftstoffdruckwellen besonders effizient verhindert.

**[0012]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann ferner vorgesehen sein, dass mittels der zusätzlichen Ansteuerung eine gezielte Vorkonditionierung des Rücklaufgedrucks unmittelbar vor einer Einspritzung bewirkenden Ansteuerung des Schaltventils, bei der ein übermäßiges Ventilprellen erwartet wird, erfolgt. Durch die genannte Vorkonditionierung lässt sich die Entstehung genannter Kraftstoffdruckwellen noch effizienter verhindern, da die genannten Bedingungen den Kraftstoffdruck im Steuerraum des Schaltventils sowie die Dämpfung genannter Druckschwingungen im Ankerraum des Schaltventils betreffend noch leichter erfüllt werden können.

**[0013]** Die Ansteuerdauer der zusätzlichen Ansteuerung beträgt bevorzugt einen Wert im Bereich von 0,05 bis 0,4 ms. Der zeitliche Abstand zwischen der zusätzlichen Ansteuerung und einer darauffolgenden, eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerung beträgt bevorzugt 0,1 bis 2 ms. Durch diese Maßnahmen kann gewährleistet werden, dass die genannten Bedingungen die Kraftstoffmenge durch das Schaltventil sowie den Kraftstoffdruck im Steuerraum betreffend, unabhängig vom Betriebszustand des Einspritzsystems bzw. der Brennkraftmaschine, erfüllt werden können.

**[0014]** Die zusätzliche Ansteuerung kann vorteilhaft in einem momentenwirksamen Betriebspunkt des Einspritzsystems erfolgen, so dass ein geeigneter Zeitpunkt für eine solche zusätzliche Ansteuerung im Wesentlichen ohne Einschränkungen gewählt werden kann und das Verfahren dadurch einfacher in einem Steuergerät eines hier betroffenen Einspritzsystems implementiert werden kann.

**[0015]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann auch vorgesehen sein, dass eine genannte zusätzliche Ansteuerung als präventive Maßnahme gegen ungewollte Einspritzungen, bevorzugt mit einem festen zeitlichen Abstand zu einer darauffolgenden Ansteuerung, appliziert wird. Hierdurch wird eine technisch besonders einfache und damit kostengünstige Implementierung des Verfahrens ermöglicht.

**[0016]** Die Erfindung kann insbesondere in einem Common-Rail-Einspritzsystem mit magnetisch betätigten bzw. durch Magnetventile gesteuerten Injekto-

ren (MV-Injektoren) bzw. entsprechenden Steuerventilen zur Anwendung kommen. Dabei kann das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft in einem bestehenden CR-System bzw. entsprechenden Steuergerät implementiert werden, ohne dass irgendwelche Änderungen an mechanischen oder elektrischen Komponenten des CR-System bzw. der Brennkraftmaschine erforderlich sind.

**[0017]** Das erfindungsgemäße Computerprogramm ist eingerichtet, jeden Schritt des Verfahrens durchzuführen, insbesondere wenn es auf einem Rechnergerät oder einem Steuergerät abläuft. Es ermöglicht die Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf einem elektronischen Steuergerät, ohne an diesem bauliche Veränderungen vornehmen zu müssen. Hierzu ist der maschinenlesbare Datenträger vorgesehen, auf welchem das erfindungsgemäße Computerprogramm gespeichert ist. Durch Aufspielen des erfindungsgemäßen Computerprogramms auf ein elektronisches Steuergerät wird das erfindungsgemäße elektronische Steuergerät erhalten, welches eingerichtet ist, um ein hier betroffenes Common-Rail-Einspritzsystem mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens zu steuern.

**[0018]** Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen.

**[0019]** Es versteht sich, dass die voranstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweiligen angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0020]** Fig. 1 zeigt den oberen Teil eines Injektors mit Magnetventil und dem oberen Teil des Einspritzventils,

**[0021]** Fig. 2 zeigt den unteren Teil eines in Fig. 1 gezeigten Injektors.

**[0022]** Fig. 3a–d zeigen typische Verläufe von Ansteuerstrom, Ankerhub, Ankerraumdruck und Düsenadelhub eines hier betroffenen Injektors bei einer Einfach einspritzung und einer Mehrfacheinspritzung im Vergleich, zur Illustration einer Wirkkette bei der Entstehung ungewollter Einspritzungen.

