



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Int. Cl.²: F 02 M 61/04

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



PATENTSCHRIFT A5

11

617 246

21 Gesuchsnummer: 14986/76

73 Inhaber:
Robert Bosch GmbH, Stuttgart 1 (DE)

22 Anmeldungsdatum: 29.11.1976

72 Erfinder:
Dipl.-Ing. Odon Kopse, Stuttgart (DE)
Dipl.-Ing. Richard Kinzel, Ditzingen (DE)
Dr. Dipl.-Ing. Ewald Eblen, Stuttgart (DE)
Dipl.-Ing. Willi Voit, Stuttgart (DE)
Dipl.-Ing. Gregor Schuster, Stuttgart (DE)
Franz Eheim, Stuttgart (DE)

30 Priorität(en): 24.12.1975 DE 2558790

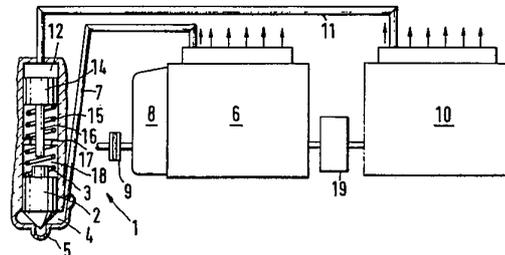
24 Patent erteilt: 14.05.1980

45 Patentschrift
veröffentlicht: 14.05.1980

74 Vertreter:
Dr. Paul Stamm, Solothurn

54 Kraftstoffeinspritzanlage für eine Brennkraftmaschine.

57 Die Kraftstoffeinspritzanlage umfasst mindestens eine Einspritzdüse (1), deren nach innen öffnende Ventlnadel (2) dauernd durch eine in einem Federraum (18) angeordnete Schliessfeder (3) und spätestens bei Einspritzende zusätzlich noch durch die Kraft eines hydraulischen Zwischenkolbens (14) belastet ist. Es sind Mittel (10) vorgesehen, die bei Einspritzende die in einer Druckkammer (12) des Zwischenkolbens (14) wirkenden Kräfte gesteuert vergrössern, so dass der Zwischenkolben (14) die Ventlnadel (2) in Schliessrichtung auf ihren Sitz drückt. Ein nur in deren Ruhelage vorhandenes Spiel zwischen Ventlnadel (2) und Zwischenkolben (14) verhindert eine Beeinflussung des Öffnungsdruckes der Einspritzdüse (1). Bei der Kraftstoffeinspritzanlage, die insbesondere bei Dieselmotoren verwendet werden kann, wird eine Verschleppung des Einspritzendes vermieden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Kraftstoffeinspritzanlage für eine Brennkraftmaschine mit mindestens einer Einspritzdüse (1), die eine durch eine in einem Federraum (18) angeordnete Schliessfeder (3) belastete, nach innen öffnende Ventilmadel (2) und einen auf der der Ventilmadel (2) gegenüberliegenden Seite in den Federraum (18) ragenden und dichtend geführten, axial verschiebbaren, sowie mindestens zeitweise auf die Ventilmadel (2) wirkenden und von einer Druckkammer aus hydraulisch betätigten Zwischenkolben (14) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorgesehen sind, die bei Einspritzende die in der Druckkammer (12, 20, 69, 97) des Zwischenkolbens (14) in Schliessrichtung der Ventilmadel (2) wirkenden Kräfte gesteuert vergrössern und dass zwischen Ventilmadel (2) und Zwischenkolben (14) in deren Ruhelage ein Spiel vorhanden ist.

2. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zwischen Ventilmadel (2) und Zwischenkolben (14) in deren Ruhelage vorhandene Spiel mindestens dem Öffnungshub der Ventilmadel (2) entspricht.

3. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Schliessfeder (3) auf ihrer der Ventilmadel (2) abgewandten Seite am Zwischenkolben (14) abstützt (Fig. 2, 4, 6).

4. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass im Federraum (18) ausser der Schliessfeder (3) eine weitere Feder (15, 62) angeordnet ist, die sich einerseits am Zwischenkolben (14) und andererseits an einer Stirnwand (17) des Federraums (18) abstützt (Figur 4).

5. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (43, 93) vorgesehen sind, die den Druck im Federraum (18) in Abhängigkeit von Motorkenngrössen, z. B. Last und Drehzahl, ändern (Fig. 4 und 6).

6. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einspritzdüse (1) von zwei synchron arbeitenden Pumpen (6, 10) mit Kraftstoff versorgt wird, von denen eine Pumpe (6) die zur Einspritzung gelangende Kraftstoffmenge und die andere Pumpe (10) gegen Einspritzende in die Druckkammer (12) des Zwischenkolbens (14) fördert (Fig. 1).

7. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die auf der dem Federraum (18) abgewandten Seite des Zwischenkolbens (14) angeordnete Druckkammer (20) mit einer Leitung (7) verbindbar ist, über die von einer Pumpe (35) der Einspritzdüse (1) Kraftstoff zugeführt wird und dass die Verbindung (21, 46', 46'') von der Druckkammer (12, 20) zur Leitung (7) durch Steuermittel (22, 48) steuerbar ist (Fig. 2 bis 4).

8. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Steuermittel ein Schieber (48) dient, der im Verlauf seines Hubes die Leitung (7) mit der Druckkammer (12) verbindet, dass in Richtung Druckkammer (12) stromauf des Steuerschiebers (48) ein in dieser Richtung stärker wirkendes Drosselventil (47) in der Verbindung (46', 46'') angeordnet ist und dass der Steuerschieber (48) speicherartig durch den unter Druck zugeführten Kraftstoff während des Druckhubs der Einspritzpumpe (35) entgegen der Kraft einer Speicherfeder (53) auch noch nach Aufsteuern der Verbindung (46', 46'') ausweicht, um dann nach Rückgang des Druckes in der Druckleitung (7) einen Teil des durch den Steuerschieber (48) gespeicherten Kraftstoffs zur Druckkammer (12) hin zu fördern (Fig. 4).

9. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffeinspritzdüse (1) Teil einer Pumpedüse (65) der Kraftstoffeinspritzanlage ist,

dass die Pumpedüse (65) mit einem Pumpkolben (70) arbeitet, der mit dem Pumpzylinder einen Pumpraum (69) begrenzt und dass der Pumpraum (69) als Druckkammer des Zwischenkolbens (14) dient und durch die weitere Förderung des Pumpkolbens (70) über das Einspritzende hinaus der Zwischenkolben (14) in Richtung Ventilmadel (2) verschoben wird (Fig. 6 und 7).

10. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffeinspritzdüse (1) Teil einer Pumpedüse (65) der Kraftstoffeinspritzanlage ist, dass die Pumpedüse (65) mit einem Pumpkolben (70) arbeitet, der mit dem Pumpzylinder einen Pumpraum (69) begrenzt und dass der Pumpraum (69) mit der Druckkammer (97) des Zwischenkolbens (14) durch eine nach Einspritzende vom Pumpkolben (70) aufgesteuerte Leitung (96) verbunden ist (Fig. 7).

20 Die Erfindung betrifft eine Kraftstoffeinspritzanlage für eine Brennkraftmaschine mit mindestens einer Einspritzdüse, die eine durch eine in einem Federraum angeordnete Schliessfeder belastete, nach innen öffnende Ventilmadel und einen auf der der Ventilmadel gegenüberliegenden Seite in den Federraum ragenden und dichtend geführten, axial verschiebbaren, sowie mindestens zeitweise auf die Ventilmadel wirkenden und von einer Druckkammer aus hydraulisch betätigten Zwischenkolben aufweist.

Bei einer bekannten Kraftstoffeinspritzdüse (US-PS Nr. 3 797 753) wirkt der Zwischenkolben während des gesamten Einspritzvorganges auf die Ventilmadel und beeinflusst dadurch den gesamten Einspritzverlauf. Der Zwischenkolben ist dabei auf der der Ventilmadel abgewandten Seite von einem Kraftstoffdruck beaufschlagt, der sich entsprechend dem Druck des der Düse zur Einspritzung zugeführten Kraftstoffs ändert. Hierdurch nimmt gegen Ende der Einspritzung, wenn der Zuförderdruck abnimmt, auch der Druck auf diesen Zwischenkolben ab und damit seine in Schliessrichtung auf die Ventilmadel wirkende Kraft, was eine Verschleppung des Spritzendes zur Folge hat mit einer entsprechenden Verschlechterung der Abgaswerte.

Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, eine Kraftstoffeinspritzanlage der eingangs genannten Art zu entwickeln, bei der eine Verschleppung des Spritzendes vermieden wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass Mittel vorgesehen sind, die bei Einspritzende die am Zwischenkolben in Schliessrichtung der Ventilmadel wirkenden Kräfte gesteuert vergrössern und dass zwischen Ventilmadel und Zwischenkolben in deren Ruhelage ein Spiel vorhanden ist. Hierdurch wird ausserdem verhindert, dass bei Motoren mit hohen Verdichtungsdrücken, z. B. bei aufgeladenen Motoren, Brenngase aus dem Motorzylinder in die Einspritzdüse gelangen.

