



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 59 675 B3 2005.07.07**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 59 675.5**
 (22) Anmeldetag: **18.12.2003**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **07.07.2005**

(51) Int Cl.7: **F02D 41/20**
F02M 47/00, F02M 47/02, H02N 2/06

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
**Volkswagen Mechatronic GmbH & Co. KG, 09366
 Stollberg, DE**

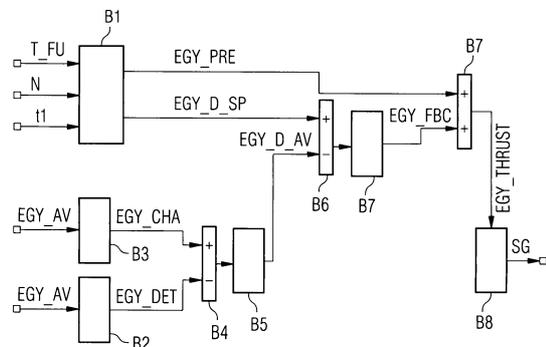
(74) Vertreter:
Wilhelm & Beck, 80636 München

(72) Erfinder:
**Beilharz, Jörg, Dr., 14169 Berlin, DE; Kronberger,
 Maximilian, Dr., 93053 Regensburg, DE; Pirkel,
 Richard, 93047 Regensburg, DE; Rißler, Christian,
 10555 Berlin, DE; Schmidt, Harald, Wien, AT;
 Wiehoff, Hans-Jörg, 93049 Regensburg, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 198 35 494 C2
DE 196 52 801 C1
WO 03/1 04 633 A1
WO 03/0 81 007 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Steuern eines Ventils und Verfahren und Vorrichtung zum Steuern einer Pumpe-Düse-Vorrichtung mit dem Ventil**

(57) Zusammenfassung: Ein Ventil hat einen Ventilantrieb, der als Piezoaktor ausgebildet ist, mit einem Ventilglied, einem Ventilkörper und einem Ventilsitz. Zum Steuern des Ventils wird zu einem ersten vorgebbaren Zeitpunkt (t_1) das Ventilglied von einer Position entfernt von dem Ventilsitz in dem Ventilsitz mittels eines Ladevorgangs des Piezoaktors gesteuert. Ein erster Wert wird ermittelt, der charakteristisch ist für die dem Piezoaktor zugeführte elektrische Energie beim Auftreffen des Ventilglieds auf den Ventilsitz. Ein zweiter Wert wird ermittelt, der charakteristisch ist für die dem Piezoaktor zugeführte elektrische Energie beim Abschluss des Ladevorgangs des Piezoaktors. Ein Differenz-Istwert wird aus der Differenz des zweiten und ersten Wertes ermittelt. Eine Differenz eines Differenz-Sollwertes, der vorgebbar ist, und des Differenz-Istwertes wird einem Regler zugeführt. Ein Stellsignal zum Laden des Piezoaktors wird abhängig von der Stellgröße des Reglers ermittelt. Das Ventil kann auch in einer Pumpe-Düse-Vorrichtung vorhanden sein.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines Ventils. Sie betrifft ferner ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern einer Pumpe-Düse-Vorrichtung mit einem Ventil. Das Ventil hat einen Ventilantrieb, der als Piezoaktor ausgebildet ist, ein Ventilglied, einen Ventilkörper und einen Ventilsitz. Eine Pumpe-Düse-Vorrichtung wird insbesondere zur Kraftstoffzufuhr in einen Brennraum eines Zylinders einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Diesel-Brennkraftmaschine, eingesetzt. Bei einer Pumpe-Düse-Vorrichtung bilden eine Pumpe, eine Steuereinheit mit dem Ventil und eine Düseneinheit eine Baueinheit. Der Antrieb eines Kolbens der Pumpe erfolgt vorzugsweise über eine Nockenwelle einer Brennkraftmaschine mittels eines Kiphebels.

[0002] Die Pumpe ist über das Ventil an eine Niederdruck-Kraftstoffzuführeinrichtung hydraulisch koppelbar. Sie ist ausgangsseitig mit der Düseneinheit hydraulisch gekoppelt. Einspritzbeginn und Einspritzmenge werden durch das Ventil und dessen Ventilantrieb bestimmt. Durch die kompakte Bauweise der Pumpe-Düse-Vorrichtung ergibt sich ein sehr geringes Hochdruckvolumen und eine große hydraulische Steifigkeit. Es werden so sehr hohe Einspritzdrücke von zirka 2.000 bar ermöglicht. Dieser hohe Einspritzdruck in Verbindung mit der guten Steuerbarkeit des Einspritzbeginns und der Einspritzmenge ermöglichen eine deutliche Reduktion der Emissionen bei gleichzeitig niedrigem Kraftstoffverbrauch beim Einsatz der Brennkraftmaschinen.

Stand der Technik

[0003] Aus der DE 198 35 494 C2 ist eine Pumpe-Düse-Vorrichtung bekannt mit einer Pumpe und einem Ventil mit einem Ventilglied, das die hydraulische Kopplung eines Absteuerraums mit einem Ablaufkanal steuert. Der Ablaufkanal ist hydraulisch gekoppelt mit der Pumpe und einer Düseneinheit. Ein Zulaufkanal ist vorgesehen, der hydraulisch gekoppelt ist mit dem Absteuerraum. Dem Ventilglied ist ein piezoelektrischer Ventilantrieb zugeordnet, über den das Ventilglied zwischen zwei Endstellungen verstellt werden kann. In einer ersten Endstellung des Ventilglieds ist der Ablaufkanal hydraulisch gekoppelt mit einem Absteuerraum und dieser wiederum mit dem Zulaufkanal. In einer zweiten Endstellung des Ventilglieds ist der Ablaufkanal hydraulisch entkoppelt von dem Absteuerraum und das Ventilglied ist in einem Ventilsitz des Ventils.

[0004] In der ersten Endstellung des Ventilglieds wird während eines Förderhubs der Pumpe Fluid von dem Zulaufkanal über den Absteuerraum und den Ablaufkanal von der Pumpe angesaugt. Während eines Arbeitshubs eines Pumpenkolbens der Pumpe

wird in der ersten Endposition des Ventilglieds Fluid von der Pumpe über den Ablaufkanal, den Absteuerraum in den Zulaufkanal zurückgedrückt. In der zweiten Endstellung des Ventilglieds kann während des Förderhubs des Pumpenkolbens wegen der fehlenden hydraulischen Kopplung des Ablaufkanals mit dem Absteuerraum und dem Zulaufkanal kein Fluid zurückgedrückt werden und der Pumpenkolben erzeugt Hochdruck. Mit Überschreiten einer vorgegebenen Druckschwelle öffnet eine Düsennadel der Düseneinheit eine Düse der Düseneinheit und es erfolgt eine Einspritzung des Fluids. Das Einspritzende wird dadurch bestimmt, dass das Ventilglied mittels des Stellantriebs in seine erste Endposition gesteuert wird und so Fluid über den Ablaufkanal in den Absteuerraum und den Zulaufkanal zurückströmen kann, was zur Folge hat, dass der Druck in der Pumpe und somit auch in der Düseneinheit abnimmt, was wiederum zu einem Schließen der Düseneinheit führt.

[0005] Geringe Schadstoffemissionen einer Brennkraftmaschine, in der die Pumpe-Düse-Vorrichtung angeordnet ist, und eine präzise Steuerung der Brennkraftmaschine setzen ein präzises Zumessen von Kraftstoff durch die Pumpe-Düse-Vorrichtung voraus. Dies setzt wiederum eine langzeitstabile und reproduzierbare Ansteuerung des piezogesteuerten Ventils der Pumpe-Düse-Vorrichtung voraus.

