



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
10.05.2006 Patentblatt 2006/19

(51) Int Cl.:  
F02M 59/10<sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: 05108994.4

(22) Anmeldetag: 29.09.2005

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

(72) Erfinder:  
• Schmidt, Bruno  
70372, Stuttgart (DE)  
• Schumacher, Matthias  
71679, Asperg (DE)  
• Mueller, Uwe  
71282, Hemmingen (DE)  
• Smetana, Stefan  
5020, Salzburg (AT)

(30) Priorität: 04.11.2004 DE 102004053278

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

(54) **Verfahren zum Betreiben eines Kraftstoffsystems einer Brennkraftmaschine, sowie Kraftstoffsystem**

(57) Bei einem Kraftstoffsystem einer Brennkraftmaschine wird mindestens ein Verdrängungselement einer Kraftstoffpumpe von einer Antriebseinrichtung angetrieben. Das Verdrängungselement führt innerhalb eines Förderzyklus eine Verdrängungsbewegung (56) und eine Saugbewegung (54) aus. Während der Verdrängungsbewegung (56) kann eine Förderphase vorliegen,

während der Kraftstoff in einen Hochdruckbereich gefördert wird. Es wird vorgeschlagen, dass das Verdrängungselement so angetrieben wird, das während der Verdrängungsbewegung (56) eine Phase (B) mit gleichzeitig im wesentlichen konstanter und in Verdrängungsrichtung im wesentlichen maximaler Geschwindigkeit (62) des Verdrängungselements (38) vorliegt.

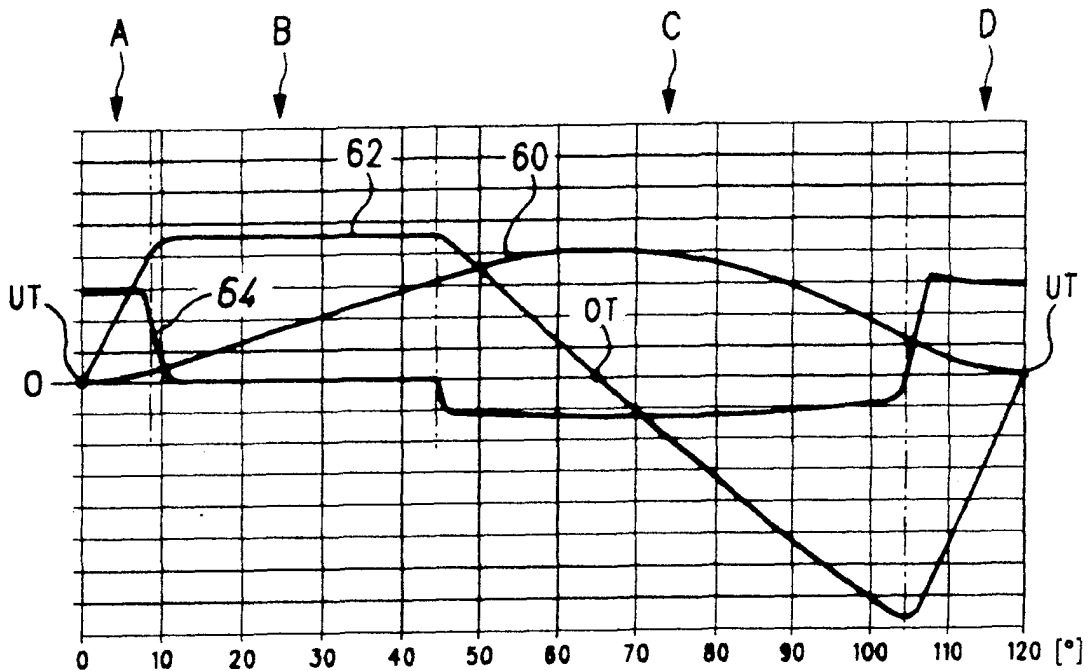


Fig. 4

## Beschreibung

### Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zum Betreiben eines Kraftstoffsystems einer Brennkraftmaschine, bei dem mindestens ein Verdrängungselement einer Kraftstoffpumpe von einer Antriebseinrichtung angetrieben wird und innerhalb eines Förderzyklus eine Verdrängungs- und eine Saugbewegung ausführt, und bei dem während der Verdrängungsbewegung eine Förderphase vorliegen kann, während der Kraftstoff in einen Hochdruckbereich gefördert wird.