**[0023]** Fig. 4a–d zeigen den Fig. 3a–Fig. 3d entsprechende Verläufe im Falle einer erfindungsgemäßen zusätzlichen Ansteuerung zur Vermeidung ungewollter Einspritzungen.

## Beschreibung von Ausführungsbeispielen

**[0024]** Fig. 1 zeigt den üblichen Aufbau eines aus Magnetventil **1** und Einspritzventil **2** bestehenden Injektors, wie er insbesondere zur Kraftstoffeinspritzung bei Common-Rail-Systemen verwendet wird. Bezeichnet sind in der Skizze nur die für die Erfindung wesentlichen Injektorteile. Der einteilige Anker **3** wird durch das Bestromen des Magnetventils **1** gegen die Federkraft der Ankerfeder **11** nach oben gezogen. Der Anker **3** läuft in der Ankerführung **12** und liegt bei unbestromtem Magnetventil **1** auf dem Ventilsitz **4** des Einspritzventils **2** auf. In diesem Zustand ist die Fluidverbindung zum Steuer(druck)raum **8** des Einspritzventils **2** über die A-Drossel **6** und die Bohrung **7** unterbrochen. Bei Bestromen des Magnetventils öffnet sich hingegen die A-Drossel **6** und der Druck im Steuerraum **8** sinkt, da Fluid nun vom Steuerraum **8** in den unteren Ankerraum **5** fließen kann. Der Zulauf in den Steuerraum **8** wird durch die sogenannte Z-Drossel (nicht dargestellt) begrenzt, wohingegen die Düsenadel **17** (vgl. Fig. 2) ständig einem in Öffnungsrichtung wirkenden Kraftstoffhochdruck ausgesetzt ist. Da der Druck im Steuerraum **8** bei geöffneter A-Drossel **6** geringer wird als der an der Düsenadel **17** anstehende Kraftstoffhochdruck, setzt sich die Druckstange **13** in Bewegung und zieht die Düsenadel **17** in Öffnungsrichtung, wodurch die Einspritzbohrungen geöffnet werden und der Injektor Kraftstoff einspritzen kann.

**[0025]** Fig. 2 zeigt den unteren Teil des zum Injektor gehörenden Einspritzventils **2**, wobei auch hier nur einige Teile bezeichnet sind. Mit der Druckstange **13** aus Fig. 1 ist die Düsenadel **17** verbunden. Der untere Düsenadelraum ist mit **16** bezeichnet. An verschiedenen Stellen des Injektors treten Leckmengen auf, die über die Rücklaufbohrung **9** in den unteren Ankerraum **5** zurückgeführt werden. Diese Leckmengen treten an der Abdichtung des Ventilstückes zum Injektorkörper an der mit **14** bezeichneten Stelle, an der Stelle **15** zwischen Druckstange **13** und Ventilstück sowie an der Stelle **18** zwischen Düse und Düsenhalter auf (vgl. Fig. 1 und Fig. 2). Zusätzlich zur Leckmenge wird die Steuermenge aus der A-Drossel **6** durch die Bohrung der Ankerführung **12** über den Gesamtrücklauf **10** aus dem Injektor in einen (nicht gezeigten) Tank zurückgeleitet.

**[0026]** Bei einem in den Fig. 1 und Fig. 2 dargestellten Injektor tritt nun bei bestimmten Einspritzszenarien eine ungewollte Einspritzung („ghost injection“) auf. Das Auftreten solcher ungewollten Einspritzungen hängt von mehreren Faktoren, z.B. dem Raildruck oder dem Rücklaufgedrückt, ab. Auslöser bzw. Ursache für diese Fehlfunktion des Injektors sind in einem vorbeschriebenen Rücklaufsystem **10** auftretende Druckschwingungen, welche ein übermäßiges Ventilprellen bzw. Ankerprellen verursachen. Solche verstärkten Ankerpreller bewirken

insbesondere bei kurzen Ansteuerdauern aufgrund der dadurch verursachten erneuten Druckentlastung in einem beschriebenen Steuerraum **8** des Injektors bzw. Magnetventils **1** ein zumindest kurzzeitiges Wiederöffnen einer bereits (nahezu) geschlossenen Ventilsitzbohrung bzw. Düsenadel **17**.