[0006] Aus WO 03/081007 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Detektion des Einschlagzeitpunktes einer Ventilnadel eines Piezosteuerventils bekannt. Das Piezosteuerventil wird bei einer Pumpe-Düse-Einheit zum Einspritzen von Kraftstoff in eine Brennkraftmaschine eingesetzt. Der Einschlagzeitpunkt der Ventilnadel des Piezosteuerventils der Pumpe-Düse-Einheit wird durch die Auswertung der Piezospannung und/oder des Piezostroms ermittelt.

[0007] Weiterhin ist aus WO 03/104633 A1 ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Messen und Regeln der Schließ- und Öffnungszeit eines Piezosteuerventils bekannt, bei dem die Zeitdauer gemessen wird, die eine Ventilnadel eines Steuerventils einer Piezopumpe-Düsen-Einheit benötigt, um von einer ersten Endposition in eine zweite Endposition zu gelangen, wobei die Ansprechzeit des Steuerventils berücksichtigt wird. Die Zeitdauer wird dabei in Abhängigkeit von der dem Steuerventil angelegten Spannung und/oder des angelegten Stroms ermittelt. Weiterhin wird ein Stellsignal erzeugt, das zum Bewegen des Steuerventils von der ersten in die zweite Endposition verwendet wird, wobei das Stellsignal zu einem Zeitpunkt erzeugt wird, bei dem gewährleistet ist, dass der Druck im Steuerventil und in der Einspritzdüse während der Messung weitgehend dem Druck des Kraftstoffniederdruckbereichs entspricht.

[0008] Zudem ist aus DE 196 52 801 C1 ein Verfah-

ren und eine Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes bekannt, wobei das kapazitive Stellglied insbesondere in einem piezoelektrisch betriebenen Kraftstoffeinspritzventil einer Brennkraftmaschine eingesetzt wird. Bei der Ansteuerung des kapazitiven Stellgliedes wird die Aktorenergie und/oder die Ladungsmenge des kapazitiven Stellgliedes, mit der der Aktor zur Betätigung beaufschlagt wird, geregelt. Die jeweiligen Sollwertvorgaben werden abhängig von verschiedenen Betriebsparametern der Brennkraftmaschine gewählt.

Aufgabenstellung

[0009] Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines Ventils zu schaffen, das oder die gewährleistet, dass das Ventil über eine lange Betriebszeitdauer präzise schaltet. Ferner ist es die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern einer Pumpe-Düse-Vorrichtung mit dem Ventil zu schaffen, das bzw. die gewährleistet, dass das Ventil über eine lange Betriebszeitdauer präzise schaltet.

[0010] Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0011] Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Steuern eines Ventils mit einem Ventilantrieb, der als Piezoaktor ausgebildet ist, mit einem Ventilglied, einem Ventilkörper und einem Ventilsitz, bei dem zu einem ersten vorgebbaren Zeitpunkt das Ventilglied von einer Position entfernt von dem Ventilsitz in den Ventilsitz mittels eines Ladevorgangs des Piezoaktors gesteuert wird, bei dem ein erster Wert ermittelt wird, der charakteristisch ist für die dem Piezoaktor zugeführte elektrische Energie beim Auftreffen des Ventilglieds auf den Ventilsitz, bei dem ein zweiter Wert ermittelt wird, der charakteristisch ist für die dem Piezoaktor zugeführte elektrische Energie beim Abschluss des Ladevorgangs des Piezoaktors. Ein Differenz-Istwert wird aus der Differenz des zweiten und ersten Wertes ermittelt. Eine Differenz eines Differenz-Sollwertes, der vorgebar ist, und des Differenz-Istwertes wird einem Regler zugeführt und ein Stellsignal zum Laden des Piezoaktors wird abhängig von der Stellgröße des Reglers ermittelt.

[0012] Bezüglich des weiteren Aspekts der Erfindung zeichnet sich die Erfindung aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Steuern einer Pumpe-Düse-Vorrichtung mit einer Pumpe, die einen Kolben und einen Arbeitsraum hat, einer Steuereinheit, die einen Ablaufkanal, der hydraulisch gekoppelt ist mit dem Arbeitsraum, und das Ventil umfasst und einen Absteuerraum umfasst, der hydraulisch entkoppelt ist von dem Ablaufkanal,

wenn das Ventilglied an dem Ventilsitz anliegt, und der ansonsten hydraulisch gekoppelt ist mit dem Ablaufkanal. Das Ventil wird mit dem Verfahren oder der Vorrichtung zum Steuern des Ventils gesteuert.

[0013] Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Ventilsitzkraft, mit der das Ventilglied durch den Ventilantrieb in den Ventilsitz gedrückt wird, wenn es sich in Anlage mit dem Ventilsitz befindet, sehr exakt und auch sehr gut reproduzierbar einstellbar ist. Die Ventilsitzkraft ist maßgeblich für die Dichtigkeit des Ventils, wenn das Ventilglied in Anlage mit dem Ventilsitz ist. So kann die mechanische Beanspruchung des Ventilglieds und auch des Ventilsitzes gezielt über eine lange Betriebszeitdauer des Ventils verringert werden und gleichzeitig sichergestellt werden, dass über diese lange Betriebszeitdauer die Ventilsitzkraft gleichbleibend ist. Es können so auch einfache Toleranzen beim Schließ- und Öffnungsvorgang des Ventils minimiert werden. Im Zusammenhang mit der Pumpe-Düse-Vorrichtung kann so über eine lange Betriebszeitdauer der Förderbeginn und insbesondere das Förderende des Kraftstoffs sehr präzise eingestellt werden.

[0014] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass der erste Wert maßgeblich abhängt von einer Kraft, die hervorgerufen wird durch den Druck des Fluids, das auf das Ventilglied einwirkt, und einer Kraft eines regelmäßig vorhandenen Rückstellmittels und dass der zweite Wert maßgeblich abhängt von einer Ventilsitzkraft und daneben noch von der Kraft, die hervorgerufen wird durch den Druck des Fluids, das auf das Ventilglied einwirkt, und der Kraft des Rückstellmittels. Ferner beruht die Erfindung auf der Erkenntnis, dass der Differenz-Istwert maßgeblich abhängt von der Ventilsitzkraft, also der Kraft, die von dem Ventilglied auf den Ventilsitz des Ventilkörpers ausgeübt wird. Durch die erfindungsgemäßen Verfahren bzw. Vorrichtungen kann somit präzise ein für die Ventilsitzkraft charakteristischer Wert ermittelt werden, der der Differenz-Istwert ist. Durch das Bilden der Differenz zwischen dem Differenz-Sollwert und dem Differenz-Istwert und Zuführen dieser Differenz zu dem Regler und Ermitteln des Stellsignals zum Laden des Piezoaktors abhängig von der Stellgröße des Reglers kann die Dichtkraft dauerhaft sehr präzise eingestellt werden. Gemäß der Erfindung wird so der Piezoaktor einfach gleichzeitig auch als Sensor genutzt.

[0015] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird das Stellsignal zum Laden des Piezoaktors abhängig von einem Vorsteuerwert ermittelt. Dadurch kann das Ventil noch präziser und schneller angesteuert werden, da der Regler nur Abweichungen von dem Vorsteuerwert ausgleichen muß.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens zum Steuern des Ventils wird der Dif-

ferenz-Sollwert abhängig von einer Kraftstofftemperatur und/oder einer Drehzahl und/oder des vorgebbaren ersten Zeitpunktes ermittelt. Dadurch ist die Dichtkraft einfach auch bei verschiedenen Betriebsbedingungen des Ventils präzise einstellbar.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens zum Steuern des Ventils wird der Vorsteuerwert abhängig von einer Kraftstofftemperatur und/oder einer Drehzahl und/oder des vorgebbaren ersten Zeitpunktes ermittelt. Dadurch ist die Dichtkraft einfach auch bei verschiedenen Betriebsbedingungen des Ventils präzise einstellbar.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens zum Steuern des Ventils hat der Regler einen Proportional- und einen Integralanteil. Dies hat den Vorteil, dass die Dichtkraft stationär äußerst präzise einstellbar ist.

