



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
05.02.2003 Patentblatt 2003/06

(51) Int Cl.7: **F02M 59/02**, F02M 59/36,
F02D 41/38, F02D 41/40

(21) Anmeldenummer: **02017324.1**

(22) Anmeldetag: **01.08.2002**

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

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

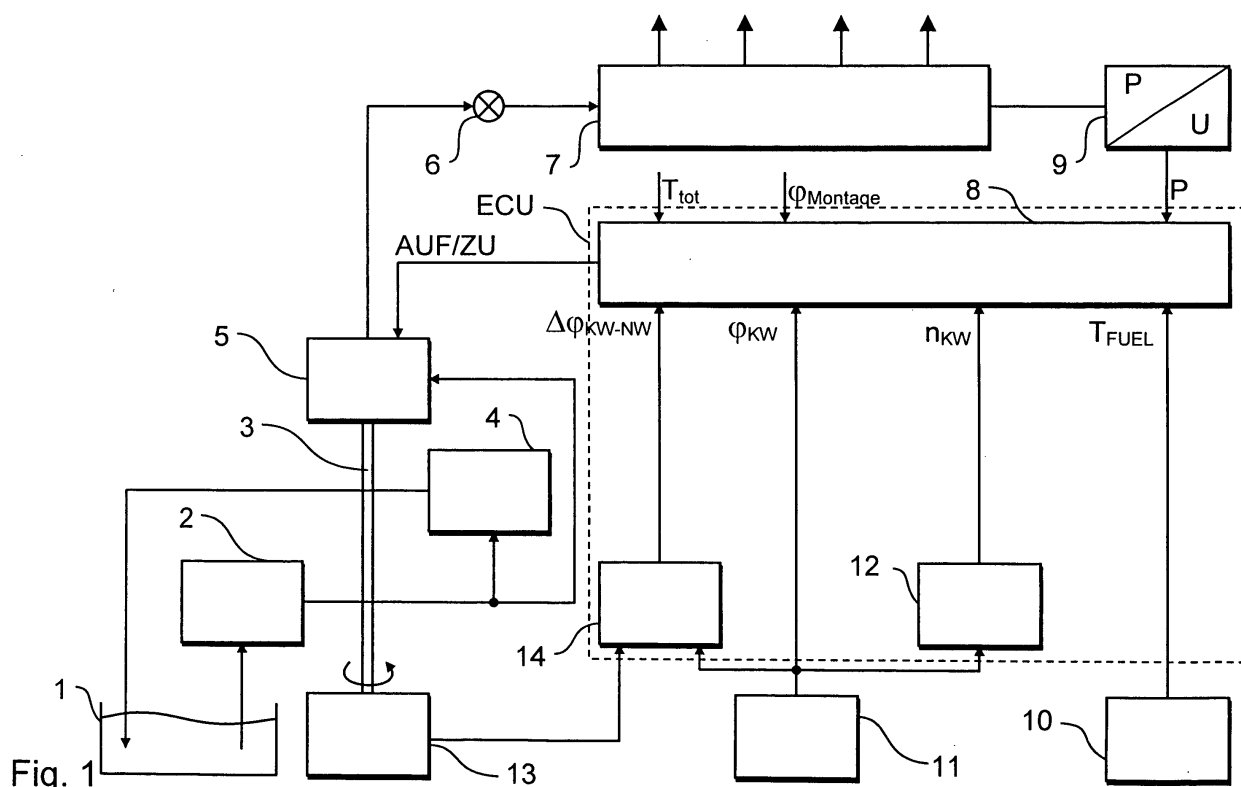
(72) Erfinder:
• **Eser, Gerhard**
93155 Hemau (DE)
• **Henn, Michael, Dr.**
93059 Regensburg (DE)

(30) Priorität: **02.08.2001 DE 10137869**

(54) **Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine und Verfahren zu deren Betrieb**

(57) Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoffpumpe (5) zur Förderung von Kraftstoff, mindestens einem Sensor (9,10,11,13) zur Erfassung einer Zustandsgröße der Einspritzanlage oder der Brennkraftmaschine und einer eingangsseitig mit dem Sensor verbundenen Steuereinrichtung (8) zur Steuerung

der Kraftstoffförderung in Abhängigkeit von der Zustandsgröße, wobei die Kraftstoffpumpe einen Steuereingang zur Steuerung der Förderleistung aufweist, während die Steuereinrichtung ausgangssseitig mit dem Steuereingang der Kraftstoffpumpe verbunden ist, so dass die Förderleistung der Kraftstoffpumpe von dem Steuersignal abhängt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zu deren Betrieb gemäß Anspruch 13.

[0002] Bekannte Einspritzanlagen für Brennkraftmaschinen weisen üblicherweise eine Niederdruckpumpe auf, die den einzuspritzenden Kraftstoff aus einem Kraftstoffbehälter ansaugt und an eine Hochdruckpumpe weiterleitet, die den zur Einspritzung in die Brennräume der Brennkraftmaschine erforderlichen Einspritzdruck erzeugt. Zwischen der Niederdruckpumpe und der Hochdruckpumpe ist üblicherweise ein Druckregler angeordnet, der beim Überschreiten eines vorgegebenen Kraftstoffdrucks in dem Niederdruckbereich zwischen der Niederdruckpumpe und der Hochdruckpumpe einen Teil des von der Niederdruckpumpe geförderten Kraftstoffstroms abzweigt und in den Kraftstoffbehälter zurückführt, so dass der Kraftstoffdruck in dem Niederdruckbereich annähernd konstant bleibt. Ausgangsseitig ist die Hochdruckpumpe mit einem Druckspeicher (engl. Common Rail) verbunden, aus dem die den einzelnen Brennräumen der Brennkraftmaschine zugeordneten Injektoren mit Kraftstoff versorgt werden. Darüber hinaus ist dem Druckspeicher ein Hochdruckregelventil nachgeordnet, das beim Überschreiten eines vorgegebenen Kraftstoffdrucks im Hochdruckbereich einen Teil des von der Hochdruckpumpe geförderten Kraftstoffstroms abzweigt und in den Kraftstoffbehälter oder in den Niederdruckbereich zurückführt, so dass der Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher annähernd konstant gehalten wird.