**[0027]** Die Entstehung genannter ungewollter Einspritzungen wird anhand der Figuren 3a bis 3d bzw. anhand der dort gezeigten Wirkkette veranschaulicht. Fig. 3a zeigt qualitativ beispielhafte Stromverläufe bei zwei aufeinander folgenden Ansteuerungen **300**, **305** eines hier betroffenen Magnetventils **1** und Fig. 3b ebenfalls nur qualitativ entsprechender, sich bei diesen Ansteuerungen **300**, **305** ergebender Ankerhubverläufe **310**, **315**, jeweils über der Zeit  $t$ . Die Fig. 3c zeigt die bei den Ansteuerungen **300**, **305** resultierenden Druckverläufe bzw. Druckwellenverläufe **320**, **325** im Ankerraum, und zwar vergleichend bei einer Einfach einspritzung **320**, **325** und einer Mehrfacheinspritzung **320**, **330**, wiederum jeweils über der Zeit  $t$ . In Fig. 3d sind der sich bei einer Einfach einspritzung ergebende Düsenadelhubverlauf **350** bei einer Einfach einspritzung sowie eine bei der Ansteuerung **305** einer Mehrfacheinspritzung sich ergebende ungewollte Einspritzung **355** über der Zeit  $t$  dargestellt.

**[0028]** Anhand der Fig. 3a bis Fig. 3d wird nun die genannte Wirkkette zur Entstehung ungewollter Einspritzungen („ghost injections“) beschrieben. Zu ersehen sind in Fig. 3c beim Öffnen des Magnetventils durch den sogenannten Blasen kollaps in einem in diesem Beispiel vorliegenden Niederdruck-(ND-) Rail sich ergebende Druckspitzen (Druckpeaks) **340**, **343** der genannten Druckwellenverläufe **320**, **325**. In Fig. 3c sind ferner die beim jeweiligen Schließvorgang sich ergebenden Druckwerte **335** im Ankerraum eingezeichnet.

**[0029]** Die durch die erste der beiden Druckspitzen **340** hervorgerufene, schematisch angedeutete Druckwelle läuft **340** im Falle einer Einfach einspritzung durch das ND-Rail und wird an einem Ende des Rails reflektiert **341**. Danach läuft die dort reflektierte Druckwelle zurück **345** und hebt den im Ankerraum des Magnetventils **1** und an dem einen genannten Ventilsitz **4** umgebenden Ventilnapf vorliegenden Druck entsprechend an **325**. Dies führt in Kombination mit der Druckerhöhung **330** aufgrund der zweiten Ansteuerung **305**, **315** zu einer erheblichen Verstärkung von Ankerprellen und dadurch bei einer Mehrfacheinspritzung letztlich zu einer genannten in Fig. 3d gezeigten ungewollten Einspritzung.

**[0030]** Wie aus der Fig. 3c ferner zu ersehen, ist der Druckverlauf im Ankerraum unmittelbar vor der zweiten Ansteuerung **305** durch die aus der vorangegangenen Ansteuerung **300** des Schaltventils **1** entstehende, zurücklaufende Druckwelle deutlich erhöht

**325.** Dieser Ausgangszustand zu Beginn einer noch weiteren Ansteuerung begünstigt das genannte übermäßige Ventilprellen und führt dadurch zu einem die ungewollte Einspritzung letztlich verursachenden Düsenadelhubverlauf **355**.

**[0031]** Die mit den **Fig. 3a** bis **Fig. 3d** korrespondierenden **Fig. 4a** bis **Fig. 4d** zeigen ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Vermeidung von ungewollten Einspritzungen („ghost injections“) durch Absenkung des Druckniveaus im Ankerraum mittels erfindungsgemäßer zusätzlicher Ansteuerungen, jedoch ohne dabei erfolgende Einspritzungen (nachfolgend „BS-Ansteuerung“).