**[0002]** Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein Kraftstoffsystem, mit einer Kraftstoffpumpe mit mindestens einem Verdrängungselement, welches von einer Nockeneinrichtung angetrieben wird.

**[0003]** Ein Verfahren und ein Kraftstoffsystem der eingangs genannten Art sind vom Markt her bekannt. Sie kommen bei Kraftstoffsystemen von Brennkraftmaschinen mit Kraftstoff-Direkteinspritzung zum Einsatz. Dabei fördert die Kraftstoffpumpe in eine Kraftstoff-Sammelleitung (Common-Rail), in der der Kraftstoff unter hohem Druck gespeichert ist. Bei der bekannten Kraftstoffpumpe handelt es sich um eine Kraftstoffpumpe, deren Verdrängungselement durch einen Kolben gebildet ist, der von einer Nockenwelle angetrieben wird.

**[0004]** Zur Einstellung der Fördermenge ist ein Mengensteuerventil vorgesehen, welches während einer Förderbewegung des Kolbens den Förderraum zeitweise mit einem einlassseitigen Niederdruckbereich verbinden kann. Aus der DE 100 52 629 A1 ist bekannt, dass das Mengensteuerventil zu Beginn einer Förderbewegung des Kolbens geschlossen ist, so dass in die Kraftstoff-Sammelleitung gefördert wird und dass, abhängig von der zu fördernden Kraftstoffmenge, das Mengensteuerventil im Verlauf der Förderbewegung öffnet, so dass der Kraftstoff nicht mehr in die Kraftstoff-Sammelleitung, sondern zurück in den Niederdruckbereich gefördert wird. Vom Markt her bekannt ist auch, dass das Mengensteuerventil zu Beginn der Förderbewegung geöffnet ist, so dass zunächst nicht in die Kraftstoff-Sammelleitung gefördert wird. Im Verlauf der Verdrängungsbewegung schließt das Mengensteuerventil, so dass ab diesem Zeitpunkt in die Kraftstoff-Sammelleitung bzw. den Hochdruckbereich gefördert werden kann.

**[0005]** Als allgemeiner Stand der Technik sei ferner auf die EP 1 072 787 A2, die EP 0 481 964 A2 und die DE 42 23 728 A1 verwiesen.

**[0006]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und ein Kraftstoffsystem der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass ein entsprechendes Kraftstoffsystem preiswert und kompakt gebaut und problemlos hergestellt werden kann.

**[0007]** Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass das Verdrängungselement so angetrieben wird, dass während der Verdrängungsbewegung eine Phase mit gleichzeitig

im wesentlichen konstanter und in Verdrängungsrichtung im wesentlichen maximaler Geschwindigkeit des Verdrängungselements vorliegt. Bei einem Kraftstoffsystem der eingangs genannten Art wird die gestellte Aufgabe dadurch gelöst, dass das Verdrängungselement nach dem oben beschriebenen Verfahren arbeitet.

### Vorteile der Erfindung

**[0008]** Dadurch, dass die maximale Geschwindigkeit des Verdrängungselements während einer Verdrängungsbewegung während eines gewissen Zeitraums konstant vorliegt, kann der Betrag der maximalen Geschwindigkeit bei einem vorgegebenen Hub des Verdrängungselements vergleichsweise niedrig gehalten werden. Eine niedrige Maximalgeschwindigkeit des Verdrängungselements während der Verdrängungsbewegung hat jedoch gleich mehrere Vorteile: zum Einen werden hierdurch Druckpulsationen während der Verdrängungsbewegung reduziert. Die entsprechenden Komponenten stromabwärts und/oder stromaufwärts von der Kraftstoffpumpe können daher weniger hohen Festigkeitsanforderungen genügen und somit kompakter und preiswerter gebaut werden.

**[0009]** Aufgrund der vergleichsweise geringen Geschwindigkeit des Verdrängungselements während der Verdrängungsbewegung ergibt sich an einem geöffneten Ventil, durch welches der Kraftstoff aus dem Förderraum der Kraftstoffpumpe abströmt, eine geringere Strömungsgeschwindigkeit des Kraftstoffs und eine entsprechend geringere auf das Ventil wirkende Strömungskraft. Auch das Ventil selbst kann daher kleiner und einfacher bauen und somit preisgünstig hergestellt werden.