[0003] Nachteilig an derartigen bekannten Einspritzanlagen ist die Tatsache, dass zur Steuerung bzw. Regelung des Kraftstoffdrucks im Hochdruckbereich ein separates Hochdruckregelventil erforderlich ist. Ein weiterer Nachteil der vorstehend beschriebenen bekannten Einspritzanlage ist darin zu sehen, dass die Hochdruckpumpe unabhängig von dem tatsächlichen Kraftstoffbedarf stets eine vorgegebene Förderleistung aufbringt, die von deren Drehzahl abhängt. Die Hochdruckpumpe verbraucht deshalb im Teillastbereich der Brennkraftmaschine unnötige mechanische Antriebsleistung.

[0004] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, die eingangs beschriebene bekannte Einspritzanlage dahingehend zu verbessern, dass auf ein separates Hochdruckregelventil verzichtet werden kann und nach Möglichkeit keine unnötige mechanische Leistung zum Antrieb der Hochdruckpumpe verbraucht wird.

[0005] Die Aufgabe wird, ausgehend von der eingangs beschriebenen bekannten Einspritzanlage gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und hinsichtlich eines zugehörigen Betriebsverfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 13 gelöst.

[0006] Die Erfindung umfasst die allgemeine technische Lehre, den Kraftstoffdruck im Hochdruckbereich der Einspritzanlage am Ausgang der Hochdruckpumpe

nicht durch ein separates Hochdruckregelventil einzustellen, sondern statt dessen die Förderleistung der Hochdruckpumpe in Abhängigkeit von dem Betriebszustand der Einspritzanlage bzw. der Brennkraftmaschine zu steuern bzw. zu regeln.

[0007] Die erfindungsgemäße Einspritzanlage weist deshalb eine Kraftstoffpumpe mit einem Steuereingang zur Steuerung der Kraftstoffförderung auf, wobei der Steuereingang mit einer Steuereinrichtung verbunden ist, die mindestens einen Sensor zur Erfassung einer Zustandsgröße der Einspritzanlage oder der Brennkraftmaschine abfragt und die Kraftstoffpumpe in Abhängigkeit von der ermittelten Zustandsgröße mit einem entsprechenden Steuersignal ansteuert.

[0008] Bei der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt diese bedarfsgerechte Einstellung der Förderleistung bei der Hochdruckpumpe, jedoch kann das erfindungsgemäße Prinzip der bedarfsgerechten Steuerung der Förderleistung einer Kraftstoffpumpe auch oder nur auf eine Niederdruckpumpe angewendet werden.

[0009] Bei dem Sensor zur Erfassung einer Zustandsgröße der Einspritzanlage oder der Brennkraftmaschine kann es sich beispielsweise um einen Drehzahlsensor handeln, der die Drehzahl der Kurbelwelle oder der Nockenwelle der Brennkraftmaschine erfasst, so dass die Förderleistung der Kraftstoffpumpe drehzahlabhängig eingestellt wird.

[0010] Zusätzlich zu einem derartigen Drehzahlsensor oder anstelle eines Drehzahlsensors kann auch ein Temperatursensor verwendet werden, der die Kraftstofftemperatur erfasst, so dass die Steuereinrichtung die Förderleistung der Kraftstoffpumpe in Abhängigkeit von der Kraftstofftemperatur einstellt.

[0011] Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit, zusätzlich oder alleine einen Drucksensor vorzusehen, der den Kraftstoffdruck im Hochdruckbereich und/oder im Niederdruckbereich erfasst, so dass die Förderleistung der Kraftstoffpumpe in Abhängigkeit von dem Kraftstoffdruck eingestellt wird.

[0012] Bei Brennkraftmaschinen mit einer Nockenwellenverstellung besteht darüber hinaus die Möglichkeit, einen Drehwinkelsensor vorzusehen, der den Verdrehwinkel zwischen der Nockenwelle und der Kurbelwelle erfasst und die Kraftstoffpumpe entsprechend ansteuert. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn die Einstellung der Förderleistung der Kraftstoffpumpe durch ein Steuerventil erfolgt, das während des Förderhubs der Kraftstoffpumpe einen Rückfluss des Kraftstoffs in den Niederdruckbereich ermöglicht oder sperrt, da der Öffnungs- bzw. Schließwinkel eines derartigen Steuerventils mit der Kurbelwellenstellung synchronisiert werden muss.

[0013] Schließlich erfolgt die Ansteuerung der Kraftstoffpumpe vorzugsweise auch in Abhängigkeit von dem Einbauwinkel der Kraftstoffpumpe relativ zu der diese antreibende Kurbel- bzw. Nockenwelle, um die gewünschte Phasenlage einzustellen.