[0019] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens zum Steuern des Ventils wird der Differenz-Istwert vor dem Bilden der Differenz mit dem Differenz-Sollwert Tiefpass-gefiltert. Dadurch werden einzelne Messfehler unterdrückt und somit wird die Steuerung präziser.

[0020] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens zum Steuern des Ventils ist der erste Wert ein Istwert der zugeführten elektrischen Energie beim Auftreffen des Ventilglieds in den Ventilsitz, der zweite Wert ein Istwert der zugeführten elektrischen Energie beim Abschluss des Ladevorgangs, der Differenz-Istwert ein Istwert der elektrischen Differenzenergie, die dem Piezoaktor zugeführt wird und der Differenz-Sollwert ein Sollwert der elektrischen Differenzenergie. Dies hat den Vorteil, dass das Verfahren sehr präzise ist.

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens zum Steuern des Ventils ist der erste Wert ein Istwert der Piezospannung beim Auftreffen des Ventilglieds in den Ventilsitz, der zweite Wert ein Istwert der Piezospannung beim Abschluss des Ladevorgangs, der Differenz-Istwert ein Istwert der Differenzspannung und der Differenz-Sollwert ein Sollwert der Differenzspannung. Dies hat den Vorteil, dass die Steuerung besonders einfach ist.

[0022] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens zum Steuern der Pumpe-Düse-Vorrichtung wird der erste vorgebbare Zeitpunkt so gewählt, dass der Kolben in seinem oberen Totpunkt ist und bleibt bis zum erwarteten Auftreffen des Ventilglieds auf den Ventilsitz, und dass die so ermittelte Stellgröße zum Ermitteln des Stellsignals eingesetzt wird, wenn in einem zweiten vorgebbaren Zeitpunkt das Ventilglied von einer Position entfernt von den Ventilsitz in den Ventilsitz mittels eines Ladevorgangs des Piezoaktors gesteuert wird, wobei der zweite vorgebbare

Zeitpunkt auch so gewählt sein kann, dass der Kolben seinen oberen Totpunkt verlassen hat bis zum erwarteten Auftreffen des Ventilglieds auf den Ventilsitz. Dies hat den Vorteil, dass im Zuge des Ladevorgangs des Piezoaktors, auf den derart gewählten ersten Zeitpunkt der Zeitpunkt des tatsächlichen Auftreffens des Ventilglieds auf den Ventilsitz sehr präzise ermittelt werden kann und somit mittels der Stellgröße des Reglers die Dichtkraft sehr präzise eingestellt werden kann und zwar auch mittels des Ladevorgangs des Piezoaktors der beginnend mit dem zweiten vorgegebenen Zeitpunkt gesteuert wird. So kann zum einen in Verbindung mit der Pumpe-Düse-Vorrichtung eine äußerst präzise Kraftstoffzumessung erreicht werden und andererseits auch eine Rechenentlastung der Vorrichtung zum Steuern im Anschluss an den zweiten vorgebbaren Zeitpunkt erreicht werden.

Ausführungsbeispiel

[0023] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im folgenden anhand der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

[0024] [Fig. 1](#) eine Pumpe-Düse-Vorrichtung mit einem Ventil und einer Vorrichtung zum Steuern der Pumpe-Düse-Vorrichtung und des Ventils,

[0025] [Fig. 2](#) ein Blockdiagramm zum Ermitteln eines Stellsignals SG in der Vorrichtung zum Steuern des Ventils,

[0026] [Fig. 3](#) ein weiteres Blockdiagramm zum Ermitteln des Stellsignals SG und

[0027] [Fig. 4a](#) bis [Fig. 4d](#) zeitliche Verläufe der Piezospannung V_AV, des Hubs CTRL_VL des Ventilglieds **231**, des Drucks P_H in dem Arbeitsraum **13** der Pumpe und der Einspritzmenge MFF.

[0028] Elemente gleicher Konstruktion und Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0029] Die Pumpe-Düse-Vorrichtung ([Fig. 1](#)) umfasst eine Pumpeneinheit, eine Steuereinheit und eine Düseneinheit. Die Pumpe-Düse-Vorrichtung wird bevorzugt eingesetzt zum Zuführen von Kraftstoff in den Brennraum eines Zylinders einer Brennkraftmaschine. Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise als Diesel-Brennkraftmaschine ausgebildet. Die Brennkraftmaschine hat einen Ansaugtrakt zum Ansaugen von Luft, der mittels Gaseinlassventilen mit Zylindern koppelbar ist. Die Brennkraftmaschine weist ferner einen Abgastrakt auf, der über das Auslassventil gesteuert die aus den Zylindern ausströmenden Gase abführt. Den Zylindern sind jeweils Kolben zugeordnet, die jeweils über eine Pleuelstange mit einer Kurbelwelle gekoppelt sind. Die Kurbelwelle

ist mit einer Nockenwelle gekoppelt.

[0030] Die Pumpeneinheit umfasst einen Kolben **11**, einen Pumpenkörper **12**, einen Arbeitsraum **13** und ein Pumpen-Rückstellmittel **14**, das vorzugsweise als Feder ausgebildet ist. Der Kolben **11** ist im eingebauten Zustand in einer Brennkraftmaschine mit einer Nockenwelle **16** gekoppelt, vorzugsweise mittels eines Kipphebels, und wird von dieser angetrieben. Der Kolben **11** ist in einer Ausnehmung des Pumpenkörpers **12** geführt und bestimmt abhängig von seiner Position das Volumen des Arbeitsraums **13**. Das Pumpen-Rückstellmittel **14** ist so ausgebildet und angeordnet, dass das durch den Kolben **11** begrenzte Volumen des Arbeitsraums **13** einen Maximalwert aufweist, wenn auf den Kolben **11** keine äußeren Kräfte einwirken, d. h. Kräfte, die über die Kopplung mit der Nockenwelle **16** übertragen werden.

[0031] Die Düseneinheit umfasst einen Düsenkörper **51**, in dem ein Düsenrückstellmittel **52**, das als Feder und ggf. zusätzlich als Dämpfungseinheit ausgebildet ist, und eine Düsennadel **53** angeordnet sind. Die Düsennadel **53** ist in einer Ausnehmung des Düsenkörpers **51** angeordnet und wird im Bereich einer Nadelführung **55** geführt.

[0032] In einem ersten Zustand liegt die Düsennadel **53** an einem Nadelsitz **54** an und verschließt so eine Düse **56**, die zum Zuführen des Kraftstoffs in den Brennraum des Zylinders der Brennkraftmaschine vorgesehen ist. Die Düseneinheit ist vorzugsweise, wie dargestellt, als nach innen öffnende Düseneinheit ausgebildet.

[0033] In einem zweiten Zustand ist die Düsennadel **53** leicht beabstandet zu dem Nadelsitz **54** und zwar hin in Richtung zu dem Düsenrückstellmittel **52** angeordnet und gibt so die Düse **56** frei. In diesem zweiten Zustand wird Kraftstoff in den Brennraum des Zylinders der Brennkraftmaschine zugemessen. Der erste oder zweite Zustand wird eingenommen abhängig von einer Kräftebilanz aus der Kraft, die durch das Düsenrückstellmittel **52** auf die Düsennadel **53** wirkt und aus der dieser entgegenwirkenden Kraft, die durch den hydraulischen Druck im Bereich des Nadelabsatzes **57** hervorgerufen wird.