**[0010]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

**[0011]** In einer ersten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird vorgeschlagen, dass die Phase mit im wesentlichen konstanter Geschwindigkeit mindestens ungefähr 50 % der Phase der Verdrängungsbewegung einnimmt. Ab dieser Dauer der Phase mit konstanter Geschwindigkeit ist die Reduktion der Pulsationen stromaufwärts und/oder stromabwärts von der Kraftstoffpumpe besonders signifikant, ebenso wie die Reduktion der Strömungskräfte, die auf ein den Förderraum begrenzendes Ventil einwirken.

**[0012]** Optimal ist es, wenn die Phase mit konstanter und maximaler Geschwindigkeit des Verdrängungselements möglichst lange dauert. Je länger diese Phase jedoch dauert, umso größer muss die positive Beschleunigung sein, mit der das Verdrängungselement ausgehend vom unteren Totpunkt auf die besagte Geschwindigkeit gebracht wird. Eine hohe Beschleunigung des Verdrängungselements führt jedoch zu hohen Kräften zwischen dem Verdrängungselement und der Antriebseinrichtung, mit welcher das Verdrängungselement angetrieben wird. Wenn eine Phase, in der das Verdrängungselement auf die im wesentlichen konstante Geschwindigkeit positiv beschleunigt wird, höchstens un-

gefähr 15 % der Phase der Verdrängungsbewegung einnimmt, sind die zwischen Verdrängungselement und Antriebseinrichtung wirkenden Kräfte noch ausreichend gering bei gleichzeitig so ausreichend hoher Beschleunigung, dass eine lange Phase mit konstanter und maximaler Geschwindigkeit des Verdrängungselements erzielt werden kann.

**[0013]** Dabei ist es vorteilhaft, wenn die positive Beschleunigung im wesentlichen konstant ist, da hierdurch die Kräfte zwischen dem Verdrängungselement und der Antriebseinrichtung vergleichsweise gering gehalten werden können. Ein ähnlicher Effekt ergibt sich dann, wenn die Geschwindigkeit des Verdrängungselements mit im wesentlichen konstanter negativer Beschleunigung von der maximalen Geschwindigkeit abfällt.

**[0014]** Besonders vorteilhaft ist auch, wenn der Betrag einer mittleren positiven Beschleunigung, mit der das Verdrängungselement auf die im wesentlichen konstante maximale Geschwindigkeit beschleunigt wird, größer ist als der Betrag einer mittleren negativen Beschleunigung, mit der das Verdrängungselement von der im wesentlichen konstanten Geschwindigkeit abgebremst wird. Dem liegt die Überlegung zu Grunde, dass bei üblichen Pumpen das Verdrängungselement von einer Spanneinrichtung gegen die Antriebseinrichtung, beaufschlagt wird. Hierdurch soll verhindert werden, dass im Bereich negativer Beschleunigungen das Verdrängungselement vom Antriebselement abhebt. Die von der Antriebseinrichtung weg und auf das Verdrängungselement einwirkende Massenträgheitskraft ist dabei umso höher, je höher diese negative Beschleunigung ist. Durch eine Verringerung dieser negativen Beschleunigung kann daher diese Massenträgheitskraft reduziert werden. Dies ermöglicht wiederum eine Verkleinerung der besagten Spanneinrichtung, was insgesamt der Kompaktheit der Kraftstoffpumpe zugute kommt.

**[0015]** Eine vergleichsweise geringe negative Beschleunigung hat noch einen weiteren Vorteil: eine große negative Beschleunigung im Bereich des oberen Totpunktes des Verdrängungselements würde bei einer entsprechenden Antriebseinrichtung, beispielsweise einem Antriebsnocken, in diesem Bereich einen vergleichsweise kleinen Krümmungsradius erfordern. Dieser hätte wiederum eine hohe Flächenpressung zwischen dem Verdrängungselement und der Antriebseinrichtung zur Folge. Durch die Reduzierung der negativen Beschleunigung wird somit die Flächenpressung zwischen dem Verdrängungselement und der Antriebseinrichtung im Bereich des oberen Totpunktes reduziert, was wiederum den Aufbau der Kraftstoffpumpe vereinfacht und deren Lebensdauer erhöht.

**[0016]** Dabei hat es sich als besonders günstig herausgestellt, wenn der Betrag der mittleren positiven Beschleunigung mindestens um einen Faktor 2 größer ist als der Betrag der mittleren negativen Beschleunigung. Hierdurch ergibt sich eine ausreichend lange Phase mit konstanter maximaler Geschwindigkeit des Verdrängungselements bei gleichzeitig nicht zu hohen Anforderun-

gen an die Strukturfestigkeit insbesondere im Bereich der Schnittstelle zwischen Verdrängungselement und Antriebseinrichtung.