[0014] Ein weiterer wichtiger Faktor bei der Erzeugung des Steuersignals zur Ansteuerung der Kraftstoffpumpe ist die Totzeit des Steuerventils der Kraftstoffpumpe, d.h. die Zeitspanne zwischen dem Anlegen eines Steuersignals an das Steuerventil und der Einstellung des gewünschten Ventilzustandes.

[0015] Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet oder werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine erfindungsgemäße Einspritzanlage als Blockschaltbild,

Figuren 2a - 2c die Hochdruckpumpe der in Figur 1 dargestellten Einspritzanlage in verschiedenen Betriebszuständen sowie

Figur 3 Zeitdiagramme zur Verdeutlichung der Funktion der in Figur 1 dargestellten Einspritzanlage.

[0016] Die in Figur 1 dargestellte Einspritzanlage ist für eine Brennkraftmaschine mit vier Brennräumen vorgesehen und weist zur Förderung von Kraftstoff aus einem Kraftstoffbehälter 1 eine Niederdruckpumpe 2 auf, die von einem nicht dargestellten Elektromotor angetrieben wird. Der Antrieb der Niederdruckpumpe 2 ist jedoch auch durch eine Nockenwelle 3 der Brennkraftmaschine möglich.

[0017] Ausgangsseitig ist die Niederdruckpumpe 2 mit einem Niederdruckregler 4 verbunden, der beim Überschreiten eines vorgegebenen Kraftstoffdrucks in dem Niederdruckbereich am Ausgang der Niederdruckpumpe 2 einen Teil des von der Niederdruckpumpe 2 geförderten Kraftstoffstroms abzweigt und in den Kraftstoffbehälter 1 zurückführt, so dass der Kraftstoffdruck in dem Niederdruckbereich annähernd konstant gehalten wird.

[0018] Weiterhin ist die Niederdruckpumpe 2 ausgangsseitig mit einer Hochdruckpumpe 5 verbunden, die über Tassenstößel von der Nockenwelle 3 mechanisch angetrieben wird und die zur Einspritzung des Kraftstoffs in die Brennräume der Brennkraftmaschine erforderlichen Einspritzdruck erzeugt. Der Aufbau der Hochdruckpumpe 5 ist in den Figuren 2a - 2c schematisch dargestellt und wird noch eingehend erläutert.

[0019] Ausgangsseitig ist die Hochdruckpumpe 5 über ein Rückschlagventil 6 mit einem Druckspeicher 7 (Common Rail) verbunden, aus dem die den einzelnen Brennräumen der Brennkraftmaschine zugeordneten und hier nur schematisch dargestellten Injektoren den einzuspritzenden Kraftstoff entnehmen.

[0020] Weiterhin weist die erfindungsgemäße Einspritzanlage eine Steuereinrichtung 8 auf, welche die Aufgabe hat, die Förderleistung der Hochdruckpumpe

5 bedarfsgerecht so einzustellen, dass der Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 7 innerhalb einer vorgegebenen Bandbreite liegt. Hierzu ist die Steuereinrichtung 8 mit mehreren Sensoren verbunden, um Zustandsgrößen der Einspritzanlage bzw. der Brennkraftmaschine zu erfassen und die Förderleistung der Hochdruckpumpe 5 entsprechend bedarfsgerecht einstellen zu können.

[0021] So ist die Steuereinrichtung 8 eingangsseitig mit einem Drucksensor 9 verbunden, der den Kraftstoffdruck P in dem Druckspeicher 7 erfasst.

[0022] Weiterhin ist die Steuereinrichtung 8 eingangsseitig mit einem Temperatursensor 10 verbunden, der die Kraftstofftemperatur misst. Die Kraftstofftemperatur kann jedoch auch aufgrund anderer Betriebszustandsgrößen errechnet werden.

[0023] Ferner ist die Steuereinrichtung 8 eingangsseitig mit einem Drehwinkelsensor 11 verbunden, der den Drehwinkel φ_{KW} der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine erfasst, da die Winkelstellung der Kurbelwelle ein festes Bezugssystem zur Ansteuerung der Hochdruckpumpe 5 bildet.

[0024] Ausgangsseitig ist der Drehwinkelsensor 11 mit einer Recheneinheit 12 verbunden, die aus dem Drehwinkel φ_{KW} des Drehwinkelsensors 11 die Drehzahl n_{KW} der Kurbelwelle ermittelt und der Steuereinrichtung 8 zuführt.

[0025] Weiterhin weist die erfindungsgemäße Einspritzanlage einen Drehwinkelsensor 13 auf, der die Winkelstellung φ_{NW} der Nockenwelle 3 ermittelt. Dies ist wichtig, da sich die Nockenwelle 3 bei einer Nockenwellenverstellung relativ zu der Kurbelwelle verdreht, so dass die Ansteuerung der Hochdruckpumpe 5 entsprechend angepasst werden muss. Es ist deshalb eine Recheneinheit 14 vorgesehen, die eingangsseitig sowohl mit dem Drehwinkelsensor 11 für die Kurbelwelle als auch mit dem Drehwinkelsensor 13 für die Nockenwelle verbunden ist und den Verdrehwinkel $\Delta\varphi_{KW-NW}$ zwischen der Kurbelwelle und der Nockenwelle ermittelt.

[0026] Die beiden Drehwinkelsensoren 11, 13 liefern in Abhängigkeit von der jeweiligen Stellung zum Nockenwellengeberrad bzw. Kurbelwellengeberrad jeweils LOW- und HIGH-Pegel, aus denen der Nockenwellenwinkel bzw. der Kurbelwellenwinkel berechnet wird.