[0034] Die Steuereinheit umfasst einen Zulaufkanal **21** und einen Ablaufkanal **22**. Der Zulaufkanal **21** und der Ablaufkanal **22** sind mittels eines Ventils hydraulisch koppelbar. Der Zulaufkanal **21** ist von einem niederdruckseitigen Anschluss der Pumpe-Düse-Vorrichtung hin zu dem Ventil geführt. Der Ablaufkanal **22** ist hydraulisch mit dem Arbeitsraum **13** gekoppelt und ist hin zu dem Nadelabsatz **57** geführt und ist hydraulisch mit der Düse **56** koppelbar abhängig von dem Zustand, der von der Düsennadel **53** eingenommen wird.

[0035] Das Ventil umfasst ein Ventilglied **231**, das vorzugsweise als sog. A-Ventil ausgebildet ist, d. h. es öffnet nach außen entgegen der Strömungsrichtung des Fluids. Das Ventil umfasst ferner einen Absteuerraum **232**, der hydraulisch gekoppelt ist mit dem Zulaufkanal **21** und mittels des Ventilglieds **231** mit einem Hochdruckraum hydraulisch koppelbar ist. Der Hochdruckraum ist hydraulisch gekoppelt mit dem Ablaufkanal **22**.

[0036] In der geschlossenen Stellung des Ventilglieds **231** liegt das Ventilglied **231** an einem Ventilsitz **234** eines Ventilkörpers **237** an. Ferner ist ein Ventilrückstellmittel vorgesehen, welches so angeordnet und ausgebildet ist, dass es das Ventilglied **231** in eine Offenstellung, d. h. beabstandet zu dem Ventilsitz **234** drückt, wenn die durch einen Stellantrieb **24** auf das Ventilglied wirkenden Kräfte geringer sind als die Kräfte, die durch den Druck des Fluids, hier des Kraftstoffs, hervorgerufen werden und die durch das Ventilrückstellmittel auf das Ventilglied **231** wirken. Der Stellantrieb **24** ist als Piezostapel ausgebildet.

[0037] Der Stellantrieb **24** ist vorzugsweise mittels eines Übertragers, der vorzugsweise den Hub des Stellantriebs **24** verstärkt, mit dem Ventilglied **231** gekoppelt. An dem Stellantrieb **24** ist vorzugsweise auch ein Stecker zur Aufnahme von elektrischen Kontakten zur Ansteuerung des Stellantriebs **24** vorgesehen.

[0038] Eine Vorrichtung **60** zum Steuern der Pumpe-Düse-Vorrichtung ist vorgesehen, die ein Stellsignal SG für das Ventil erzeugt.

[0039] In der Offenstellung des Ventilglieds **231** wird bei einer Bewegung des Kolbens **11**, die nach oben d. h. in Richtung weg von der Düse **56** gerichtet ist, Kraftstoff über den Zulaufkanal **21** hin zum Arbeitsraum **13** angesaugt. Solange das Ventilglied **231** während einer anschließenden Abwärtsbewegung des Kolbens **11**, d. h. bei einer hin zu der Düse **56** gerichteten Bewegung, weiterhin in seiner Offenstellung befindet, wird der in dem Arbeitsraum **13** und dem Ablaufkanal **22** befindliche Kraftstoff über das Ventil wieder zurück in den Absteuerraum **232** und ggf. in den Zulaufkanal **21** zurückgedrückt.

[0040] Wenn jedoch bei der Abwärtsbewegung des Kolbens **11** das Ventilglied **231** in seine geschlossene Stellung gesteuert ist, wird der im Arbeitsraum **13** und somit auch der im Ablaufkanal **22** und der in dem Hochdruckraum befindliche Kraftstoff verdichtet, wodurch der Druck mit zunehmender Abwärtsbewegung des Kolbens **11** im Arbeitsraum **13**, im Hochdruckraum und im Ablaufkanal **22** zunimmt. Entsprechend dem steigenden Druck im Ablaufkanal **22** erhöht sich auch die durch den Hydraulikdruck hervorgerufene Kraft, die auf den Nadelabsatz **57** in Rich-

tung einer Öffnungsbewegung der Düsennadel **53** zum Freigeben der Düse **56** wirkt. Wenn der Druck in dem Ablaufkanal **22** einen Wert überschreitet, bei dem die durch den Hydraulikdruck hervorgerufene Kraft auf den Nadelabsatz **57** größer ist als die dieser entgegenwirkende Kraft des Düsenrückstellmittels **52**, bewegt sich die Düsennadel **53** weg vom Nadelsitz **54** und gibt so die Düse **56** für die Kraftstoffzufuhr zum Zylinder der Brennkraftmaschine frei. Die Düsennadel **53** bewegt sich dann wieder hinein in den Nadelsitz **54** und verschließt somit die Düse **56**, wenn der Hydraulikdruck in dem Ablaufkanal **22** den Wert unterschreitet, bei dem die durch den Hydraulikdruck am Nadelabsatz **57** hervorgerufene Kraft kleiner ist als die durch das Düsenrückstellmittel **52** hervorgerufene Kraft. Der Zeitpunkt, an dem dieser Wert unterschritten wird und an dem somit die Kraftstoffzumesung beendet wird, kann durch das Steuern des Ventilglieds **231** von seiner geschlossenen Stellung in eine Offenstellung beeinflusst werden.

[0041] Durch das Steuern des Ventilglieds von seiner Schließstellung in seine Offenstellung wird die hydraulische Kopplung zwischen dem Hochdruckraum und dem Absteuerraum **232** und dem Zulaufkanal **21** hergestellt. Aufgrund des beim Öffnen herrschenden hohen Druckunterschiedes zwischen dem Fluid in dem Hochdruckraum und dem Ablaufkanal **22** und dem Fluid in dem Absteuerraum **232** und dem Zulaufkanal **21** strömt dann der Kraftstoff von dem Hochdruckraum mit sehr hoher Geschwindigkeit, in der Regel mit Schallgeschwindigkeit, in den Absteuerraum **232** und weiter in den Zulaufkanal **21**. Dadurch wird dann der Druck in dem Hochdruckraum und dem Ablaufkanal **22** schnell so stark verringert, dass die von dem Düsenrückstellmittel **52** auf die Düsennadel **53** wirkenden Kräfte dazu führen, dass sich die Düsennadel **53** in den Nadelsitz **54** bewegt und somit dann die Düse **56** verschließt.

[0042] Der Ablauf des Bestimmens eines Stellsignals SG zum Laden des Piezoaktors des Ventilantriebs **24** ist im folgenden anhand des Blockdiagramms der [Fig. 2](#) beschrieben.

[0043] Zu einem vorgebbaren ersten Zeitpunkt t1 wird das Ventilglied **231** von seiner Position entfernt von dem Ventilsitz **234** in den Ventilsitz gesteuert. Der vorgebbare erste Zeitpunkt t1 wird vorzugsweise so gewählt, dass der Kolben **11** in seinem oberen Totpunkt ist und bleibt bis zum erwarteten Auftreffen des Ventilglieds **231** auf den Ventilsitz **234**. Dadurch kann der Auftreffzeitpunkt besonders präzise detektiert werden. Der vorgebbare erste Zeitpunkt t1 kann jedoch auch so gewählt sein, dass der Kolben **11** seinen oberen Totpunkt verlassen hat bis zum erwarteten Auftreffen des Ventilglieds **231** auf den Ventilsitz **234**.

[0044] In einem Block B1 wird zum einen ein Vor-

steuerwert EGY_PRE der zuzuführenden elektrischen Energie abhängig von einer Kraftstofftemperatur T_FU und/oder einer Drehzahl N und dem vorgebbaren Zeitpunkt t1 ermittelt. Der Vorsteuerwert EGY_PRE der zuzuführenden elektrischen Energie wird beispielsweise mittels eines Kennfelds ermittelt, dessen Kennfeldwerte vorab durch Versuche ermittelt wurden.