**[0017]** Besonders günstig ist es ferner, wenn das Verdrängungselement von einer Nockeneinrichtung angetrieben und der Verlauf einer negativen Beschleunigung, mit der das Verdrängungselement von der im wesentlichen konstanten Geschwindigkeit abgebremst wird, so gewählt ist, dass ein sich hieraus über den Drehwinkel der Nockeneinrichtung ergebender Verlauf einer auf das Verdrängungselement wirkenden Massenkraft wenigstens in etwa und wenigstens im Bereich des oberen Totpunktes des Verdrängungselements dem Verlauf einer auf das Verdrängungselement zur Nockeneinrichtung hin wirkenden Federkraft, gegebenenfalls unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors, entspricht. In diesem Bereich wird also der Beschleunigungsverlauf des Verdrängungselements dem Kraftverlauf der auf das Verdrängungselement wirkenden Federkraft angepasst. Somit wird diese Federkraft über einen vergleichsweise weiten Bereich optimal ausgenutzt. Dies gestattet wiederum eine Verlängerung jener Phase, in der die Geschwindigkeit des Verdrängungselements maximal und konstant ist, was wiederum der Reduzierung der maximalen Geschwindigkeit zugute kommt.

**[0018]** Besonders vorteilhaft ist es ferner, wenn die Dauer der Verdrängungsbewegung innerhalb eines Förderzyklus größer ist als die Dauer der Saugbewegung. Eine solche asymmetrische Auslegung der Hubkurve des Verdrängungselements bedeutet eine Verschiebung des oberen Totpunktes hin zu einem größeren Drehwinkel der Antriebseinrichtung. Eine Verlängerung der Dauer der Verdrängungsbewegung gestattet eine nochmalige Reduktion der Maximalgeschwindigkeit des Verdrängungselements während der Verdrängungsbewegung. Dabei wird in konkreter Ausgestaltung vorgeschlagen, dass die Dauer der Verdrängungsbewegung mindestens 15 % größer ist als die Dauer der Saugbewegung.

**[0019]** Besonders prägnant sind die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens dann, wenn der Beginn der Förderphase von einer steuerbaren Ventileinrichtung abhängt, welche einen Förderraum der Kraftstoffpumpe zwangsweise mit einem Niederdruckbereich verbinden kann. Würde der Beginn der Förderphase in eine Betriebsphase der Kraftstoffpumpe fallen, in der sich das Verdrängungselement mit hoher Geschwindigkeit bewegt, käme es zu einer besonders starken Pulsationsanregung in den Hochdruckbereich des Kraftstoffsystems. Durch die Begrenzung der Geschwindigkeit des Verdrängungselements werden diese Pulsationsanregungen daher besonders deutlich reduziert.

**[0020]** Dabei hat diese Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens noch einen weiteren Vorteil: wenn der Förderraum der Kraftstoffpumpe über die steuerbare Ventileinrichtung mit dem Niederdruckbereich verbunden ist, wird der Kraftstoff aus dem Förderraum über die Ventileinrichtung in den Niederdruckbereich ausgestoßen. Entsprechend wirkt auf die Ventileinrichtung eine

Strömungskraft. Bei einer stromlos geschlossenen Ventileinrichtung wirkt sich die Strömungskraft direkt auf die benötigte Kraft zum Offenhalten aus. Durch eine Reduzierung der Strömungskraft wird also auch diese benötigte Kraft zum Offenhalten reduziert, was die Verwendung einer kleineren Betätigungseinrichtung bei der Ventileinrichtung ermöglicht. Bei einer stromlos offenen Ventileinrichtung erfordert die hohe Strömungskraft eine hohe Federkraft zum Offenhalten der Ventileinrichtung und eine in der Folge hohe Betätigungskraft zum Schließen der Ventileinrichtung. Auch hier führt daher die Reduzierung der Strömungskraft zu einer kompakteren Bauweise der Ventileinrichtung.

