



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 122 416 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.08.2001 Patentblatt 2001/32

(51) Int Cl.7: **F02D 41/20**

(21) Anmeldenummer: **00128761.4**

(22) Anmeldetag: **30.12.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Keim, Norbert**
74369 Loechgau (DE)
• **Stier, Hubert**
71679 Asperg (DE)

(30) Priorität: **05.02.2000 DE 10005231**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung eines Hydraulikventils**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Hydraulikventils, insbesondere eines Magnet- oder Piezoventils, zum Zumessen einer in Brennräume einer Brennkraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffmenge, wobei das Ventil zum vollständigen Öffnen mit einem Betätigungsstrom (i_B) oder einer Betätigungsspannung beaufschlagt wird. Um ein tiefe Penetration des Vorstrahls des in die Brennräume einzuspritzenden Kraftstoffs und einen Drift über die Lebensdauer des Hydraulikventils aufgrund von Klebeeigenschaften des Ventilkörpers auf dem Ventilsitz zu verhindern, wird

vorgeschlagen, dass das Ventil zunächst um einen Vorhub (h_V) geöffnet und erst danach derart angesteuert wird, dass es vollständig öffnet. Ein als Magnetventil ausgebildetes Hydraulikventil wird zu Beginn einer Öffnungsbewegung durch einen auf einen Vorbetätigungsstrom (i_{VB}) ansteigenden Ansteuerstrom (i) angesteuert, wobei das Hydraulikventil aufgrund des Vorbetätigungsstroms (i_{VB}) um den Vorhub (h_V) geöffnet wird. Erst danach wird das Hydraulikventil mit dem Betätigungsstrom (i_B) angesteuert, durch den es um den vollen Hub (h_{max}) geöffnet wird.

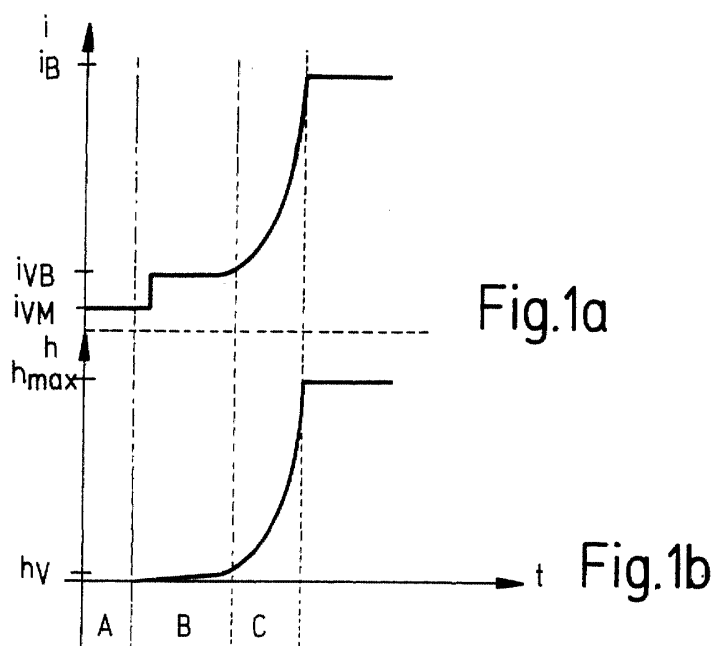


Fig.1a

Fig.1b

EP 1 122 416 A2

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines Hydraulikventils, insbesondere eines Magnetventils oder eines Piezoventils zum Zumessen einer in Brennräume einer Brennkraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffmenge, wobei das Ventil zum vollständigen Öffnen mit einem Betätigungsstrom oder einer Betätigungsspannung beaufschlagt wird.

[0002] Ein derartiges Verfahren und eine derartige Vorrichtung zur Steuerung eines Hydraulikventils sind aus dem Stand der Technik bekannt. Das Hydraulikventil dient beispielsweise zum Zumessen einer Kraftstoffmenge in die Brennräume einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine. Das Hydraulikventil kann als ein Magnetventil oder als ein Ventil mit einem andersartigen, beispielsweise einem piezoelektrischen, Aktor ausgebildet sein.