[0045] Ferner wird in dem Block B1 ein Sollwert EGY_D_SP einer elektrischen Differenzenergie ermittelt. Der Sollwert EGY_D_SP der elektrischen Differenzenergie ist charakteristisch für die Ventilsitzkraft, die von dem Ventilglied **231** auf den Ventilsitz **234** des Ventilkörpers **237** ausgeübt wird, wenn das Ventilglied **231** sich in Anlage mit dem Ventilsitz **234** befindet. Der Sollwert EGY_D_SP der elektrischen Differenzenergie wird in dem Block H1 abhängig von der Kraftstofftemperatur T_FU, der Drehzahl N und/oder dem vorgebbaren ersten Zeitpunkt t1 ermittelt. Dies kann beispielsweise auch mittels eines entsprechenden Kennfelds erfolgen.

[0046] In einem Block B2 wird abhängig von Istwerten EGY_AV der dem Piezoaktor während des Ladevorgangs zugeführten elektrischen Energie zugeführt. Ferner wird in dem Block B2 der Zeitpunkt t2 des Auftreffens des Ventilglieds **231** ermittelt. Dies kann beispielsweise erfolgen durch Auswerten von Istwerten V_AV der Piezospaltung oder entsprechender sie charakterisierender Größen, wie z.B. der tatsächliche Strom durch den Piezoaktor oder die dem Piezoaktor zugeführte Ladung oder elektrische Energie erfolgen. Beim Auftreffen des Ventilglieds **231** ergibt sich ein charakteristischer Verlauf dieser Größen, anhand dessen der Zeitpunkt t2 des Auftreffens des Ventilglieds **231** erkannt werden kann. Ferner wird in dem Block B2 dann anhand des ermittelten Zeitpunkts t2 des Auftreffens des Ventilglieds **231** in den Ventilsitz **234** und des diesem Zeitpunkt zugeordneten Istwertes EGY_AV der zugeführten Energie ein Istwert EGY_DET der zugeführten elektrischen Energie beim Auftreffen des Ventilglieds **231** in den Ventilsitz **234** ermittelt.

[0047] In einem Block B3 werden ebenfalls die Istwerte EGY_AV der zugeführten elektrischen Energie eingelesen und der Istwert EGY_AV beim Ende des Ladevorgangs des Piezoaktors einem Istwert EGY_CHA der zugeführten elektrischen Energie beim Abschluss des Ladevorgangs zugeordnet. Der Abschluss des Ladevorgangs kann beispielsweise daran erkannt werden, dass die Istwerte EGY_AV der zugeführten elektrischen Energie ein Maximum erreichen oder auch durch eine entsprechende Information einer weiteren Steuerungsfunktion für die Pumpe-Düse-Vorrichtung.

[0048] In einem Block B4 wird dann die Differenz des Istwertes EGY_CHA der zugeführten elektri-

schen Energie beim Abschluss des Ladevorgangs und des Istwertes EGY_DET der zugeführten elektrischen Energie beim Auftreffen des Ventilglieds **231** in den Ventilsitz **234** ermittelt und einem Block B5 zugeleitet, der einen Tiefpass-Filter umfasst und an seinem Ausgang einen Istwert EGY_D_AV der elektrischen Differenzenergie zur Verfügung stellt.

[0049] In einem Block B6 wird die Differenz des Sollwertes EGY_D_SP und des Istwertes EGY_D_AV der elektrischen Differenzenergie gebildet. In einer einfacheren Ausführungsform kann der Istwert EGY_D_AV der elektrischen Differenzenergie auch direkt ohne das Tiefpass-Filter des Blocks B5 ermittelt werden.

[0050] Der Ausgang des Blocks B6 ist mit einem Block B7 eingangsseitig verbunden, der einen Regler umfasst, der bevorzugt als PI-Regler ausgebildet ist. Die Stellgröße des Reglers, die in diesem Ausführungsbeispiel ein Regelwert EGY_FBC der zuzuführenden elektrischen Energie ist, wird anschließend einem Block B7 zugeführt, in dem eine gewünschte dem Piezoaktor zuzuführende elektrische Energie EGY_THRUST durch Summenbildung aus dem Regelwert EGY_FBC und dem Vorsteuerwert EGY_PRE der zuzuführenden elektrischen Energie ermittelt wird.

[0051] Der Wert EGY_THRUST der gewünschten zuzuführenden elektrischen Energie wird einem Block B8 zugeführt, in dem ein entsprechendes Stellsignal SG zum Ansteuern des als Piezoaktor ausgebildeten Ventiltriebs **24** erzeugt wird. Das Stellsignal SG ist bevorzugt ein pulsweitenmoduliertes Signal und die gewünschte zuzuführende elektrische Energie EGY_THRUST wird vorzugsweise in eine vorgegebene Anzahl an Teilenergiemengen aufgeteilt, die jeweils in einer Periode des pulsweitenmodulierten Signals dem Piezoaktor zugeführt werden. Der Block B8 umfasst ferner bevorzugt noch einen weiteren unterlagerten Regler, in dem das tatsächliche Zuführen der elektrischen Energie zu dem Piezoaktor geregelt wird, wobei die Stellgröße die jeweilige Pulsweite des Stellsignals SG ist. Als Regelgröße kann dazu beispielsweise die jeweils aktuelle Ladung oder die Istwerte V_AV der Piezospannung oder die Istwerte EGY_AV der zugeführten elektrischen Energie dienen.

[0052] Wenn das Stellsignal SG für einen Ladevorgang im Anschluss an einen zweiten vorgebbaren Zeitpunkt ermittelt werden soll, der auch so gewählt sein kann, dass der Kolben **11** seinen oberen Totpunkt verlassen hat bis zum erwarteten Auftreffen des Ventilglieds **231** auf den Ventilsitz **234**, wird bevorzugt der Regelwert EGY_FBC der zuzuführenden elektrischen Energie übernommen von einem Ladevorgang, der im Anschluss an den ersten vorgebbaren Zeitpunkt t1 vorab erfolgte. Es wird dann lediglich

der Vorsteuerwert EGY_PRE der zuzuführenden elektrischen Energie neu berechnet. Dies hat den Vorteil einer Rechenentlastung und dass, wenn der vorgebbare erste Zeitpunkt t1 so gewählt ist, dass der Kolben **11** in seinem oberen Totpunkt ist und bleibt bis zum erwarteten Auftreffen des Ventilglieds **231** auf den Ventilsitz **234**, die Ventilsitzkraft dann auch für den vorgebbaren zweiten Zeitpunkt äußerst präzise eingestellt wird. In diesem Fall wird dann der Vorsteuerwert EGY_PRE für den zweiten vorgebbaren Zeitpunkt auch abhängig von dem zweiten Zeitpunkt ermittelt.

[0053] [Fig. 3](#) zeigt eine alternative Ausführungsform des Blockschaltbildes gemäß [Fig. 1](#). Es werden nur die Unterschiede im Folgenden erläutert. Ein Block B1' unterscheidet sich von dem Block B1 dadurch, dass statt des Sollwertes EGY_D_SP der elektrischen Differenzenergie ein Sollwert V_D_SP einer Differenzspannung ermittelt wird, der in entsprechender Abhängigkeit von der Kraftstofftemperatur T_FU und/oder der Drehzahl N der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine und/oder dem vorgebbaren ersten Zeitpunkt t1 ermittelt wird.

[0054] In einem Block B2' wird eine Piezospannung V_DET beim Auftreffen des Ventilglieds **231** in den Ventilsitz **234** ermittelt durch entsprechendes Zuordnen eines Istwertes V_D_AV der Piezospannung. In einem Block B3' wird im Unterschied zu dem Block B3 eine Piezospannung V_CHA beim Abschluss des Ladevorgangs ermittelt und zwar abhängig von Istwerten V_AV der Piezospannung.