Der erfindungsgemässe Zwischenkolben arbeitet wie eine zusätzlich zur mechanischen Schliessfeder auf die Ventilmadel wirkende hydraulische Feder, deren Kraft sich allerdings zum Einspritzende hin vergrössert. Da die Summe dieser Schliesskräfte erst am Ende der Einspritzung den Grösstwert erreichen soll, ist nach einer Ausgestaltung der Erfindung zwischen Ventilmadel und Zwischenkolben ein Spiel von mindestens der Grösse des Öffnungshubes des Ventils vorgesehen, so dass während des Öffnungshubes nur die Schliessfeder und während des Schliesshubes zusätzlich zur Schliessfeder noch der Zwischenkolben auf die Ventilmadel wirkt.

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Kraftstoffeinspritzanlage mit einer Pumpe für die Einspritzung und einer zweiten Pumpe für die Schliesskraftherhöhung;

Fig. 2, 3, 4 und 5 Kraftstoffeinspritzanlagen, deren Einspritzdüsen mit einem Speicher zur Steuerung des Druckaufbaus am Zwischenkolben ausgestattet sind, und

Fig. 6 und 7 die Anwendung der Erfindung an mit einer Pumpedüse ausgestatteten Kraftstoffeinspritzanlagen.

In Fig. 1 ist eine Kraftstoffeinspritzanlage mit zwei Pumpen dargestellt, die sechs Einspritzdüsen mit Kraftstoff versorgen, von denen jedoch nur eine Kraftstoffeinspritzdüse 1 dargestellt ist. Eine in dem nicht näher dargestellten Gehäuse dichtend geführte Ventlnadel 2 wird durch eine Schliessfeder 3 belastet. Sie steuert die Verbindung von einem Druckraum 4 zu Spritzöffnungen 5. Der Kraftstoff wird von einer Einspritzpumpe 6 über eine Druckleitung 7 dem Druckraum 4 zugeführt, wobei bei ausreichendem Druck die Ventlnadel 2 entgegen der Feder 3 verschoben wird, so dass die Einspritzung über die Öffnungen 5 stattfinden kann. Die Einspritzpumpe 6 hat einen Regler 8, mittels dem in üblicher Weise die einzuspritzende Kraftstoffmenge bestimmt wird.

Die Einspritzpumpe 6 wird über eine Kupplung 9 von der Brennkraftmaschine angetrieben und treibt wiederum die Einspritzpumpe 10 an, deren Druckauslässe über Leitungen 11 je mit einer Einspritzdüse 1 verbunden sind. Der über die Leitung 11 zugeführte Kraftstoff gelangt in einen in der Einspritzdüse 1 angeordneten Zylinderraum 12 vor einen Zwischenkolben 14. Bei ausreichendem Druck wird dieser Zwischenkolben 14 entgegen einer Rückstellfeder 15 verschoben und stösst nach Zurücklegung eines bestimmten Weges mit einem Dorn 16 auf die Ventlnadel 2. Die Federn 3 und 15 stützen sich an einem gehäusefesten Bund 17 im Federraum 18 ab.

Die Einspritzpumpen 6 und 10 sind derart miteinander gekoppelt, dass die Förderung der Pumpe 10 erst beginnt, wenn die Pumpe 6 den Förderhub nahezu oder schon ganz beendet hat. Hierdurch beginnt der Zwischenkolben 14 erst dann auf die Ventlnadel 2 zu wirken, wenn sich diese in Schliessrichtung bewegt oder bereits in der Schliessstellung befindet. Da sich die Förderdrücke der Einspritzpumpe 6 mit der Drehzahl bekanntlich ändern, wodurch sich auch das dynamische Verhalten des Öffnens und Schliessens der Ventlnadel 2 ändert, ist zur entsprechenden Anpassung der Schliesskraftunterstützung durch den Kolben 14 im Antrieb der Pumpe 10 zwischen Pumpe 6 und 10 ein Spritzzeitpunktversteller 19 angeordnet.

Dieses in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel erfordert jedoch zwei unabhängige Leitungen 7 und 11, und zwar je eine für Einspritzung und Schliesskraftherhöhung.