[0003] Ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zur Steuerung eines Hydraulikventils sind aus der DE-OS 196 46 052 bekannt. Dort wird eine Magnetspule eines Magnetventils vor der eigentlichen Ansteuerung, die zur Einspritzung von Kraftstoff führt, mit einem Vorbestromungswert beaufschlagt. Dieser Vorbestromungswert führt zu einer Vormagnetisierung der Magnetspule des Magnetventils. Der Vorbestromungswert ist so gewählt, dass er nicht ausreicht, das Magnetventil in eine geöffnete Stellung zu bewegen. Beim tatsächlichen Ansteuerbeginn ist dann nur noch wenig zusätzliche Energie, das heißt ein geringer Stromanstieg von dem Vorbestromungswert auf den Betätigungsstrom und damit nur eine kurze Zeit notwendig, bis das Magnetventil beginnt sich zu öffnen. Durch die Vorbestromung wird somit die Schaltzeit des Magnetventils stark verkürzt.

[0004] Ein weiteres Verfahren und eine weitere Vorrichtung der eingangs genannten Art zur Steuerung eines Hydraulikventils sind aus der DE 195 39 071 bekannt. Die dort beschriebene Vorrichtung dient zur Ansteuerung eines Magnetventils, das zur Steuerung der Kraftstoffzumessung in die Brennräume einer Brennkraftmaschine eingesetzt wird. Mehrere Magnetventile stehen jeweils über erste Schaltmittel mit einem ersten Anschluß einer Versorgungsspannung und über gemeinsame zweite Schaltmittel mit dem zweiten Anschluß der Versorgungsspannung in Verbindung. Desweiteren stehen die Magnetventile über weitere Schaltmittel mit einem Boosterkondensator in Verbindung. Zur beschleunigten Betätigung der Magnetventile wird die an dem Boosterkondensator anliegende Spannung an die Magnetventile angelegt. Beim Öffnen der ersten Schaltmittel, das heißt insbesondere am Ende der Einspritzung und/oder beim Übergang auf einen anderen Stromwert, wird die beim Abschalten freiwerdende Energie in den Boosterkondensator umgeladen.

[0005] Durch die beschriebenen Maßnahmen der Vormagnetisierung der Magnetspule eines Magnetventils und des Einsatzes eines Boosterkondensators zur Spannungsversorgung eines Magnetventils werden die Schaltzeiten eines Magnetventils erheblich verkürzt. Solche schnellöffnenden Hydraulikventile werden vorzugsweise bei direkteinspritzenden Benzin-Brennkraftmaschinen eingesetzt. Bei diesen schnellöffnenden Hydraulikventilen wird der Ventilkörper beim Öffnen des Ventils gewissermaßen aus dem Ventilsitz gerissen. Dabei tritt ein Vorstrahl der einzuspritzenden Kraftstoffmenge ungehindert aus dem Hydraulikventil aus und gelangt sehr weit in die Brennräume der Brennkraftmaschine (erhöhte Penetration des Vorstrahls). Dadurch kann keine definierte Verteilung des Kraftstoff-Luft-Gemisches in den Brennräumen erzeugt werden. Über die Lebensdauer eines Hydraulikventils kann es des weiteren zu einem Klebeeffekt des Ventilkörpers auf dem Ventilsitz kommen, so dass sich der Ventilkörper beim Öffnen des Hydraulikventils zeitverzögert vom Ventilsitz abhebt. Dieser Klebeeffekt führt über die Lebensdauer des Hydraulikventils zu einer Drift der einzuspritzenden Kraftstoffmenge.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Hydraulikventil derart anzusteuern, dass die Penetration des Vorstrahls vermindert und eine Drift der einzuspritzenden Kraftstoffmenge über die Lebensdauer des Hydraulikventils reduziert wird.

[0007] Zur Lösung der Aufgabe schlägt die Erfindung ausgehend von dem Verfahren zur Steuerung eines Hydraulikventils der eingangs genannten Art vor, dass das Ventil zu Beginn einer Öffnungsbewegung zunächst um einen Vorhub geöffnet und erst danach derart angesteuert wird, dass es vollständig öffnet.

Vorteile der Erfindung

[0008] Erfindungsgemäß wird das Hydraulikventil also nicht abrupt vollständig geöffnet. Vielmehr wird der Ventilkörper zunächst nur minimal um den Vorhub von dem Ventilsitz angehoben. Dabei kann der in der Drallkammer des Hydraulikventils gespeicherte Kraftstoff unter starken Wandreibungseinflüssen nur mit einem niedrigen Impuls austreten und weist deshalb nur eine geringe Penetration des Vorstrahls auf.