#### Zeichnungen

**[0021]** Nachfolgend wird ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung eines Kraftstoffsystems einer Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoffhochdruckpumpe und einem Mengensteuerventil;
- Figur 2 eine schematische Darstellung der Kraftstoffhochdruckpumpe und des Mengensteuerventils von Figur 1 während unterschiedlicher Betriebszustände;
- Figur 3 eine vergrößerte Darstellung eines Nockens, mit dem ein Verdrängungselement der Kraftstoffhochdruckpumpe von Figur 2 angetrieben wird;
- Figur 4 ein Diagramm, in dem ein Hub, eine Geschwindigkeit, und eine Beschleunigung des Verdrängungselements der Kraftstoffhochdruckpumpe von Figur 1 über dem Drehwinkel des Nockens von Figur 3 aufgetragen sind;
- Figur 5 ein Diagramm, in dem eine auf das Verdrängungselement der Kraftstoffhochdruckpumpe von Figur 1 wirkende Massenkraft und einer Federkraft über dem Drehwinkel des Nockens von Figur 3 aufgetragen sind; und
- Figur 6 ein Diagramm, in dem ein Krümmungsradius des Nockens von Figur 3 über seinem Drehwinkel aufgetragen ist.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0022]** In Figur 1 trägt ein Kraftstoffsystem insgesamt das Bezugszeichen 10. Es umfasst einen Kraftstoffbehälter 12, aus dem eine elektrisch angetriebene Vorförderpumpe 14 den Kraftstoff in eine Niederdruckleitung

16 fördert. Diese führt zu einem Einlass 18 einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe 20, die mechanisch von einer im Einzelnen nicht dargestellten Brennkraftmaschine angetrieben wird. Die mechanische Verbindung trägt in Figur 1 das Bezugszeichen 22. Ein Auslass 24 der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 20 führt zu einer Kraftstoff-Sammelleitung 26, die auch als "Common-Rail" bezeichnet wird und in der der Kraftstoff unter hohem Druck gespeichert ist. An die Kraftstoff-Sammelleitung 26 sind mehrere Injektoren 28 angeschlossen, die den Kraftstoff in ihnen zugeordnete Brennräume 30 einspritzen. Die von der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 20 zur Kraftstoff-Sammelleitung 26 geförderte Kraftstoffmenge wird unter anderem von einer als Mengensteuerventil bezeichneten Ventileinrichtung 32 eingestellt, wie nun unter Bezugnahme auf Figur 2 im Detail erläutert wird:

**[0023]** Wie aus Figur 2 hervorgeht, umfasst die Hochdruck-Kraftstoffpumpe 20 ein Gehäuse 34, in dem ein Förderraum 36 und ein Verdrängungselement in Form eines Kolbens 38 vorhanden sind. Dieser wird von einer Kolbenfeder 40 über eine Rolle 42 gegen eine Nocken-einrichtung 44 beaufschlagt. Diese umfasst drei im Winkel von 120° zueinander angeordnete Nocken 46, von denen jedoch nur einer mit einem Bezugszeichen versehen ist.

**[0024]** Der Förderraum 36 kann über ein federbelastetes Auslassventil 48 mit dem Auslass 24 verbunden werden. Das Mengensteuerventil 32 ist gleichzeitig das Einlassventil, durch welches zumindest zeitweise die Niederdruckleitung 16 mit dem Förderraum 36 verbunden werden kann. Hierzu verfügt das Mengensteuerventil 32 über eine elektromagnetische Betätigungseinrichtung 50 und eine Zug-Ventilfeder 52.

**[0025]** Im stromlosen Zustand ist das Mengensteuer- bzw. Einlassventil 32 unter der Wirkung der Zugfeder 52 geschlossen. Während einer Saugbewegung des Kolbens 38 (Bezugszeichen 54 in Figur 2) wird das Mengensteuerventil 32 durch Bestromung der elektromagnetischen Betätigungseinrichtung 50 gegen die Kraft der Ventilfeder 52 und aufgrund der Druckdifferenz zwischen dem Einlass 18 und dem Förderraum 36 geöffnet, so dass Kraftstoff vom Einlass 18 in den Förderraum 36 gelangen kann (linke Darstellung der Pumpe 20 in Figur 2). Das Auslassventil 24 ist währenddessen geschlossen.

**[0026]** Zu Beginn einer Verdrängungsbewegung (Bezugszeichen 56 und mittlere Darstellung der Pumpe 20 in Figur 2) ist das Mengensteuerventil 32 durch eine Bestromung der elektromagnetischen Betätigungseinrichtung 50 weiterhin zwangsweise geöffnet, so dass der Kraftstoff nicht zum Auslass 24, sondern zurück zum Einlass 18 in die Niederdruckleitung 16 ausgestoßen wird. Während der eigentlichen Förderphase, während der Kraftstoff über das Auslassventil 48 zum Auslass 24 und weiter in die Kraftstoff-Sammelleitung 26 gefördert wird, wird das Mengensteuerventil 32 geschlossen (Bezugszeichen 58 und rechte Darstellung der Pumpe 20 in Figur 2). Eine komplette Saug- und Verdrängungsbewegung

ergeben einen Förderzyklus 59.