Bei dem in Fig. 2 und 3 dargestellten Ausführungsbeispiel stützt sich die Schliessfeder 3 einerseits an der Ventlnadel 2 und andererseits am Zwischenkolben 14 ab. Eine Bewegung des Zwischenkolbens 14 in Richtung Ventlnadel hat bereits eine Erhöhung der Kraft der Schliessfeder 3 zur Folge, bevor dann über den Dorn 16 der Zwischenkolben 14 unmittelbar auf die Ventlnadel 2 wirkt. Der Antrieb des Zwischenkolbens 14 wird bei diesem Ausführungsbeispiel dadurch erreicht, dass ein Speicherraum 20, in den der Zwischenkolben 14 mit seiner der Schliessfeder 3 abgewandten Stirnseite taucht, von der Druckleitung 7 her über eine Leitung 21 mit Kraftstoff versorgt wird. In der Leitung 21 ist ein Drosselventil oder ein Gleichdruckventil 22 angeordnet. Die in Richtung Ventlnadel wirkende Fläche am Zwischenkolben 14 ist kleiner als oder gleich gross wie die in Öffnungsrichtung wirkende Fläche an der Ventlnadel 2 in deren geschlossenem Zustand. Diese in Öffnungsrichtung wirkende Fläche wird nach Abheben der Ventlnadel 2 von

ihrem Sitz um den Sitzquerschnitt vergrössert. Das heisst also, dass in geöffnetem Zustand die Ventlnadel 2 aufgrund der grösseren Fläche ihres Flächenverhältnisses auch dann nicht durch den Zwischenkolben 14 auf ihren Sitz geschoben wird, wenn in Druckraum 4 und Speicherraum 20 der gleiche Druck herrscht. Anders ist es allerdings, wenn die Einspritzdüse 1 geschlossen ist. Dann würde bei der oben genannten Flächengleichheit die Ventlnadel 2 nicht von ihrem Sitz abheben. Selbst wenn die Wirkfläche am Kolben 14 kleiner ist als die betrachtete Fläche an der Ventlnadel 2, würde der Öffnungsvorgang durch den Kolben 14 möglicherweise nachteilig beeinflusst werden. Aus diesem Grund ist in der Leitung 21 das Ventil 22 angeordnet, über das sich entsprechend gedrosselt erst gegen Spritzende der in der Leitung 7 herrschende Druck auch im Speicher 20 einstellt. Sobald dann zur Beendigung der Einspritzung der Druck in der Leitung 7 und damit im Druckraum 4 sinkt, verzögert das Ventil 22 den schnellen Druckabbau im Speicher 20, so dass der Kolben 14 entsprechend auf die Ventlnadel 2 wirken kann. Da mit zunehmender Drehzahl bekanntlich der Druck in der Druckleitung 7 ansteigt, steigt vorteilhafterweise entsprechend auch der Druck im Speicher 20. Über einen Stellenschieber 23 kann jedoch der Querschnitt des Ventils 22 in Anpassung an den Druck im Speicherraum 20 geändert werden.

Eine Erhöhung der in Schliessrichtung an der Ventlnadel 2 angreifenden Kraft kann auch, wie in Fig. 2 gestrichelt dargestellt, dadurch erreicht werden, dass die Druckleitung 7 über einen Kanal 25, der von der Ventlnadel 2 gesteuert wird, mit dem Speicherraum 20 verbunden wird. Die Steuerung erfolgt durch einander gegenüberliegende Ringnuten 26, die auf der Ventlnadel 2 und in den die Ventlnadel 2 aufnehmenden Zylinder angeordnet sind und deren Verbindung durch mindestens teilweise Überdeckung der Ringnuten hergestellt wird, sobald die Ventlnadel 2 nahezu ihren Öffnungshub beendet hat. Der Druck aus der Leitung 7 wird also erst dann im Speicherraum 20 wirksam, wenn die Ventlnadel 2 bereits von ihrem Sitz abgehoben hat und auch die Sitzquerschnittsfläche in Öffnungsrichtung wirkt. Ausserdem kommt die Verbindung der Ringnuten 26 erst zur Wirkung, wenn die Ventlnadel 2 ihren Öffnungshub vollendet hat infolge der durch die bewegten Massen fortgesetzten Bewegung der Ventlnadel 2. Sobald der Druck in der Leitung 7 zur Spritzbeendigung abnimmt, wird sofort die Ventlnadel 2 verschoben, wodurch die Ringnuten 26 voneinander getrennt werden und der im Speicherraum 20 aufgebaute Druck eingeschlossen bleibt. Dieser Druck baut sich in den Spritzpausen durch Leckagen in der Zwischenkolbenführung soweit ab, dass der Öffnungsvorgang der Ventlnadel 2 nicht gehindert wird. Um diese Leckage steuern zu können, sind auf der Mantelfläche des Zwischenkolbens 14 sowie in der Zylinderfläche des den Zwischenkolben 14 aufnehmenden Zylinders Längsnuten 27 angeordnet, welche erst bei geschlossener Ventlnadel 2 und Anlage des Zwischenkolbens 14 an der Ventlnadel 2 miteinander zur Überdeckung gelangen.