[0027] Im folgenden wird nun anhand der schematischen Darstellungen in den Figuren 2a - 2c der Aufbau der Hochdruckpumpe 5 beschrieben. So handelt es sich bei der Hochdruckpumpe 5 um eine Einzylinder-Kolbenpumpe mit einem Kolben 15, der in einem Zylinder von der Nockenwelle oszillierend bewegt wird. In dem Pumpengehäuse befindet sich zum einen ein Niederdruckanschluss zur Verbindung der Hochdruckpumpe 5 mit einem Niederdruckbereich 16, der zwischen der Niederdruckpumpe 2 und der Hochdruckpumpe 5 liegt. Zum anderen weist die Hochdruckpumpe 5 einen Hochdruckanschluss 17 auf, an dem die Hochdruckpumpe 5 mit dem Rückschlagventil 6 und dem Druckspeicher 7 verbunden ist.

[0028] Im Bereich des Niederdruckanschlusses der Hochdruckpumpe 5 ist ein Steuerventil 18 angeordnet, das die Strömungsverbindung zwischen dem Pumpengehäuse und dem Niederdruckbereich 16 in Abhängigkeit von einem Steuersignal freigeben oder sperren kann.

[0029] Schließlich weist die Hochdruckpumpe 5 noch ein Rückschlagventil 19 auf, das im Bereich des Hochdruckanschlusses angeordnet ist und ein Rückströmen von Kraftstoff aus dem stromabwärts der Hochdruckpumpe 5 gelegenen Hochdruckbereich in die Hochdruckpumpe 5 verhindert.

[0030] Im folgenden wird nun die Funktion der Hochdruckpumpe 5 beschrieben, wobei zunächst auf die in Figur 2a dargestellte Saugphase eingegangen wird. Während dieser Saugphase bewegt sich der Kolben 15 der Hochdruckpumpe abwärts, wobei das Steuerventil 18 geöffnet ist, so dass Kraftstoff aus dem Niederdruckbereich 16 in das Pumpengehäuse angesaugt wird, wohingegen das Rückschlagventil 19 verhindert, dass Kraftstoff aus dem Hochdruckbereich zurückfließen kann.

[0031] Im folgenden wird nun die in den Figuren 2b und 2c dargestellte Förderphase beschrieben, wobei Figur 2b einen Zustand der Hochdruckpumpe 5 zeigt, in dem kein Kraftstoff gefördert werden soll und die Hochdruckpumpe 5 entsprechend leer läuft. In diesem Zustand ist das Steuerventil 18 weiterhin geöffnet, so dass der Kolben 15 den in dem Pumpengehäuse befindlichen Kraftstoff beim Aufwärtshub zurück in den Niederdruckbereich 16 drückt. Wichtig ist hierbei, dass der Widerstand des Rückschlagventils 19 so groß ist, dass der in dem Niederdruckbereich 16 herrschende Kraftstoffdruck nicht ausreicht, um das Rückschlagventil 19 zu öffnen.

[0032] In dem in Figur 2c dargestellten Zustand der Hochdruckpumpe 5 ist das Steuerventil 18 dagegen geschlossen, so dass der Kolben 15 während seines Aufwärtshubs keinen Kraftstoff zurück in den Niederdruckbereich 16 drücken kann. Demzufolge steigt der Kraftstoffdruck in dem Pumpengehäuse der Hochdruckpumpe 5 während des Aufwärtshubs des Kolbens 15 so lange an, bis der Kraftstoffdruck ausreicht, um das Rückschlagventil 19 zu öffnen, woraufhin der Kraftstoff in den Hochdruckbereich 17 strömt.

[0033] Die Förderleistung der Hochdruckpumpe 5 wird also durch das Steuerventil 18 bestimmt, wobei die Förderleistung der Hochdruckpumpe 5 maximal ist, wenn das Steuerventil 18 während des gesamten Aufwärtshubs des Kolbens 15 geschlossen ist, wohingegen die Förderleistung der Hochdruckpumpe 5 minimal ist, wenn das Steuerventil 18 während des gesamten Aufwärtshubs des Kolbens 15 geöffnet wird.

[0034] Im folgenden wird nun unter Bezugnahme auf Figur 3 die Ansteuerung des Steuerventils 18 der Hochdruckpumpe 5 beschrieben, wobei das obere Diagramm in Figur 3 die oszillierende Bewegung des Kolbens 15 der Hochdruckpumpe 5 zeigt, während das

mittlere Diagramm in Figur 3 das von der Steuereinrichtung 8 erzeugte Steuersignal 20 zur Ansteuerung des Steuerventils 18 der Hochdruckpumpe zeigt. Ein High-Pegel des Steuersignals 20 bewirkt hierbei ein Schließen des Steuerventils 18, wohingegen ein Low-Pegel des Steuersignals 20 ein Öffnen des Steuerventils 18 der Hochdruckpumpe 5 bewirkt. Schließlich zeigt das untere Diagramm in Figur 3 den tatsächlichen Zustand 21 des Steuerventils 18, wobei erkennbar ist, dass das Steuerventil 18 dem Steuersignal 20 aufgrund mechanischer Trägheit nur verzögert folgt. Die Zeitverzögerung zwischen dem Steuersignal 20 und dem tatsächlichen Zustand 21 des Steuerventils 18 beträgt hierbei rund 1 ms, wobei die Öffnungstotzeit $T_{\text{tot,auf}}$ und die Schließtotzeit $T_{\text{tot,zu}}$ nicht identisch sind.