**[0027]** Wie oben erwähnt wurde, weist die Nockeneinrichtung 44 insgesamt drei Nocken 46 auf, deren Bahnkurve wiederum jeweils in vier Bereiche A, B, C und D unterteilt werden kann. Diese Bereiche sind in den Figuren 3 bis 6 durch doppelt strichpunktierte Linien voneinander getrennt. In Figur 4 ist eine den Hub des Kolbens 38 über dem Drehwinkel der Nockeneinrichtung 44 beschreibende Kurve mit dem Bezugszeichen 60, eine die Geschwindigkeit des Kolbens 38 beschreibende Kurve mit dem Bezugszeichen 62, und eine die Beschleunigung des Kolbens 38 beschreibende Kurve mit dem Bezugszeichen 64 bezeichnet. In Figur 5 trägt eine Kurve, welche einer auf den Kolben 38 einwirkenden Massenkraft entspricht, das Bezugszeichen 66, wohingegen eine Kurve, welche den Verlauf einer auf den Kolben 38 durch die Kolbenfeder 40 einwirkenden Federkraft beschreibt, das Bezugszeichen 68 trägt. Die den Krümmungsradius des Nockens 46 beschreibende Kurve trägt in Figur 6 das Bezugszeichen 70.

**[0028]** Man erkennt insbesondere aus Figur 4, dass der Bereich A der Nockenbahn des Nockens 46 so ausgebildet ist, dass der Kolben 38 ausgehend von einem unteren Totpunkt UT eine insgesamt im wesentlichen konstante positive Beschleunigung erfährt (Kurve 64), was zu einer insgesamt im wesentlichen linearen Geschwindigkeitszunahme (Kurve 62) führt. Die Beschleunigung des Kolbens 38 im Bereich A der Bahnkurve des Nockens 46 soll möglichst groß sein. Sie wird begrenzt durch das Kriterium des kleinsten konkaven Krümmungsradius der Bahnkurve: eine große Beschleunigung führt zu einem kleinen konkaven Krümmungsradius. Ziel bei der Auslegung dieses Bereichs A ist es, den Verlauf der Beschleunigung, also die Bahnkurve des Nockens 46 im Bereich A so zu wählen, dass der resultierende Krümmungsradius möglichst nahe am minimal zulässigen Krümmungsradius liegt.

**[0029]** Üblicherweise hat die Nockenbahn in diesem Bereich A die Krümmung einer Schleifscheibe, mit welcher die Nockenbahn des Nockens 46 hergestellt wird, bzw. den kleinsten Krümmungsradius, der mit einer solchen Schleifscheibe gefertigt werden kann. In Figur 3 ist eine solche Schleifscheibe gestrichelt mit dem Bezugszeichen 72 gekennzeichnet.

**[0030]** Der sich an den Bereich A anschließende Bereich B der Bahnkurve des Nockens 46 zeichnet sich durch eine konstante Hubgeschwindigkeit (Kurve 62 in Figur 4) des Kolbens 38 aus. Bei dieser Geschwindigkeit handelt es sich gleichzeitig um die maximale positive Geschwindigkeit des Kolbens 38 während der Verdrängungsbewegung. Der Betrag der maximalen Geschwindigkeit im Bereich B sollte möglichst gering sein, um die Strömungskräfte auf das Einlass- bzw. Mengensteuerventil 32 und damit die benötigte Magnetkraft der elektromagnetischen Betätigungseinrichtung 50 zu minimieren. Zudem lässt sich hierdurch eine drehzahlabhängige Druckerregung in der Kraftstoff-Sammelleitung 26 gering halten.