**[0032]** Bei einem vorliegend angenommenen Einspritzsystem mit Einstellerkonzept, d.h. mit einer Kraftstoff-Zumesseinheit (ZME), jedoch keinem Druckregelventil (DRV), wird im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine durch genannte BS-Ansteuerungen ein künstlicher Leckageabfluss von überschüssigem Kraftstoff durch die Injektoren erzeugt. Durch diesen Leckageabfluss wird zum einen die Permanentleckage der Zumesseinheit abgeführt und der Zumesseinheit dadurch Spielraum für die Raildruckregelung gegeben.

**[0033]** Bei der BS-Ansteuerung wird die Ansteuerdauer so gewählt, dass einerseits eine möglichst große Menge an Kraftstoff pro BS-Ansteuerung durch das Schaltventil in den Rücklauf abgesteuert wird, andererseits der Druck im Steuerraum bei gewählter Ansteuerdauer ausreichend hoch ist, so dass noch keine Einspritzung erfolgt.

**[0034]** Wie in den **Fig. 4a** bis **Fig. 4d** anhand einer Haupteinspritzung (HE) und einer nachfolgenden Nebeneinspritzung (NE) illustriert, wird die im Bereich von CR-Einspritzsystemen zum schnellen Druckabbau im Hochdruck-Railsystem an sich bekannte Technik der BS-Ansteuerung vorliegend zur gezielten Absenkung bzw. Vorkonditionierung des Rücklaufgedrucks unmittelbar vor einer Schaltventilansteuerung, bei der ein übermäßiges Ventilprellen erwartet wird, angewendet. Diese erfindungsgemäße BS-Ansteuerung kann auch bei Einspritzsystemen mit Mehrstellerkonzepten, z.B. bei Einspritzsystemen mit einer Kraftstoff-Zumesseinheit (ZME) und einem Druckregelventil (DRV), angewendet werden.

**[0035]** Wie in den **Fig. 3a** bis **Fig. 3d**, zeigt **Fig. 4a** qualitativ beispielhafte Stromverläufe bei den genannten beiden Ansteuerungen HE **400** und NE **405** eines solchen Magnetventils **1**, **Fig. 4b** qualitativ entsprechende, sich bei diesen Ansteuerungen **400**, **405** ähnlich wie in **Fig. 3b** ergebende Ankerhubverläufe **415**, **420**, **430**, **Fig. 4c** aus den Ansteuerungen **400**, **405** resultierende Druckwellenverläufe **435**, **455** im Ankerraum, und zwar zum Vergleich sowohl mit und

ohne eine erfindungsgemäße BS-Ansteuerung, und **Fig. 4d** den sich bei einer hier betroffenen Mehrfacheinspritzung (HE und NE) ergebenden Düsenadelhubverlauf **475**.

**[0036]** Zusätzlich zu den beiden Ansteuerungen **400**, **405** erfolgt zeitlich kurz vor der zweiten Ansteuerung (NE) **405** eine erfindungsgemäße BS-Ansteuerung **410**. Die Ansteuerdauer der zusätzlichen BS-Ansteuerung **410** hat bevorzugt einen Wert im Bereich von 0,05 bis 0,4 ms. Der zeitliche Abstand zwischen der BS-Ansteuerung **410** und einer zeitlich nachfolgenden bzw. darauffolgenden, eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerung beträgt im Bereich von 0.1 bis 2.0 ms.

**[0037]** Diese zusätzliche Ansteuerung **410** bewirkt, zusätzlich zu den beiden an sich üblichen Ankerhubverläufen **415** sowie **420**, **430**, einen relativ geringen, zusätzlichen Ankerhub **425**, der eine genannte Absenkung bzw. Vorkonditionierung des Rücklaufgedrucks unmittelbar vor der zweiten Ansteuerung **405** bzw. dem dieser entsprechenden Ankerhub **420**, **430** bewirkt. Dadurch wird insbesondere die in **Fig. 3c** dargestellte Erhöhung **325** des Druckverlaufs im Ankerraum wirksam vermieden. Im Gegensatz dazu erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel eine Aufteilung des Druckverlaufs **325** in zwei Teile **450** und **455**, aufgrund derer die sich ergebenden Druckschwingungen im in **Fig. 1** und **Fig. 2** gezeigten Rücklauf entsprechend den gestrichelten Linien **460**, **465** an dem einem Ende des Rails reflektiert **470** wird.