[0035] Aus Figur 3 ist erkennbar, dass das Steuersignal 20 gegen Ende der Druckphase so rechtzeitig wieder einen Low-Pegel annimmt, dass das Steuerventil 19 zu Beginn der folgenden Saugphase wieder geöffnet ist, damit Kraftstoff aus dem Niederdruckbereich 16 angesaugt werden kann. Die Zeitdauer, für die das Steuerventil 18 während der Druckphase geschlossen ist, bestimmt hierbei die Förderleistung der Hochdruckpumpe 5.

[0036] Die Schließzeit t_{ZU} und die Öffnungszeit t_{AUF} für das Steuersignal 20 wird hierbei von der Steuereinrichtung 8 bedarfsgerecht entsprechend folgenden Formeln berechnet:

$$t_{\text{AUF}} = f_1 (\varphi_{\text{Montage}}, T_{\text{tot}}, \Delta\varphi_{\text{KW-NW}}, \varphi_{\text{KW}})$$

$$t_{\text{ZU}} = f_2 (F_{\text{Soll}}, T_{\text{tot}}, t_{\text{AUF}}),$$

wobei F_{Soll} der vorgegebene Kraftstoffbedarf ist, der durch die elektronische Motorsteuerung vorgegeben wird, die hier zur Vereinfachung nicht dargestellt ist.

[0037] Die vorstehend aufgeführten Formeln gelten nur für einen bestimmten Pumpentyp, wobei zwischen verschiedenen Pumpentypen Variationen möglich sind. Wesentlich ist aber, daß die zu fördernde Kraftstoffmasse vorzugsweise einem Schließbereich des Steuerventils 18 während der Druckphase entspricht.

[0038] Die Erfindung ist nicht auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Vielmehr ist eine Vielzahl von Varianten und Abwandlungen denkbar, die ebenfalls von dem Erfindungsgedanken Gebrauch machen und deshalb in den Schutzbereich fallen.

Bezugszeichenliste

[0039]

- 1 Kraftstoffbehälter
- 2 Niederdruckpumpe
- 3 Nockenwelle

- 4 Niederdruckregler
- 5 Hochdruckpumpe
- 6 Rückschlagventil
- 7 Druckspeicher
- 8 Steuereinrichtung
- 9 Drucksensor
- 10 Temperatursensor
- 11 Drehwinkelsensor (Kurbelwellensensor)
- 12 Recheneinheit
- 13 Drehwinkelsensor (Nockenwellensensor)
- 14 Recheneinheit
- 15 Kolben
- 16 Niederdruckbereich
- 17 Hochdruckbereich
- 18 Steuerventil
- 19 Rückschlagventil
- 20 Steuersignal
- 21 Zustand des Steuerventils 18

Patentansprüche

1. Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoffpumpe (5) zur Förderung von Kraftstoff, mindestens einem Sensor (9, 10, 11, 13) zur Erfassung einer Zustandsgröße der Einspritzanlage oder der Brennkraftmaschine und einer eingangsseitig mit dem Sensor (9, 10, 11, 13) verbundenen Steuereinrichtung (8) zur Steuerung der Kraftstoffförderung in Abhängigkeit von der Zustandsgröße,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kraftstoffpumpe (5) einen Steuereingang zur Steuerung der Förderleistung aufweist, wobei die Steuereinrichtung (8) ausgangsseitig mit dem Steuereingang der Kraftstoffpumpe (5) verbunden ist, so dass die Förderleistung der Kraftstoffpumpe (5) von dem Steuersignal abhängt.
2. Einspritzanlage nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kraftstoffpumpe (5) ein Steuerventil (18) aufweist, das die Förderleistung der Kraftstoffpumpe (5) bestimmt und von dem Steuersignal angesteuert wird.
3. Einspritzanlage nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Steuerventil (18) in Abhängigkeit von dem Steuersignal entweder eine Öffnungsstellung oder eine Schließstellung einnimmt, wobei das Steuersignal binär ist.
4. Einspritzanlage nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kraftstoffpumpe (5) einen Niederdruckanschluss zur Ansaugung von Kraftstoff aus einem

Niederdruckbereich (16) und einen Hochdruckanschluss zur Abgabe von Kraftstoff in einen stromabwärts des Niederdruckbereichs befindlichen Hochdruckbereich (17) aufweist, wobei im Bereich des Hochdruckanschlusses (17) ein Rückschlagventil (15) angeordnet ist, das ein Rückströmen von Kraftstoff aus dem Hochdruckbereich (17) in den Niederdruckbereich (16) verhindert, während das Steuerventil (18) im Bereich des Niederdruckanschlusses angeordnet ist.