**[0031]** Die Fläche unter der Kurve 62 zwischen unterem Totpunkt UT und oberem Totpunkt OT entspricht dem Hub des Kolbens 38. Bei einem vorgegebenen Hub kann die maximale Geschwindigkeit im Bereich B dann so gering wie möglich sein, wenn die Phase, in der die Geschwindigkeit konstant ist (Bereich B), innerhalb eines Förderzyklus 59 der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 20 möglichst lange dauert. Dies wird vorliegend zum Einen dadurch erreicht, dass die positive Beschleunigung (Bereich A) möglichst groß und somit die Dauer des Bereichs A möglichst kurz ist, und zum Anderen durch eine insgesamt asymmetrische Auslegung des Nockens 46, durch die der obere Totpunkt UT zeitlich nach hinten verschoben wird.

**[0032]** Innerhalb des in den Figuren 4 bis 6 dargestellten Förderzyklus erstreckt sich somit die Verdrängungsbewegung des Kolbens 38 von einem Nockenwinkel von 0° bis ungefähr 65°, wohingegen eine Saugbewegung (Bezugszeichen 54 in Figur 2) bei dem vorliegenden Nocken 46 von einem Nockenwinkel von 65° bis 120° dauert. Hierdurch hat man während der Verdrängungsbewegung mehr Zeit, den gewünschten Hub zu erreichen. Aufgrund dieser längeren Zeit kann wiederum die maximale Geschwindigkeit im Bereich B geringer ausfallen. Bei einer vorliegend nicht dargestellten Nockeneinrichtung, welche nur zwei Nocken aufweist, würde der obere Totpunkt OT auf einen Nockenwinkel größer als 90° verschoben und bei einer Nockeneinrichtung, welche vier Nocken aufweist, auf einen Nockenwinkel größer als 45°.

**[0033]** Die Phase B mit konstanter und maximaler Geschwindigkeit des Kolbens 38 erstreckt sich bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel von einem Nockenwinkel von ungefähr 9° bis zu einem Nockenwinkel von ungefähr 44°. Dies entspricht ungefähr 54 % der gesamten Verdrängungsbewegung. Die Beschleunigungsphase A entspricht ungefähr 14 % der gesamten Verdrängungsbewegung.

**[0034]** Im Bereich C der Bahnkurve des Nockens 46 und der Hubkurve 60 des Kolbens 38 wird der Kolben 38 abgebremst, er erfährt also eine negative Beschleunigung. Der Betrag von deren Mittelwert ist jedoch im vorliegenden Ausführungsbeispiel weniger als halb so groß als der Betrag des Mittelwerts der positiven Beschleunigung während der Phase A. Aufgrund der negativen Beschleunigung im Bereich C, insbesondere in der Nähe des oberen Totpunkts OT, besteht die Gefahr, dass der Kolben 38 mit der Rolle 42 vom Nocken 46 abhebt. Dieses Abheben soll durch die Kolbenfeder 40 und die entsprechende Federkraft (Bezugszeichen 68 in Figur 5) verhindert werden, die der abhebenden Massenträgheitskraft (Bezugszeichen 66 in Figur 5) entgegen wirkt. Aus konstruktiven Gründen ist es wünschenswert, die Kolbenfeder 40 möglichst klein auszulegen, d.h., die benötigte Federkraft möglichst gering zu halten. Dies wird durch eine möglichst geringe negative Beschleunigung im Bereich C erreicht.

**[0035]** Ein zusätzlicher Vorteil einer vergleichsweise geringen negativen Beschleunigung im Bereich C betrifft

die Flächenpressung zwischen der Rolle 42 und der Nocke 46. Es muss sichergestellt werden, dass ein zulässiger Wert, der sich auch aus der Werkstoffpaarung zwischen Nocken 46 und Rolle 42 ergibt, nicht überschritten wird. Bestimmend für die Höhe der Flächenpressung ist neben den auftretenden Kontaktkräften und dem Radius der Rolle 42 auch der Krümmungsradius des Nockens 46. Eine starke negative Beschleunigung im Bereich des oberen Totpunkts OT bedeutet einen entsprechend kleinen Krümmungsradius der Bahnkurve des Nockens 46 in diesem Bereich, die zu einer entsprechend hohen Flächenpressung zwischen Rolle 42 und Nocken 46 führen würde. Für eine entsprechend geringe Flächenpressung ist daher die negative Beschleunigung im Bereich C ebenfalls niedrig zu halten. Die Bahnkurve des Nockens 46 ist dabei so gewählt, dass der sich hieraus über den Winkel des Nockens 46 ergebende Verlauf der Massenkraft 66 in etwa dem Verlauf der auf den Kolben 38 wirkenden Federkraft 68 entspricht, und zwar unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors von 50 % (Bezugszeichen 74 in Figur 5). Hierdurch wird die Kraft der Kolbenfeder 40 über einen weiten Bereich optimal genutzt. Auch dies ermöglicht eine gewisse Verlängerung des Auslegungsbereichs B und die Reduzierung des dort vorhandenen maximalen Geschwindigkeitsniveaus.