[0009] Als weitere Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Zumeßbereich dadurch erhöht, dass eine reduzierte Kraftstoffmenge bei um den Vorhub geöffnetem Hydraulikventil durch diese hindurchfließt. Desweiteren kann davon ausgegangen werden, dass der Einfluß von Glättungseffekten im Dichtsitzbereich des Hydraulikventils sich geringer auf die Drift der einzuspritzenden Kraftstoffmenge über die Lebensdauer des Hydraulikventils auswirkt.

[0010] Die Öffnung des Hydraulikventils um den Vorhub, d. h. die minimale Anhebung des Ventilkörpers von dem Ventilsitz, läßt sich auf unterschiedliche Art und Weise realisieren. Zum einen kann das Hydraulikventil

entsprechend angesteuert werden, dass es nur um den Vorhub öffnet. Alternativ kann auch der durch das Hydraulikventil fließende Volumenstrom derart begrenzt werden, dass das Ventil nur um den Vorhub öffnet.

[0011] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird zur Steuerung eines Magnetventils vorgeschlagen, dass das Magnetventil durch einen von einem Vormagnetisierungsstrom auf einen Vorbetätigungsstrom ansteigenden Ansteuerstrom vormagnetisiert wird, wobei der Vormagnetisierungsstrom nicht ausreicht, das Magnetventil zu öffnen, und der Vorbetätigungsstrom das Öffnen des Magnetventils um den Vorhub bewirkt. Gemäß dieser Weiterbildung der Erfindung wird die Magnetspule des Magnetventils also nicht, wie aus dem Stand der Technik bekannt, mit einem konstanten Vormagnetisierungsstrom vormagnetisiert. Vielmehr wird vorgeschlagen, dass die Magnetspule von einem Ansteuerstrom angesteuert wird, der ausgehend von dem Vormagnetisierungsstrom, der noch kein Öffnen des Magnetventils bewirkt, auf den Vorbetätigungsstrom ansteigt, der das Öffnen des Magnetventils um den Vorhub bewirkt.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird vorgeschlagen, dass der Ansteuerstrom stufenförmig von dem Vormagnetisierungsstrom auf den Vorbetätigungsstrom ansteigt. Vorteilhafter weise steigt der Ansteuerstrom zweistufig von dem Vormagnetisierungsstrom auf den Vorbetätigungsstrom an. Die erste Stufe des Ansteuerstroms entspricht somit dem Vormagnetisierungsstrom, und die zweite Stufe des Ansteuerstroms entspricht dem Vorbetätigungsstrom.

[0013] Gemäß einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass der Ansteuerstrom rampenförmig von dem Vormagnetisierungsstrom auf den Vorbetätigungsstrom ansteigt. Vorteilhafterweise steigt der Ansteuerstrom stetig von dem Vormagnetisierungsstrom auf den Vorbetätigungsstrom an.

[0014] Gemäß einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird zur Steuerung eines Ventils mit einem piezoelektrischen Aktor vorgeschlagen, dass das Ventil durch eine Vorbetätigungsspannung vorangesteuert wird, die das Öffnen des Ventils um den Vorhub bewirkt. Über einen entsprechenden Verlauf der Vorbetätigungsspannung kann der piezoelektrische Aktor des Ventils derart angesteuert werden, dass das Ventil zunächst um den Vorhub und erst danach vollständig öffnet.

[0015] Gemäß noch einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass der Volumenstrom, der durch das Ventil fließt, beim Öffnen des Ventils um den Vorhub gedrosselt wird.

[0016] Als eine weitere Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird ausgehend von der Vorrichtung zur Steuerung eines Hydraulikventils der eingangsgenannten Art vorgeschlagen, dass die Vorrichtung Mittel zum Öffnen des Ventils um einen Vorhub zu

Beginn der Öffnungsbewegung des Ventils aufweist. Danach kann das Hydraulikventil dann durch Beaufschlagen des Ventils mit einem Betätigungsstrom oder einer Betätigungsspannung vollständig geöffnet werden.

[0017] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass das Hydraulikventil als ein Magnetventil ausgebildet ist und die Mittel zum Öffnen des Ventils um den Vorhub einen Ansteuerstrom, der von einem Vormagnetisierungsstrom auf einen Vorbetätigungsstrom ansteigt, zum Vormagnetisieren des Magnetventils zur Verfügung stellen, wobei der Vormagnetisierungsstrom nicht ausreicht, das Magnetventil zu öffnen, und der Vorbetätigungsstrom das Öffnen des Magnetventils um den Vorhub bewirkt.

[0018] Gemäß einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass das Ventil einen piezoelektrischen Aktor aufweist und die Mittel zum Öffnen des Ventils um den Vorhub eine Vorbetätigungsspannung zum Voransteuern des Ventils zur Verfügung stellen, wobei die Vorbetätigungsspannung das Öffnen des Ventils um den Vorhub bewirkt.