[0055] In einem Block B4' wird dann die Differenz der Piezospannung V_CHA beim Abschluss des Ladevorgangs und der Piezospannung V_DET beim Auftreffen des Ventilglieds **231** in den Ventilsitz **234** gebildet und dem Block B5' zugeführt, der ebenso wie der Block B5 einen Tiefpass-Filter umfasst und der an seinem Ausgang einen Istwert V_DAV der Differenzspannung zur Verfügung stellt.

[0056] In einem Block B6' wird die Differenz des Sollwertes V_D_SP und des Istwertes V_D_AV der Differenzspannung gebildet und einem Regler, der in dem Block B7' ausgebildet ist und dem des Blocks B7 entspricht zugeleitet. In weiteren alternativen Ausgestaltungsformen können dem Regler auch andere Größen zugeführt werden, die charakteristisch sind für die dem Piezoaktor zuzuführende elektrische Energie, wie z.B. die dem Piezoaktor zuzuführende elektrische Ladung.

[0057] [Fig. 4a](#) bis [Fig. 4d](#) zeigen Verläufe aufgetragen über die Zeit t. [Fig. 4a](#) zeigt den zeitlichen Verlauf der quadrierten Piezospannung V_INJ. [Fig. 4b](#) zeigt den Hub CTRL_VL des Ventilglieds **231**. [Fig. 4c](#) zeigt den Verlauf des Drucks P_H in dem Arbeitsraum **13** der Pumpe. [Fig. 4d](#) zeigt den zeitlichen Ver-

lauf der mit der Pumpe-Düse-Vorrichtung zugemessenen Kraftstoffmenge MFF. t_1 ist der vorgebbare erste Zeitpunkt, er kann jedoch auch der zweite vorgebbare Zeitpunkt sein. t_2 ist der Zeitpunkt des Auftreffens des Ventilglieds **(231)** auf den Ventilsitz **(234)** und t_3 ist der Zeitpunkt des Endes des Ladevorgangs. Bevorzugt erfolgt das Ermitteln des Regelwertes EGY_FBC der zuzuführenden elektrischen Energie jedoch während einer Zeitdauer, während der Kolben **(11)** in seinem oberen Totpunkt ist. In diesem Fall bleibt dann der Verlauf des Drucks P_H in dem Arbeitsraum der Pumpe über den gesamten dargestellten Zeitraum auf dem Niveau des Zeitpunktes t_1 , ebenso wird in diesem Fall dann keine Kraftstoffmenge gefördert.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Ventils mit einem Ventilantrieb (**24**), der als Piezoaktor ausgebildet ist, mit einem Ventilglied (**231**), einem Ventilkörper (**237**) und einem Ventilsitz (**234**), bei dem
 - zu einem ersten vorgebbaren Zeitpunkt (t_1) das Ventilglied (**231**) von einer Position entfernt von dem Ventilsitz (**234**) in den Ventilsitz (**234**) mittels eines Ladevorgangs des Piezoaktors gesteuert wird,
 - ein erster Wert ermittelt wird, der charakteristisch ist für die dem Piezoaktor zugeführte elektrische Energie beim Auftreffen des Ventilglieds (**231**) auf den Ventilsitz (**234**),
 - ein zweiter Wert ermittelt wird, der charakteristisch ist für die dem Piezoaktor zugeführte elektrische Energie beim Abschluss des Ladevorgangs des Piezoaktors,
 - ein Differenz-Istwert aus der Differenz des zweiten und ersten Wertes ermittelt wird,
 - eine Differenz eines Differenz-Sollwertes, der vorgebar ist, und des Differenz-Istwertes einem Regler zugeführt wird, und
 - ein Stellsignal (SG) zum Laden des Piezoaktors abhängig von der Stellgröße des Reglers ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Stellsignal (SG) zum Laden des Piezoaktors abhängig von einem Vorsteuerwert ermittelt wird.
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Differenz-Sollwert abhängig von einer Kraftstofftemperatur (T_{FU}) und/oder einer Drehzahl (N) und/oder des vorgebbaren ersten Zeitpunktes (t_1) ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, bei dem der Vorsteuerwert abhängig von einer Kraftstofftemperatur und/oder einer Drehzahl und/oder des vorgebbaren ersten Zeitpunktes (t_1) ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler

ein Regler mit einem proportionalen und einem integrealem Anteil ist.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Differenz-Istwert vor dem Bilden der Differenz mit dem Differenz-Sollwert Tiefpass-gefiltert wird.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der erste Wert ein Istwert (EGY_AV) der zugeführten elektrischen Energie beim Auftreffen des Ventilglieds (**231**) in den Ventilsitz (**234**) ist, der zweite Wert ein Istwert (EGY_CHA) der zugeführten elektrischen Energie beim Abschluss des Ladevorgangs ist, der Differenz-Istwert ein Istwert (EGY_D_AV) der elektrischen Differenzenergie ist, die dem Piezoaktor zugeführt wird, und der Differenz-Sollwert ein Sollwert (EGY_D_SP) der elektrischen Differenzenergie ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der erste Wert ein Istwert (V_{DET}) der Piezospannung beim Auftreffen des Ventilglieds (**231**) in den Ventilsitz (**234**) ist, der zweite Wert ein Istwert (V_{CHA}) der Piezospannung beim Abschluss des Ladevorgangs ist, der Differenz-Istwert ein Istwert (V_{D_AV}) der Differenzspannung ist und der Differenz-Sollwert ein Sollwert (V_{D_SP}) der Differenzspannung ist.

9. Verfahren zum Steuern einer Pumpe-Düse-Vorrichtung mit

- einer Pumpe, die einen Kolben (**11**) und einen Arbeitsraum (**13**) hat,
- einer Steuereinheit, die einen Ablaufkanal (**22**), der hydraulisch gekoppelt ist mit dem Arbeitsraum (**13**), und ein Ventil umfasst, mit einem als Piezoaktor ausgebildeten Ventilantrieb (**24**), einem Ventilglied (**231**), einem Ventilkörper (**237**), einem Ventilsitz (**234**) und einem Absteuerraum (**232**), der hydraulisch entkoppelt ist von dem Ablaufkanal (**22**), wenn das Ventilglied (**231**) an dem Ventilsitz (**234**) anliegt, und der ansonsten hydraulisch gekoppelt ist mit dem Ablaufkanal (**22**),
- bei dem das Ventil mit einem Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche gesteuert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der erste vorgebbare Zeitpunkt (t_1) so gewählt wird, dass der Kolben (**11**) in seinem oberen Totpunkt ist und bleibt bis zum erwarteten Auftreffen des Ventilglieds (**231**) auf den Ventilsitz (**234**), und dass die so ermittelte Stellgröße zum Ermitteln des Stellsignals eingesetzt wird, wenn in einem zweiten vorgebbaren Zeitpunkt das Ventilglied (**231**) von einer Position entfernt von dem Ventilsitz (**234**) in den Ventilsitz (**234**) mittels eines Ladevorgangs des Piezoaktors gesteuert wird, wobei der zweite vorgebbare Zeitpunkt auch so gewählt sein kann, dass der Kolben (**11**) seinen oberen Totpunkt verlassen hat bis zum erwarteten Auftreffen

des Ventilglieds (**231**) auf den Ventilsitz (**234**).