In Fig. 3 ist dargestellt, wie das Ventil 22 gestellt sein kann. Ein Ventilkolben 28 enthält eine Drosselbohrung 29, über die die Verbindung von der Leitung 21 zum Speicherraum 20 hergestellt wird. Diese Drosselbohrung 29 zweigt von einer Ringnut 30 des Schiebers 28 ab und mündet auf der Stirnseite des Schiebers. Die Ringnut 30 wiederum korrespondiert mit einer Mündung 31 der Leitung 21, in dem diesen Schieber 28 aufnehmenden Zylinder. Sobald ein vorgegebener Druck im Speicherraum 20 überschritten wird, wird der Kolben 28 entgegen der Feder 32 verschoben. Hierdurch wird durch die Begrenzung der Ringnut 30 der Querschnitt der Mündung 31 der Leitung 21 verkleinert, d. h.

dass mit zunehmendem Druck im Speicherraum 20 die Zufluss- bzw. Abflussdrossel 29, 31 verkleinert wird. Ein zusätzlicher Einfluss auf diese Drosselsteuerung kann dadurch erfolgen, dass der Raum 33, in dem die Feder 32 angeordnet ist, ebenfalls mit der Leitung 7 verbunden ist. Dies hätte zur Folge, dass die Mündung 31 nur dann gedrosselt oder sogar geschlossen wird, wenn der Druck in der Leitung 7 gegen Spritzende abnimmt.

In Fig. 4 ist eine Kraftstoffeinspritzanlage dargestellt, bei der die Schliessdruckerhöhung durch einen Federspeicher gesteuert wird. Zusätzlich ist dargestellt, wie mit einfachen Mitteln auch eine Öffnungsdrucksteuerung über die Entlastungsleitung erfolgen kann. Einspritzpumpe und Drucksteuerung sind hierbei lediglich symbolisch dargestellt.

Eine Kraftstoffeinspritzpumpe 35 wird durch eine Förderpumpe 36 aus einem Kraftstoffbehälter 37 mit Kraftstoff versorgt unter einem durch ein Druckregelventil 38 bestimmten Druck. Mit der Einspritzpumpe 35 ist ein Einspritzmengenregler 39 verbunden, dem die Motorkenngrößen Drehzahl und Last entnehmbar sind. Die Last wird durch die Stellung des Gaspedals 40 und die Drehzahl durch die Antriebswelle 41 dem Regler 39 eingegeben. Drehzahl und Last werden dann in einem Wandler 42 in eine Stellgröße verwandelt, die einem Drucksteuerventil 43 eingegeben wird, so dass der vom Drucksteuerventil 43 bestimmte Druck sich in Abhängigkeit von Drehzahl und Last ändert. Der Wandler 42 kann im Regler 39 angeordnet sein, beispielsweise in Form des Reglers selbst, so dass die Stellgröße für das Drucksteuerventil 43 die Stellgröße der Regelstange für die Kraftstoffzumessung der Einspritzpumpe ist. Insofern ist auch denkbar, dass das Drucksteuerventil 43 innerhalb des Einspritzpumpenreglerkomplexes 35, 39 untergebracht ist.

Mittels des Drucksteuerventils 43 wird bei diesem Ausführungsbeispiel der Druck im Federraum 18 der Einspritzdüse 1 beeinflusst, indem in der Entlastungsleitung 45 des Federraums 18 das Drucksteuerventil 43 angeordnet ist. In der Einspritzdüse 1 zweigt von der zum Druckraum 4 der Einspritzdüse führenden Druckleitung 7 eine Leitung 46 ab, die durch ein Drosselventil 47 und einen Steuerschieber 48 gesteuert zu der Druckkammer 12 oberhalb des Zwischenkolbens 14 führt. Das Drosselventil 47 hat je nach Strömungsrichtung des Kraftstoffes im Kanal 46 eine unterschiedliche Drosselwirkung. Hierfür ist es als Tellerventil ausgebildet. Wie in Fig. 5 dargestellt, hat der Teller 49 des Tellerventils 47 eine zentrale Drosselbohrung 50 und mehrere am Rande angeordnete Bohrungen oder Ausnehmungen 51. Dieser Teller 49 ist axial verschiebbar in einem Raum 52 angeordnet, dessen Stirnseite zum Teil als Ventilsitze dieses Drosselventils 47 dienen. Wenn der Kraftstoffstrom von der Druckleitung 7 zum Steuerschieber 48 bzw. der Druckkammer 12 hin gerichtet ist, kann der Kraftstoff über die Bohrung 50 sowie die Ausnehmungen 51 strömen, in umgekehrter Richtung hingegen sind die Ausnehmungen 51 durch den Ventilsitz gesperrt, so dass lediglich die Drosselbohrung 50 durchströmt werden kann. In dieser Richtung ist also die Drosselwirkung wesentlich grösser als in der entgegengesetzten Richtung. Der Steuerschieber 48 ist durch eine Speicherfeder 53 belastet, sein Weg ist durch einen Anschlag 54 begrenzt. Durch den Steuerschieber 48 wird die Leitung 46 in zwei Abschnitte 46' und 46'' geteilt. Zur Steuerung der Verbindung ist in den Zylinder 55, in dem der Steuerschieber 48 arbeitet, eine Ringnut 56 angeordnet, die durch das untere Stirnende 57 des Steuerschiebers nach Zurücklegen eines Teiles des Speicherhubes aufgesteuert wird. Ausserdem arbeitet die Ringnut 56 mit im Steuerschieber 48 angeordneten Bohrungen 58 zusammen, die zum Federraum 59 des Speichers hin entlastet ist und die in der