[0019] Gemäß noch einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Mittel zum Öffnen des Ventils um den Vorhub den Volumenstrom durch das Ventil drosseln.

30 Zeichnung

[0020] Im Folgenden werden anhand der Zeichnungen bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den Stromverlauf und den Hubverlauf eines Magnetventils, das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gemäß einer ersten Ausführungsform angesteuert wird; und

Fig. 2 den Stromverlauf und den Hubverlauf eines Magnetventils, das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gemäß einer zweiten Ausführungsform angesteuert wird.

45 Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0021] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Hydraulikventils, insbesondere eines Magnetventils zum Zumessen einer in Brennräume einer Brennkraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffmenge. Das Hydraulikventil wird zum vollständigen Öffnen mit einem Betätigungsstrom oder einer Betätigungsspannung beaufschlagt. Das Hydraulikventil kann bspw. als ein Magnetventil oder als ein Ventil mit einem piezoelektrischen Aktor ausgebildet sein.

[0022] Durch ein abruptes Öffnen des Hydraulikventils kann der zugemessene Kraftstoff relativ weit in die

Brennräume der Brennkraftmaschine eindringen, d. h. es kommt zu einer tiefen Penetration des Kraftstoff-Vorstrahls in die Brennräume. Dadurch wird eine definierte Verteilung des Kraftstoff-Luft-Gemisches in den Brennräumen erschwert. Außerdem kann es bei einem Öffnen des Hydraulikventils aufgrund von Kraftstoffablagerungen oder Glättungen im Dauerbetrieb zwischen dem Ventilkörper und dem Ventilsitz zu einem Klebeeffekt kommen, der bei einem abrupten Öffnen zu einer Drift der einzuspritzenden Kraftstoffmenge über die Lebensdauer des Hydraulikventils führen kann.

[0023] In den Fig. 1a und 2a ist der Verlauf eines Ansteuerstroms i der Magnetspule eines als Magnetventil ausgebildeten Hydraulikventils dargestellt. In den Fig. 1b und 2b ist der Verlauf eines dem Ansteuerstrom i entsprechenden Hubs h des Ventilkörpers des Hydraulikventils dargestellt. Um ein abruptes Öffnen des Hydraulikventils zu verhindern, wird das Hydraulikventil zu Beginn einer Öffnungsbewegung (beim Übergang von Bereich A zu Bereich B) nicht sofort mit dem vollen Betätigungsstrom i_B , sondern zunächst mit einem Vorbetätigungsstrom i_{VB} beaufschlagt, der zu einer Öffnungsbewegung des Hydraulikventils um einen Vorhub h_V führt. Der Vorhub h_V ist wesentlich kleiner als der maximale Öffnungshub h_{max} des Hydraulikventils, der sich bei dem vollen Betätigungsstrom i_B einstellt.

[0024] Erfindungsgemäß wird also zwischen den Bereich A, in dem die Magnetspule des Magnetventils mit einem Vormagnetisierungsstrom i_{VM} beaufschlagt wird, der zu keiner Öffnungsbewegung des Hydraulikventils führt ($h=0$), und dem Bereich C, in dem die Magnetspule mit dem Betätigungsstrom i_B beaufschlagt wird, der zu dem maximalen Öffnungshub h_{max} des Hydraulikventils führt, noch ein Bereich B eingefügt, in dem das Hydraulikventil mit dem Vorbetätigungsstrom i_{VB} beaufschlagt wird, der zu einem Öffnungshub h des Hydraulikventils um den Vorhub h_V führt. Die erfindungsgemäße Ansteuerung des Hydraulikventils führt zu einer Öffnungsbewegung mit einem von der geschlossenen Stellung zu dem Vorhub h_V langsam ansteigenden Hub h . Ein abruptes Öffnen des Hydraulikventils und die damit verbundenen Nachteile werden dadurch verhindert.

[0025] In Fig. 1a steigt der Ansteuerstrom i im Bereich B zweistufig an. Die erste Stufe entspricht dem Vormagnetisierungsstrom i_{VM} und die zweite Stufe dem Vorbetätigungsstrom i_{VB} . In Fig. 2a steigt der Ansteuerstrom i dagegen rampenförmig und stetig von dem Vormagnetisierungsstrom i_{VM} auf den Vorbetätigungsstrom i_{VB} an. Die dem Ansteuerstrom i entsprechende Öffnungsbewegung des Hydraulikventils im Bereich B ist in beiden Fällen langsam kontinuierlich ansteigend (vgl. Fig. 1b und 2b).