11. Vorrichtung zum Steuern eines Ventils mit einem Ventilantrieb (**24**), der als Piezoaktor ausgebildet ist, mit einem Ventilglied (**231**), einem Ventilkörper (**237**) und einem Ventilsitz (**234**), die Mittel aufweist,

- die zu einem ersten vorgebbaren Zeitpunkt (t_1) das Ventilglied (**231**) von einer Position entfernt von dem Ventilsitz (**234**) in den Ventilsitz (**234**) mittels eines Ladevorgangs des Piezoaktors steuern,
- die einen ersten Wert ermitteln, der charakteristisch ist für die dem Piezoaktor zugeführte elektrische Energie beim Auftreffen des Ventilglieds (**231**) auf den Ventilsitz (**234**),
- die einen zweiten Wert ermitteln, der charakteristisch ist für die dem Piezoaktor zugeführte elektrische Energie beim Abschluss des Ladevorgangs des Piezoaktors,
- die einen Differenz-Istwert aus der Differenz des zweiten und ersten Wertes ermitteln,
- die eine Differenz eines Differenz-Sollwertes, der vorgebar ist, und des Differenz-Istwertes einem Regler zuführen, und
- die ein Stellsignal (SG) zum Laden des Piezoaktors abhängig von der Stellgröße des Reglers ermitteln.

12. Vorrichtung zum Steuern einer Pumpe-Düse-Vorrichtung mit

- einer Pumpe, die einen Kolben (**11**) und einen Arbeitsraum (**13**) hat,
- einer Steuereinheit, die einen Ablaufkanal (**22**), der hydraulisch gekoppelt ist mit dem Arbeitsraum (**13**), und ein Ventil umfasst, mit einem als Piezoaktor ausgebildeten Ventilantrieb (**24**), einem Ventilglied (**231**), einem Ventilkörper (**237**), einem Ventilsitz (**234**) und einem Absterraum (**232**), der hydraulisch entkoppelt ist von dem Ablaufkanal (**22**), wenn das Ventilglied (**231**) an dem Ventilsitz (**234**) anliegt, und der ansonsten hydraulisch gekoppelt ist mit dem Ablaufkanal (**22**),
- mit der Vorrichtung zum Steuern eines Ventils gemäß Anspruch 11.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG 1