5. Einspritzanlage nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch
einen Drehzahlsensor (11, 12) zur Erfassung der Drehzahl einer Kurbelwelle oder einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine als Zustandsgröße der Brennkraftmaschine, wobei der Drehzahlsensor (11, 12) ausgangsseitig mit der Steuereinrichtung (8) verbunden ist, so dass das Steuersignal für die Kraftstoffpumpe (5) von der Drehzahl abhängt.
6. Einspritzanlage nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch
einen Temperatursensor (10) zur Erfassung der Temperatur des Kraftstoffs als Zustandsgröße der Einspritzanlage, wobei der Temperatursensor (10) ausgangsseitig mit der Steuereinrichtung (8) verbunden ist, so dass das Steuersignal für die Kraftstoffpumpe (5) von der gemessenen Temperatur abhängt.
7. Einspritzanlage nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch
einen Drucksensor (9) zur Erfassung des Kraftstoffdrucks als Zustandsgröße der Einspritzanlage, wobei der Drucksensor (9) ausgangsseitig mit der Steuereinrichtung (8) verbunden ist, so dass das Steuersignal für die Kraftstoffpumpe (5) von dem Kraftstoffdruck abhängt.
8. Einspritzanlage nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch
einen ersten Drehwinkelsensor (11, 13, 14) zur Erfassung des Verdrehwinkels zwischen der Kurbelwelle und der Nockenwelle als Zustandsgröße der Brennkraftmaschine, wobei der erste Drehwinkelsensor (11, 13, 14) ausgangsseitig mit der Steuereinrichtung (8) verbunden ist, so dass das Steuersignal für die Kraftstoffpumpe (5) von dem Verdrehwinkel zwischen der Kurbelwelle und der Nockenwelle abhängt.
9. Einspritzanlage nach mindestens einem der vor-

hergehenden Ansprüche,

gekennzeichnet durch

einen zweiten Drehwinkelsensor (11) zur Erfassung des Drehwinkels der Kurbelwelle oder der Nockenwelle, wobei der zweite Drehwinkelsensor ausgangsseitig mit der Steuereinrichtung (8) verbunden ist, so dass das Steuersignal für die Kraftstoffpumpe (5) mit der Winkelstellung der Kurbelwelle oder der Nockenwelle synchron ist.

10. Einspritzanlage nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kraftstoffpumpe (5) eine Hochdruckpumpe ist.

11. Einspritzanlage nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kraftstoffpumpe eine Einzylinderpumpe ist.

12. Einspritzanlage nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kraftstoffpumpe ausgangsseitig mit einem Druckspeicher (7) verbunden ist.

13. Verfahren zum Betrieb einer Einspritzanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit folgenden Schritten:

- Erfassung mindestens einer Zustandsgröße der Einspritzanlage oder der Brennkraftmaschine,
- Bestimmung eines Steuersignals in Abhängigkeit von der Zustandsgröße,
- Ansteuerung der Kraftstoffpumpe (5) mit dem Steuersignal.

14. Verfahren nach Anspruch 13,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Einbauwinkel der Kraftstoffpumpe (5) relativ zu der Kurbelwelle oder der Nockenwelle ermittelt wird und das Steuersignal für die Kraftstoffpumpe (5) in Abhängigkeit von dem ermittelten Einbauwinkel bestimmt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Totzeit des Steuerventils der Kraftstoffpumpe (5) ermittelt wird und das Steuersignal für die Kraftstoffpumpe (5) in Abhängigkeit der Totzeit des Steuerventils (18) bestimmt wird.

16. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 15,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Drehzahl der Nockenwelle oder der Kurbelwelle ermittelt wird und das Steuersignal in Abhängigkeit von der ermittelten Drehzahl bestimmt wird.

17. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 16,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kraftstofftemperatur ermittelt wird und das Steuersignal für die Kraftstoffpumpe (5) in Abhängigkeit von der ermittelten Kraftstofftemperatur bestimmt wird.

18. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 17,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Kraftstoffdruck ermittelt wird und das Steuersignal für die Kraftstoffpumpe (5) in Abhängigkeit von dem ermittelten Kraftstoffdruck bestimmt wird.

19. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 18,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Verdrehwinkel zwischen der Kurbelwelle und der Nockenwelle ermittelt wird und das Steuersignal für die Kraftstoffpumpe (5) in Abhängigkeit von dem ermittelten Verdrehwinkel bestimmt wird.

20. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 16,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Phasenwinkel der Kurbelwelle oder der Nockenwelle ermittelt wird und das Steuersignal für die Kraftstoffpumpe (5) in Abhängigkeit von der ermittelten Phasenlage bestimmt wird.

21. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 17,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein Öffnungswinkel für das Steuerventil (18) in Abhängigkeit von dem Einbauwinkel der Kraftstoffpumpe (5) relativ zu der Nockenwelle oder der Kurbelwelle, der Totzeit des Steuerventils (18), dem Verdrehwinkel zwischen der Kurbelwelle und der Nockenwelle und/oder dem Winkel der Kurbelwelle festgelegt wird,

dass ein Schließwinkel für das Steuerventil (18) in Abhängigkeit von einer vorgegebenen gewünschten Kraftstoffförderung, der Totzeit des Steuerventils (18) und/oder dem Öffnungswinkel des Steuerventils (18) festgelegt wird,

dass das Steuersignal für das Steuerventil (18) in Abhängigkeit von dem Öffnungswinkel und dem Schließwinkel bestimmt wird.

22. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Batteriespannung ermittelt wird und das Steuersignal in Abhängigkeit von der Batteriespannung bestimmt wird.