**[0038]** In **Fig. 4c** ist zum Vergleich der Druckverlauf im Ankerraum ohne eine genannte BS-Ansteuerung **410** gezeigt. In diesem Fall ergäbe sich wiederum, ähnlich wie in **Fig. 3c**, ein Druckverlauf **440** mit einer Überhöhung **445** im Anfangsbereich, welcher auch vorliegend eine ungewollte Einspritzung **485** bewirken würde. Gemäß **Fig. 4d** erfolgt im Gegensatz dazu, d.h. bei Vorliegen einer BS-Ansteuerung **410**, ein Düsenadelhub **480** entsprechend der Ansteuerung **405** der NE, jedoch in diesem Fall nicht die ungewollte (Nach-)Einspritzung **485**.

**[0039]** Die genannten Druckschwingungen im Rücklauf hängen von einer Anzahl von Parametern wie z.B. dem mittleren Druck im ND-Rail, der Kraftstofftemperatur im ND-Rail, dem Luftgehalt im Kraftstoff, dem genauen, insbesondere hydraulischen Aufbau des ND-Rails, usw. ab. Die genannte BS-Ansteuerung kann jedoch bei kritischen Einspritzszenarien, insbesondere unabhängig vom zeitlichen Ablauf der Druckwelle im Ankerraum, als präventive Maßnahme gegen ungewollte Einspritzungen, bevorzugt mit einem festen zeitlichen Abstand zu einer darauffolgenden Ansteuerung, appliziert werden. Bei einer solchen vereinfachten Implementierung ist der erforderliche Applikations- bzw. Programmieraufwand relativ gering.

**[0040]** Das beschriebene Verfahren kann in Form eines Steuerprogramms für ein elektronisches Steuergerät zur Steuerung einer Brennkraftmaschine oder in Form einer oder mehrerer entsprechender elektronischer Steuereinheiten (ECUs) realisiert werden.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- EP 1316719 A1 [0003]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Ansteuern wenigstens eines Injektors (**1**, **2**) eines Common-Rail-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, zur Einspritzung von Kraftstoff in wenigstens einen Brennraum der Brennkraftmaschine, wobei der wenigstens eine Injektor mittels eines einen Ankerraum (**5**) und einen Steuerraum (**8**) aufweisenden Schaltventils (**1**) betrieben wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zu wenigstens einer eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerung des wenigstens einen Injektors (**1**, **2**) wenigstens eine zusätzliche Ansteuerung (**410**) mit einer Ansteuerdauer durchgeführt wird, durch welche der Kraftstoffdruck im Steuerraum (**8**) des Schaltventils (**1**) so weit absenkt wird, dass aufgrund der zusätzlichen Ansteuerung keine Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine erfolgt, jedoch eine Dämpfung von Druckschwingungen im Ankerraum (**5**) des Schaltventils (**1**) erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der zusätzlichen Ansteuerung das Druckniveau im Ankerraum (**5**) des Schaltventils (**1**) so abgesenkt wird, dass eine möglichst große Kraftstoffmenge durch das Schaltventil (**1**) in einen Rücklauf (**9**) abgesteuert wird und der Kraftstoffdruck im Steuerraum (**8**) ausreichend hoch ist, damit durch die zusätzliche Ansteuerung noch keine Einspritzung ausgelöst wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels der zusätzlichen Ansteuerung eine gezielte Vorkonditionierung des Rücklaufgedrucks unmittelbar vor einer eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerung des Schaltventils (**1**), bei der ein Ventilprellen erwartet wird, erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ansteuerdauer der zusätzlichen Ansteuerung (**410**) einen Wert im Bereich von 0,05 bis 0,4 ms hat.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zeitliche Abstand zwischen der zusätzlichen Ansteuerung (**410**) und einer darauffolgenden, eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerung 0,1 bis 2 ms beträgt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zusätzliche Ansteuerung in einem momentenwirksamen Betriebspunkt des Einspritzsystems bzw. der Brennkraftmaschine erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine genannte zusätzliche Ansteuerung als präventive Maß-

nahme gegen ungewollte Einspritzungen appliziert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine genannte zusätzliche Ansteuerung mit einem festen zeitlichen Abstand zu einer darauffolgenden Ansteuerung appliziert wird.