[0026] Bei einem durch einen piezoelektrischen Aktor betätigten Hydraulikventil entfällt bauartbedingt eine Vormagnetisierung durch einen Vormagnetisierungsstrom. Statt dessen wird bei einem Piezoventil eine Vorbetätigungsspannung angelegt, die ein Öffnen des Hy-

draulikventils um den Vorhub bewirkt. Erst danach wird das Piezoventil mit der vollen Spannung beaufschlagt, die ein vollständiges Öffnen des Hydraulikventils bewirkt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Hydraulikventils, insbesondere eines Magnetventils oder eines Piezoventils zum Zumessen einer in Brennräume einer Brennkraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffmenge, wobei das Ventil zum vollständigen Öffnen (h_{max}) mit einem Betätigungsstrom (i_B) oder einer Betätigungsspannung beaufschlagt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ventil zu Beginn einer Öffnungsbewegung zunächst um einen Vorhub (h_V) geöffnet und erst danach derart angesteuert wird, dass es vollständig öffnet.
2. Verfahren zur Steuerung eines Magnetventils nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Magnetventil durch einen von einem Vormagnetisierungsstrom (i_{VM}) auf einen Vorbetätigungsstrom (i_{VB}) ansteigenden Ansteuerstrom (i) vormagnetisiert wird, wobei der Vormagnetisierungsstrom (i_{VM}) nicht ausreicht, das Magnetventil zu öffnen, und der Vorbetätigungsstrom (i_{VB}) das Öffnen des Magnetventils um den Vorhub (h_V) bewirkt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Ansteuerstrom (i) stufenförmig von dem Vormagnetisierungsstrom (i_{VM}) auf den Vorbetätigungsstrom (i_{VB}) ansteigt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Ansteuerstrom (i) zweistufig von dem Vormagnetisierungsstrom (i_{VM}) auf den Vorbetätigungsstrom (i_{VB}) ansteigt.
5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Ansteuerstrom (i) rampenförmig von dem Vormagnetisierungsstrom (i_{VM}) auf den Vorbetätigungsstrom (i_{VB}) ansteigt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Ansteuerstrom (i) stetig von dem Vormagnetisierungsstrom (i_{VM}) auf den Vorbetätigungsstrom (i_{VB}) ansteigt.
7. Verfahren zur Steuerung eines Ventils mit einem piezoelektrischen Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil durch eine Vorbetätigungsspannung vorangesteuert wird, die das Öffnen des Ventils um den Vorhub (h_V) bewirkt.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

net, dass der Volumenstrom, der durch das Ventil fließt, beim Öffnen des Ventils um den Vorhub (h_V) gedrosselt wird.

9. Vorrichtung zur Steuerung eines Hydraulikventils, insbesondere eines Magnetventils zum Zumessen einer in Brennräume einer Brennkraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffmenge, wobei die Vorrichtung Mittel zum Beaufschlagen des Ventils mit einem Betätigungsstrom (i_B) oder einer Betätigungsspannung zum vollständigen Öffnen des Ventils (h_{max}) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung Mittel zum Öffnen des Ventils um einen Vorhub (h_V) zu Beginn der Öffnungsbewegung des Ventils aufweist.

5
10
15
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Hydraulikventil als ein Magnetventil ausgebildet ist und die Mittel zum Öffnen des Ventils um den Vorhub (h_V) einen Ansteuerstrom (i), der von einem Vormagnetisierungsstrom (i_{VM}) auf einen Vorbetätigungsstrom (i_{VB}) ansteigt, zum Vormagnetisieren des Magnetventils zur Verfügung stellen, wobei der Vormagnetisierungsstrom (i_{VM}) nicht ausreicht, das Magnetventil zu öffnen, und der Vorbetätigungsstrom (i_{VB}) das Öffnen des Magnetventils um den Vorhub (h_V) bewirkt.

20
25
11. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil einen piezoelektrischen Aktor aufweist und die Mittel zum Öffnen des Ventils um den Vorhub (h_V) eine Vorbetätigungsspannung zum Voransteuern des Ventils zur Verfügung stellen, wobei die Vorbetätigungsspannung das Öffnen des Ventils um den Vorhub (h_V) bewirkt.

30
35
12. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Öffnen des Ventils um den Vorhub (h_V) den Volumenstrom durch das Ventil drosseln.

40

45

50

55