5

10

15

20

25

30

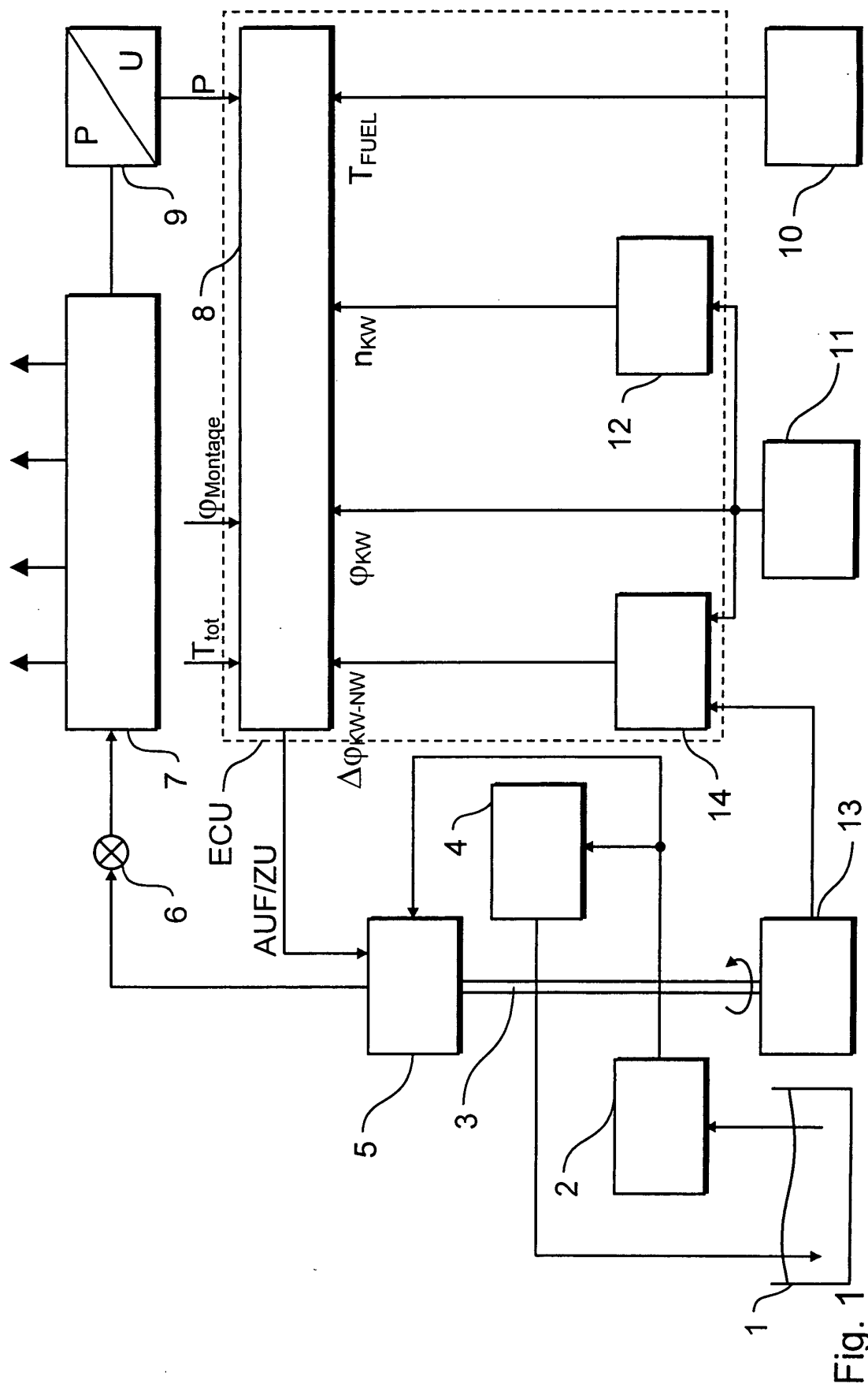
35

40

45

50

55



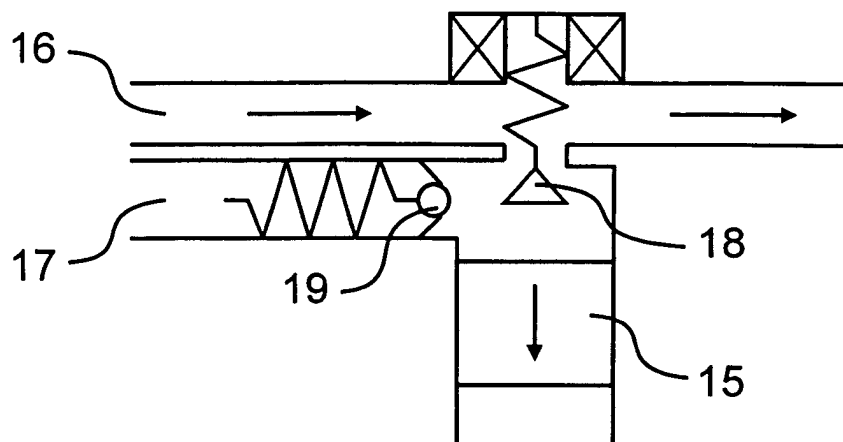


Fig. 2a