9. Computerprogramm, welches eingerichtet ist, jeden Schritt eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 durchzuführen.

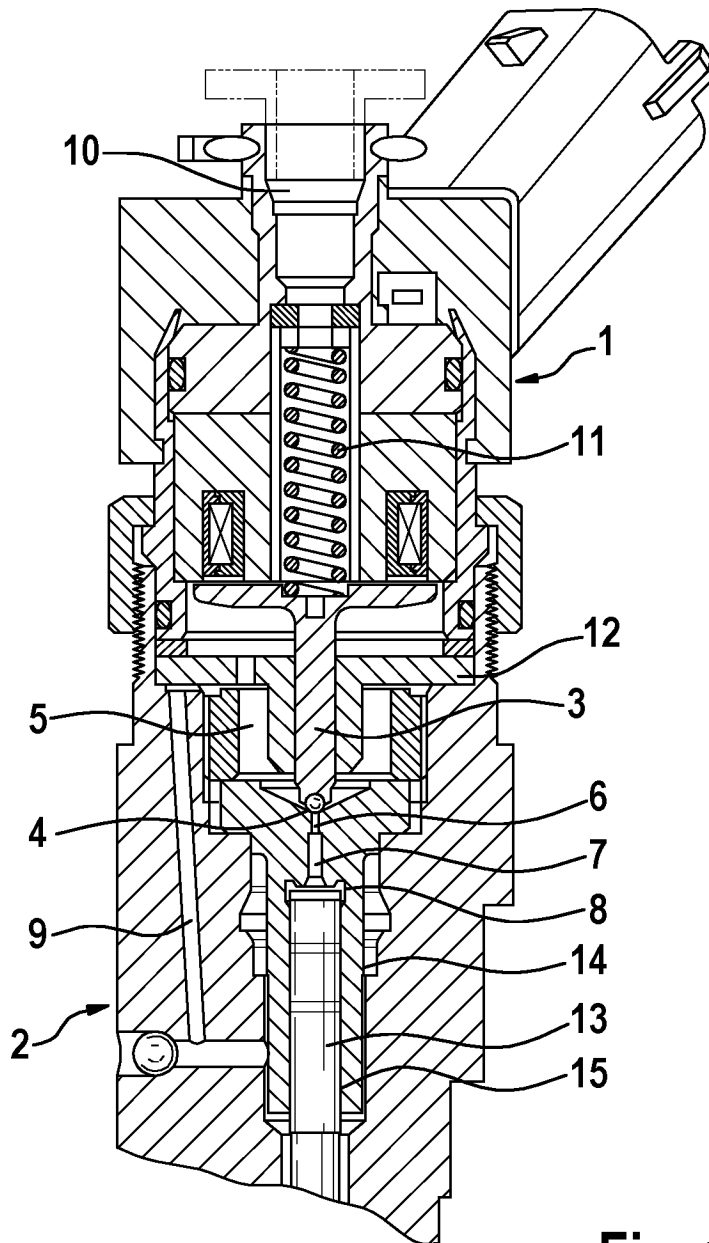
10. Maschinenlesbarer Datenträger, auf welchem ein Computerprogramm gemäß Anspruch 9 gespeichert ist.

11. Elektronisches Steuergerät, welches eingerichtet ist, um ein Common-Rail-Einspritzsystem einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs mittels eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zu steuern.