dargestellten Ruhelage des Steuerschiebers 48 mit der Ringnut 56 verbunden ist, jedoch nach Beginn des Speicherhubes von dieser getrennt wird.

Der Federraum 18 der Kraftstoffeinspritzdüse 1, in der die Schliessfeder 3 der Ventilmadel 2 angeordnet ist, ist durch einen nicht dargestellten Kanal mit dem Federraum 59 verbunden, d. h. dass in beiden Federräumen im wesentlichen der gleiche Druck herrscht. Die Schliessfeder 3 der Ventilmadel 2 stützt sich auf ihrer Rückseite über einen Federteller 61 am Zwischenkolben 14 ab. Als Rückstellfeder des Zwischenkolbens 14 dient ausserdem eine im Federraum 18 angeordnete Feder 62, die sich auf der gegenüberliegenden Stirnseite des Federraums 3 abstützt. Hierdurch ist die auf den Zwischenkolben wirkende Federkraft wesentlich grösser als die in Schliessrichtung an der Ventilmadel 2 angreifende Federkraft. Selbstverständlich sind zur Anpassung des Einspritzgesetzes auch andere Kombinationen denkbar, beispielsweise dass zwei Federn an der Ventilmadel 2 angreifen und nur eine am Zwischenkolben 14 oder dass lediglich nur eine Feder zwischen beiden Organen angeordnet ist. Entsprechend der Stärke und Zahl bzw. Angriffsart der Federn und entsprechend der von Kraftstoff beaufschlagten Wirkflächen der Organe, d. h. deren Durchmesser, sind unterschiedliche Beeinflussungen des Einspritzgesetzes erreichbar. Im Zylinder des Zwischenkolbens 14 ist eine Ringnut 63 angeordnet, die mit der Druckleitung 7 verbunden ist und die mit im Zwischenkolben 14 angeordneten Bohrungen 64 zusammenarbeitet, welche in den Federraum 18 münden. Die Ringnut 63 wird mit den Bohrungen 64 dann verbunden, wenn der Zwischenkolben unmittelbar auf die Ventilmadel 2 wirkt und diese das Einspritzventil geschlossen hat.

Die Arbeitsweise dieses Einspritzventils ist folgende: sobald von der Einspritzpumpe 35 her über die Druckleitung 7 Kraftstoff zum Druckraum 4 der Einspritzdüse 1 gefördert wird, hebt die Ventilmadel 2 nach Erreichen des Öffnungsdruckes von ihrem Sitz ab entgegen der Kraft der Schliessfeder 3. Gleichzeitig strömt über den Leitungsabschnitt 46' und das Drosselventil 47 bzw. dessen Ausnehmungen 51 bzw. Drosselbohrung 50 Kraftstoff unter den Steuerschieber 48, der dadurch entgegen der Speicherfeder 53 verschoben wird. Nach Zurücklegung eines bestimmten Hubes wird durch die Stirnseite 57 des Steuerschiebers 48 die Ringnut 56 aufgesteuert, die den Leitungsabschnitt 46' mit dem Abschnitt 46'' verbindet, so dass der Kraftstoff unter Druck in die Druckkammer 12 gelangen kann. Der Steuerschieber 48 wird bei Überlast weiter bis an seinen Anschlag 54 verschoben. Sobald der Druck in der Druckleitung 7 zur Einspritzbeendigung abnimmt, wird die Ventilmadel 2 durch die Feder 3 auf ihren Sitz geschoben, wobei gleichzeitig der Steuerschieber 48 durch die Speicherfeder 53 verschoben wird und den vor sich gelagerten Kraftstoff über den Kanalabschnitt 46'' in die Druckkammer 12 fördert, so dass der Zwischenkolben 14 in Richtung Ventilmadel verschoben wird. Dies ist nun möglich, da die resultierende Kraft an Ventilmadel 2 und Zwischenkolben 14 in Schliessrichtung überwiegt. Sobald dann die Bohrungen 64 im Zwischenkolben 14 mit der Ringnut 63 in Überdeckung gelangen, wird der Druck im Druckraum 4 der Einspritzdüse zum Federraum 18 hin entlastet, was die an der Ventilmadel 2 in Schliessrichtung wirkenden Kräfte unterstützt. Die durch den Steuerschieber 48 in Schliessrichtung wirkenden Kräfte wirken so lange, bis die Stirnseite 57 von der Ringnut 56 getrennt wird, was im wesentlichen durch den Querschnitt der Drosselbohrung 50 bestimmt wird. Kurz später wird dann der Leitungsabschnitt 46'' über die Bohrungen 58 im Steuerschieber 48 zum Federraum 59 hin entlastet.