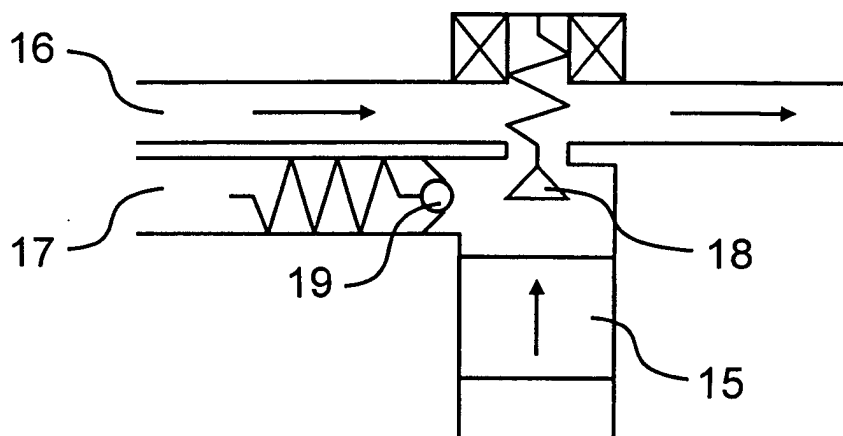


Fig. 2b

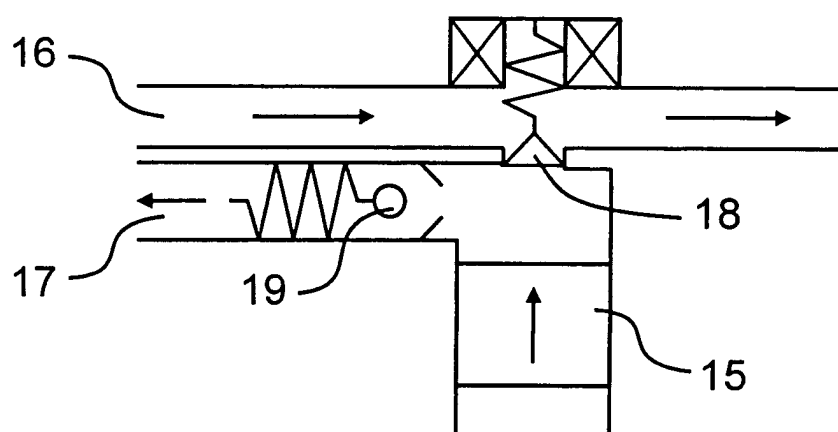


Fig. 2c

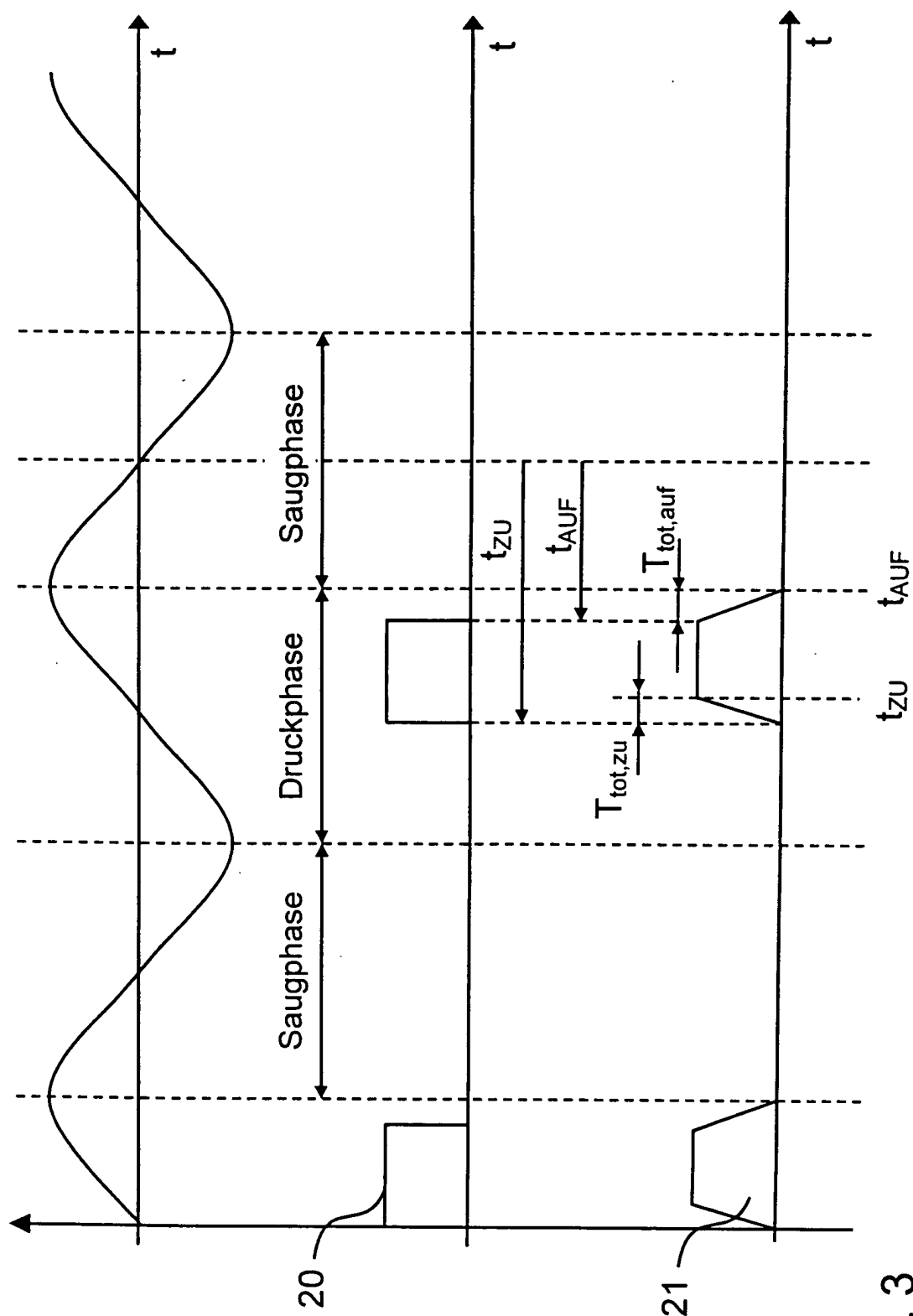


Fig. 3