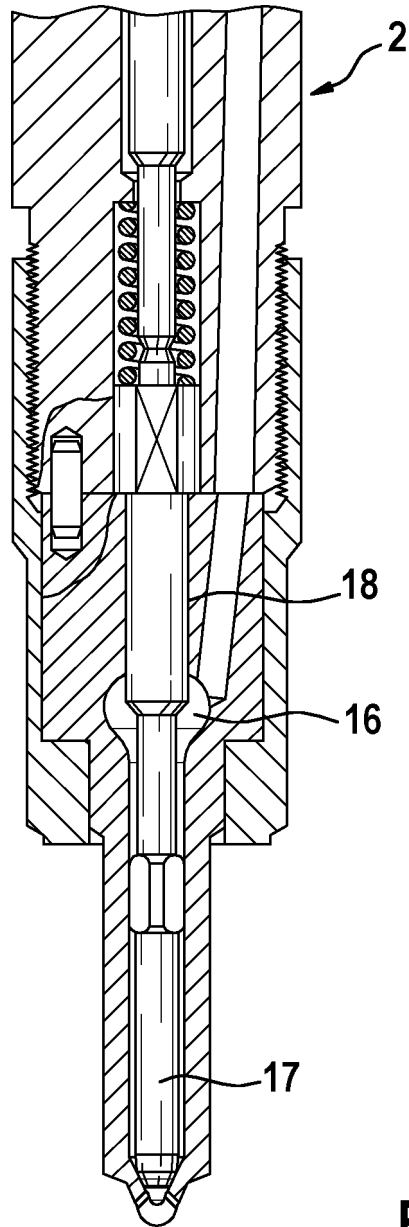
Es folgen 4 Seiten Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen



**Fig. 1**  
**(Stand der Technik)**



**Fig. 2**  
**(Stand der Technik)**

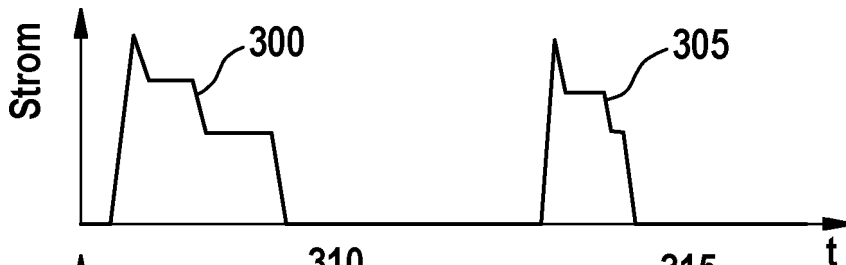


Fig. 3a

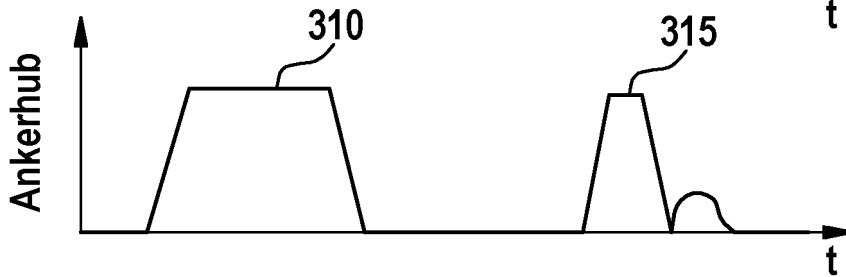


Fig. 3b

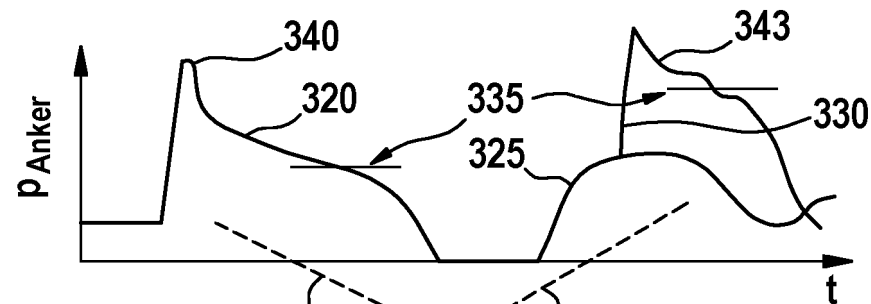


Fig. 3c

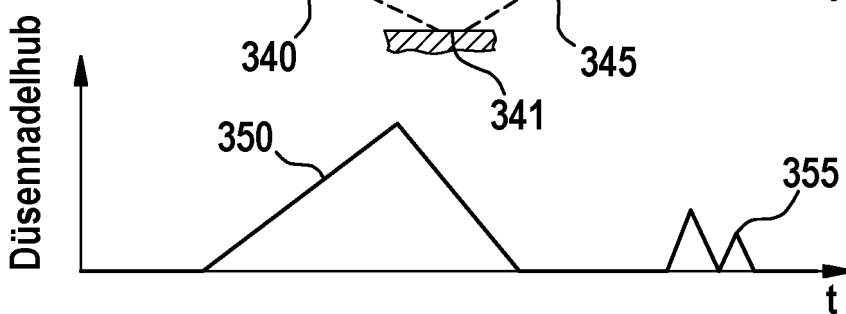


Fig. 3d

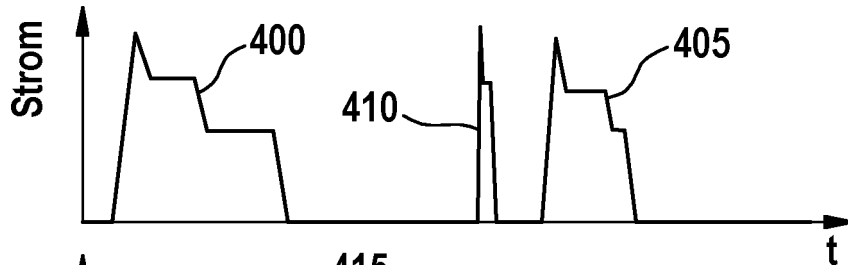


Fig. 4a

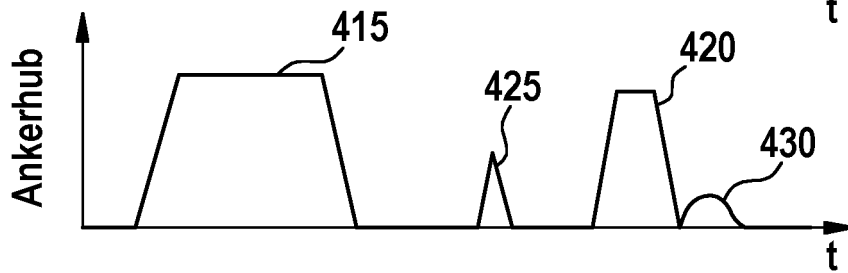


Fig. 4b

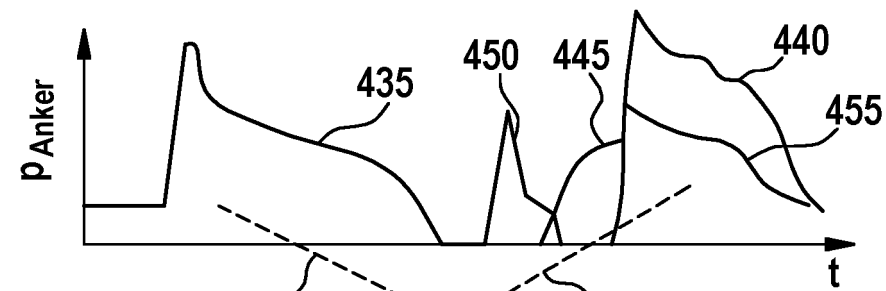


Fig. 4c

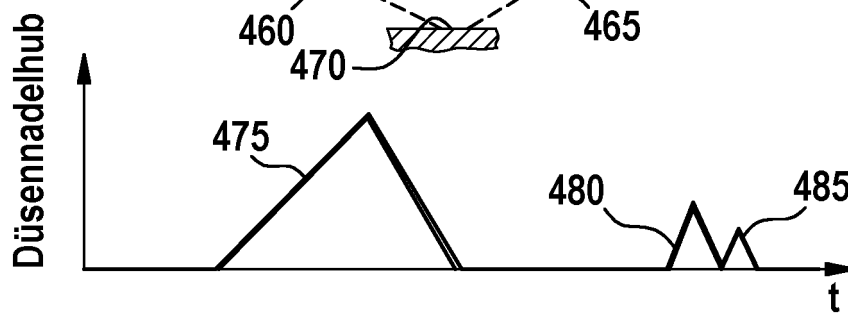


Fig. 4d