Die Höhe des Druckes, auf dem entlastet wird, kann gegebenenfalls durch das Drucksteuerventil 43 der Entlastungs-

leitung 45 bestimmt werden. Durch diese zusätzliche Drucksteuerung in der Druckkammer 12 sowie dem Federraum 18 kann das Einspritzgesetz in gewünschter Weise beeinflusst werden, vorzugsweise allerdings in Form einer Gestaltung des Spritzverlaufes durch Steuerung des Öffnungshubes der Ventilmadel 2.

In den Fig. 6 und 7 ist eine Kraftstoffeinspritzanlage mit einer kombinierten Pumpedüse 65 dargestellt, die von einer hier als Zumesspumpe dienenden Kraftstoffeinspritzpumpe 66 her mit Kraftstoff versorgt wird und die über eine Nockenwelle 67 angetrieben wird. Zur Vereinfachung des Verständnisses sind die Teile, die denen der vorbeschriebenen Einspritzdüsen 1 entsprechen, mit den dort verwendeten Bezugszahlen versehen. Die in dem Federraum 18 angeordnete Schliessfeder 3 beaufschlagt gleichzeitig die Ventilmadel 2 sowie den Zwischenkolben 14. Der Druckraum 4 der Düse wird über eine Druckleitung 68 von einem Pumpraum 69 während des Druckhubs des Pumpkolbens 70 mit Kraftstoff versorgt. Der Pumpkolben 70 besteht aus einem unmittelbar angetriebenen Förderkolben 71 und einem Ausweichkolben 72. Zwischen Förderkolben und Ausweichkolben ist ein mit Kraftstoff gefüllter Raum 73 angeordnet, der als Teil des Pumpkolbens 70 angesehen werden kann.

Die einzuspritzende Menge wird durch die Zumesspumpe 66 bestimmt, die diese Menge über eine ihrer Druckleitungen 74, in der ein Rückschlagventil 75 angeordnet ist, in den Pumpraum 69 vorlagert. Entsprechend der Vorlagermenge weicht der Ausweichkolben 72 in Richtung Förderkolben 71 aus. Dieses Ausweichen erfolgt während des «Saughubes» der Pumpedüse, währenddem auch der Förderkolben 71 eine entsprechende Bewegung ausführt. In seiner oberen Ausgangslage wird dann durch die untere Stirnkante des Förderkolbens 71 eine Bohrung 76 aufgesteuert, die zu einem Raum niedrigeren Drucks führt, in unserem Fall über die Leitung 77 zum Saugraum der Zumesspumpe 66. Bei Änderungen der in den Pumpraum 69 geförderten Vorlagermenge wird das Volumen des Raums 73 entsprechend geändert, d. h. es strömt über die Bohrung 76 Kraftstoff zu oder ab (dargestellte Lage).

Während des Förderhubs der Pumpedüse 65 wird durch den Nocken 67 und den Kipphebel 79 der Förderkolben 71 in Richtung Ausweichkolben 72 bewegt, wobei aus dem Raum 73 solange Kraftstoff über die Bohrung 76 abströmt, bis die Bohrung 76 geschlossen ist. Danach wird über das eingeschlossene Volumen im Raum 73 der Ausweichkolben 72 verschoben und verdrängt aus dem Pumpraum 69 und die Druckleitung 68 den einzuspritzenden Kraftstoff in den Druckraum 4 der Düse 1, aus dem dann nach Abheben der Ventilmadel 2 der Kraftstoff über die Spritzöffnungen 5 in den Motor gelangt. Das Spritzende wird dadurch erzeugt, dass die untere Stirnseite 80 des Ausweichkolbens die Druckleitung 68 zusteuert. Der beim weiteren Förderhub des Pumpkolbens 70 aus dem als Druckkammer dienenden unteren Teil des Pumpraums 69 verdrängte Kraftstoff wirkt auf den Zwischenkolben 14 und schiebt diesen entgegen der Kraft der Schliessfeder 3 auf die Ventilmadel 2. Hierdurch wird erreicht, dass ein ausserordentlich hoher Schliessdruck erzeugt wird. Mit dem Absteuern der Druckleitung 68 durch den Ausweichkolben 72 wird durch diese mittels Ringnuten und Bohrungen 82 die Druckleitung 68 mit einer Entlastungsleitung 83 verbunden. Hierdurch wird der Druck im Druckraum 4 der Düse 1 entsprechend abgebaut, um ein