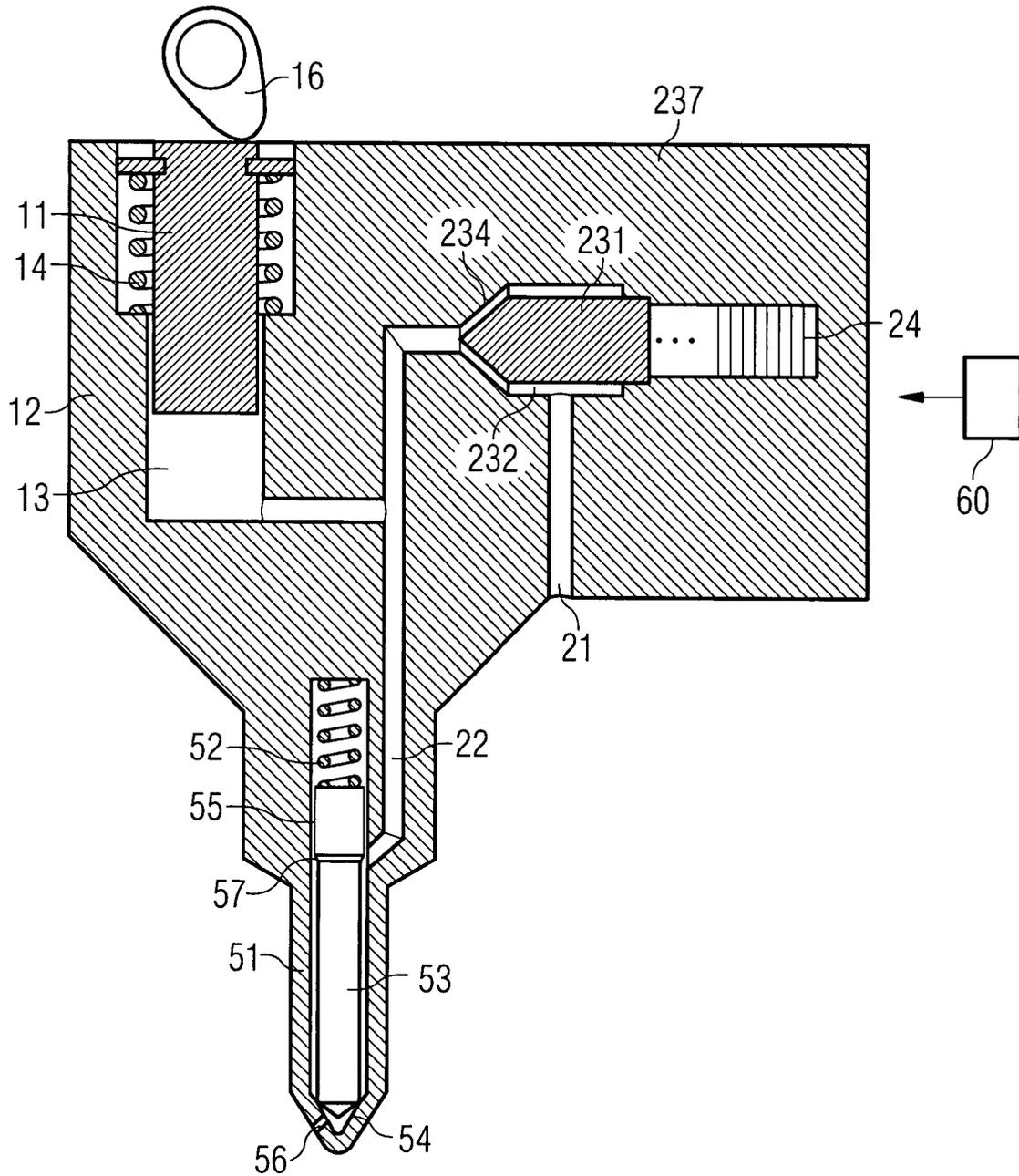


FIG 2

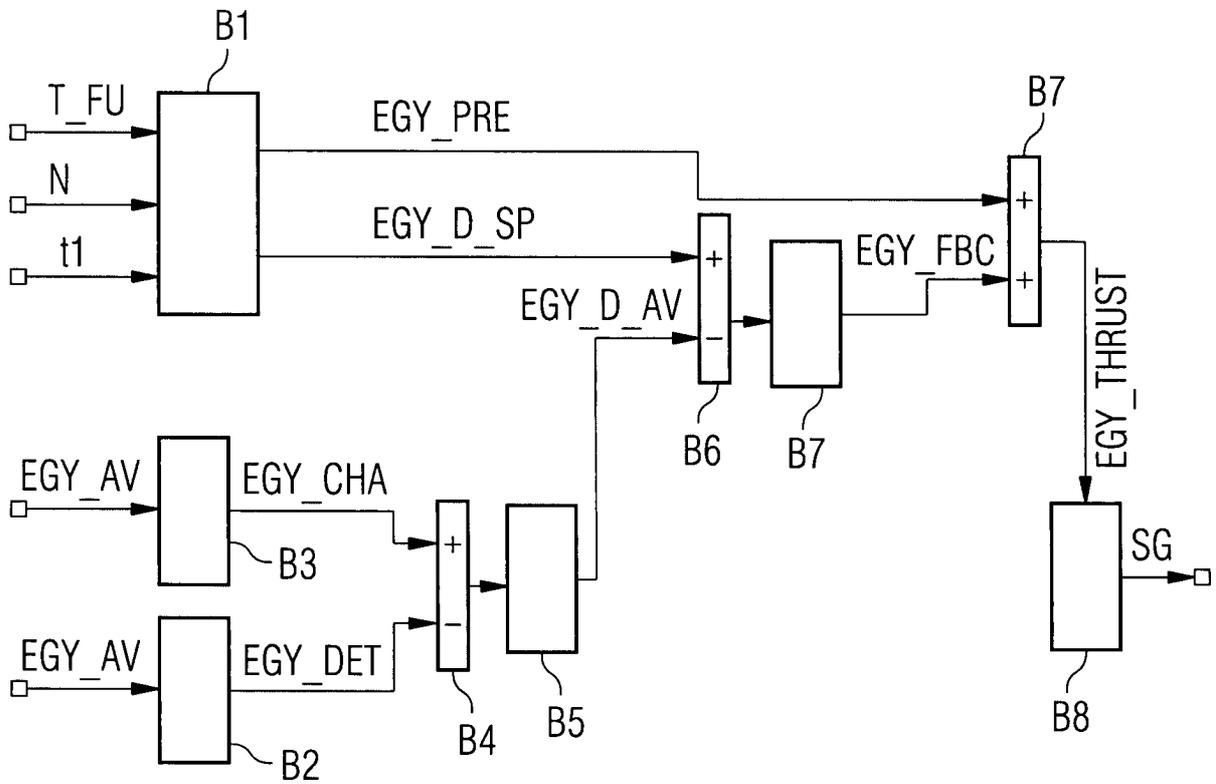


FIG 3

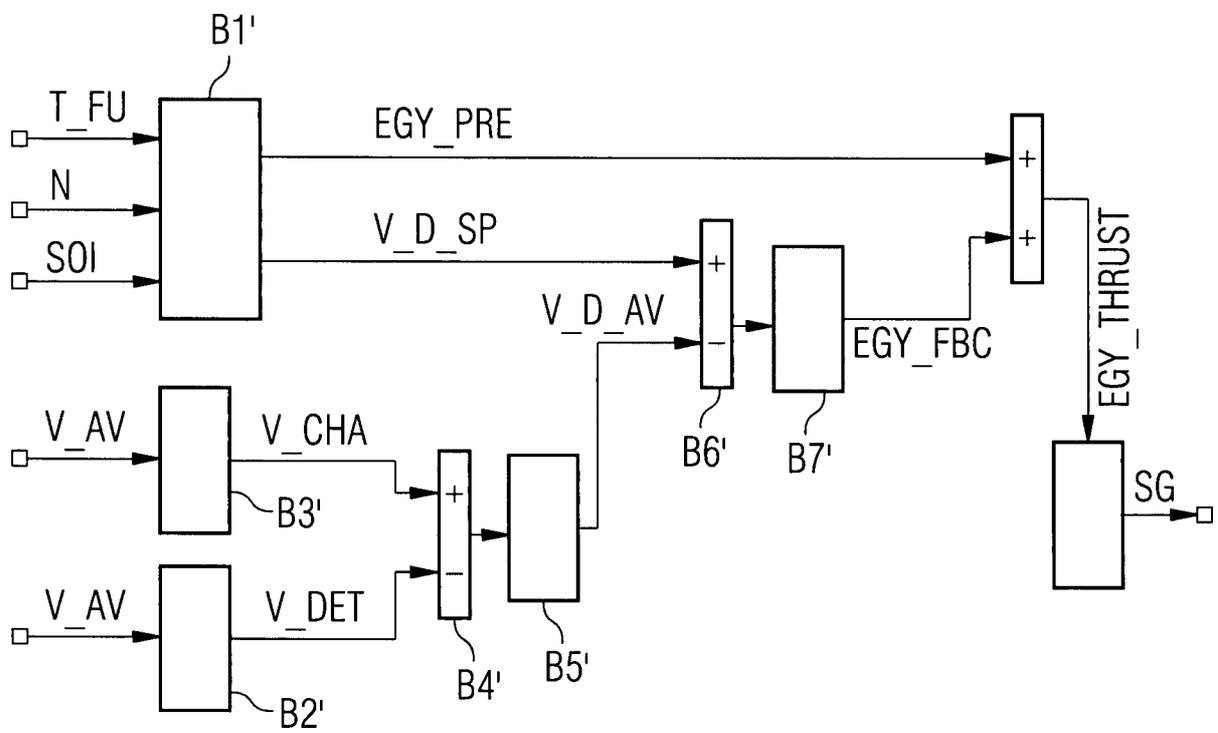


FIG 4A

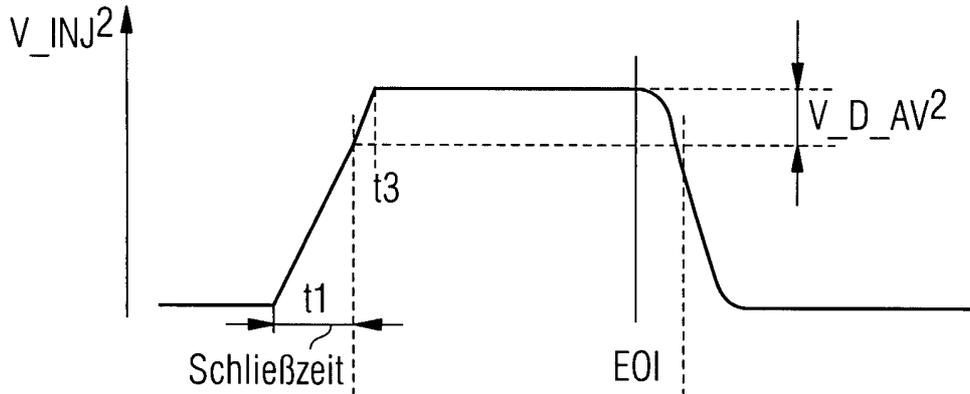


FIG 4B

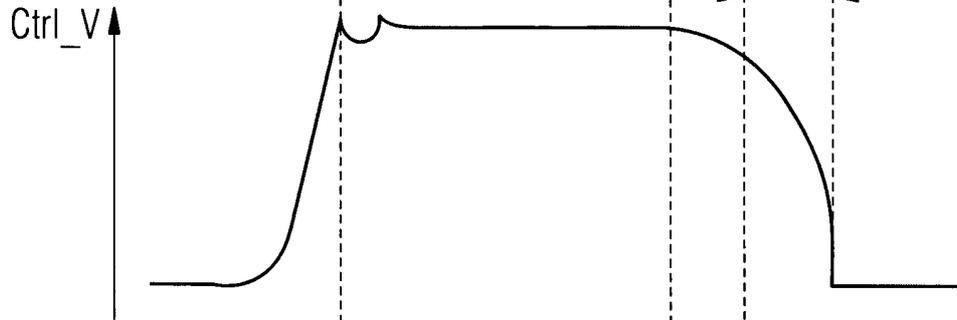


FIG 4C

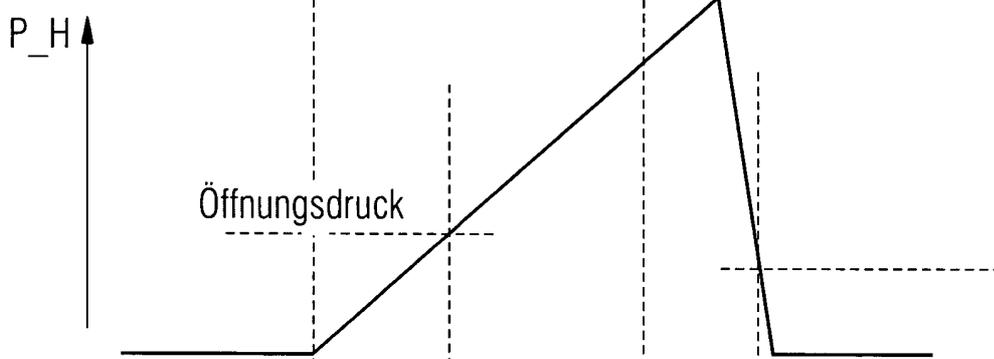


FIG 4D