scharfes Schliessende zu erhalten. Zur Beendigung des Förderhubs des Ausweichkolbens 72 steuert dieser mit seiner oberen Stirnkante 84 eine Bohrung 85 auf, die mit der Leitung 77 verbunden ist. Der Förderkolben 71 kann also seinen Förderhub fortsetzen, wobei aus dem Raum 73 Kraftstoff über die Bohrung 85 abströmt, während der Ausweichkolben 72 in dieser Absteuerstellung verharrt. Erst wenn über den Nocken 67 der Pumpkolben 70 seinen Rückhub beginnt, kann auch der Zwischenkolben 14 in seine Ausgangslage zurückgleiten. Dieser Zeitpunkt wird jedoch stets so gewählt werden, dass ein Aufdrücken der Ventilmadel 2 vom Motorraum oder vom Druckraum 4 her nicht möglich ist.

Um eine möglicherweise erforderliche Spritzzeitpunktverstellung zu erreichen, ist die untere Stirnkante 86 am Förderkolben 71 schräg ausgebildet und es ist der Förderkolben 71 über eine Vorrichtung beispielsweise eine Zahnstange 87 verdrehbar. Hierdurch wird erreicht, dass die Bohrung 76 je nach Drehlage des Förderkolbens 71 unterschiedlich zugesteuert wird, so dass der Antrieb des Ausweichkolbens 72 jeweils zu einem entsprechend anderen Zeitpunkt erfolgt. Die Verstellung der Vorrichtung 87 kann durch einen Stellmotor 88 erfolgen, der von einem elektronischen Steuergerät 89 angesteuert wird, wobei das Steuergerät 89 gleichzeitig zur Regelung der Zumesspumpe 66 dienen kann oder sogar deren Regler darstellt. Die Last würde somit über das Gaspedal 90 in dieses Steuergerät 89 eingegeben werden, während die Drehzahl über die Kupplung 91 der Zumesspumpe 66 unmittelbar in dieses eingegeben wird. Eine zusätzliche Beeinflussung des Einspritzgesetzes kann über ein Drucksteuerventil 93 erfolgen, das in der Entlastungsleitung 83 angeordnet ist und über das der Druck im Federraum 18 und damit der Öffnungshub der Ventilmadel 2 beeinflussbar ist. Das Drucksteuerventil 93 kann ebenfalls von dem Steuergerät 89 angesteuert werden.

Fig. 7 zeigt eine Variante des Antriebs des Zwischenkolbens 14. Der Zwischenkolben 14 wird hier nicht unmittelbar von dem im Pumpraum 69 herrschenden Druck beaufschlagt, sondern erst nach einer entsprechenden Steuerung durch den Ausweichkolben 72. Sobald der Ausweichkolben 72 mit seiner Stirnkante 80 die Druckleitung 68 zur Beendigung der Einspritzung gesperrt hat, wird über Kanäle 95 eine Leitung 96 aufgesteuert, die in eine Druckkammer 97 des Zwischenkolbens 14 führt. Erst nach dieser Aufsteuerung des Kanals 96 wird also der Zwischenkolben 14 in Richtung Düsenmadel 2 verschoben. Hierdurch wird erreicht, dass der Zwischenkolben 14 vor Beendigung der Einspritzung nicht vom Druck im Pumparbeitsraum 69 beaufschlagt wird. Die Entlastung der Druckkammer 97 erfolgt über ein rückschlagventil 98 oder entsprechende Kanalsteuerungen mittels des Ausweichkolbens 72. Der Kerngedanke der Erfindung, eine Schliessdruckerhöhung mittels eines Zwischenkolbens zu erlangen, der bei Spritzende mit erhöhtem Druck auf die Ventilmadel wirkt, kann natürlich auch an einer Pumpedüse verwirklicht werden, die keinen Ausweichkolben aufweist, sondern unmittelbar mittels eines festen Pumpkolbens fördert oder bei einer Pumpedüse, bei der der Pumpkolben durch einen Servokolben grösseren Durchmessers angetrieben wird. Erfindungsgemäss kann der Zwischenkolben auch der Gestaltung des Einspritzgesetzes während des Öffnungshubes dienen. Entscheidend für dieses Ausführungsbeispiel ist, dass nach Förderende die genannte Schliessdruckerhöhung erfolgt.