**[0036]** Für den Bereich D der Bahnkurve des Nockens 46 bzw. der Hubkurve 60 des Kolbens 38 gelten die gleichen Auslegungskriterien wie für den Bereich A, also möglichst hohe und konstante positive Beschleunigung des Kolbens 38.

### Patentansprüche

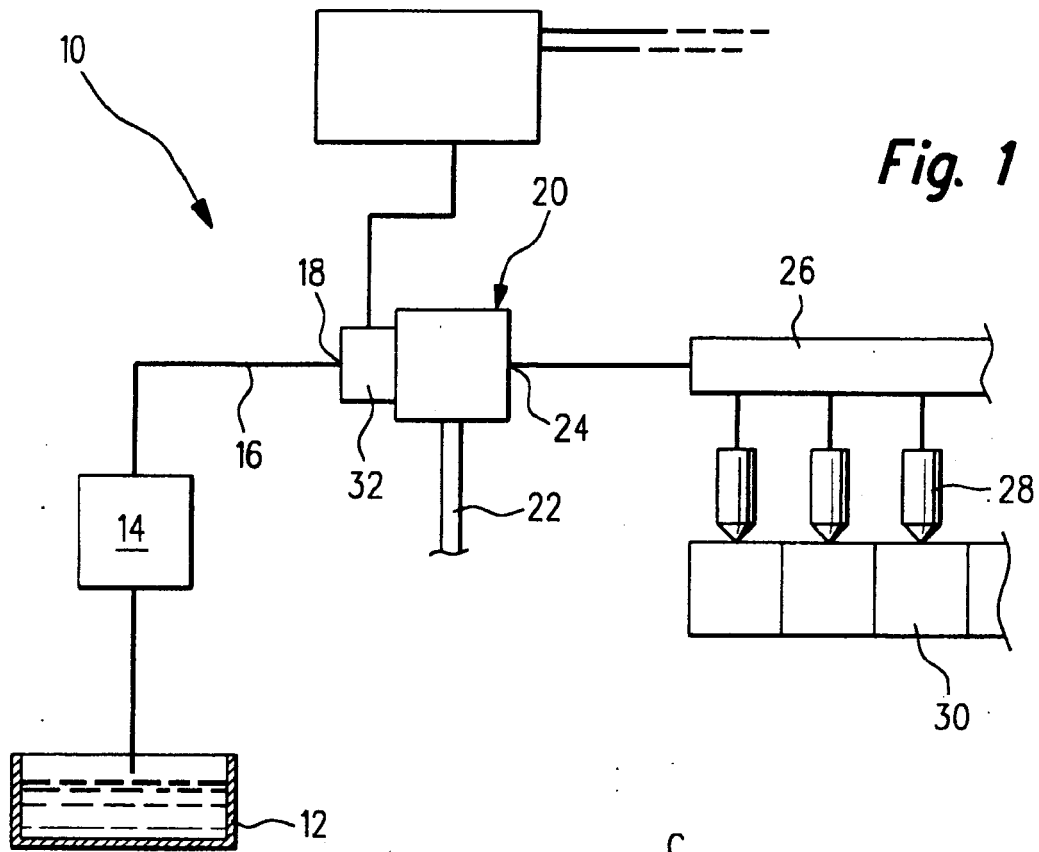
1. Verfahren zum Betreiben eines Kraftstoffsystems (10) einer Brennkraftmaschine, bei dem mindestens ein Verdrängungselement (38) einer Kraftstoffpumpe (20) von einer Antriebseinrichtung (44) angetrieben wird und innerhalb eines Förderzyklus eine Verdrängungs- (56) und eine Saugbewegung (54) ausführt, und bei dem während der Verdrängungsbewegung (56) eine Förderphase (58) vorliegen kann, während der Kraftstoff in einen Hochdruckbereich (26) gefördert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verdrängungselement (38) so angetrieben wird, dass während der Verdrängungsbewegung (56) eine Phase (B) mit gleichzeitig im Wesentlichen konstanter und in Verdrängungsrichtung im Wesentlichen maximaler Geschwindigkeit (62) des Verdrängungselements (38) vorliegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Phase (B) mit im Wesentlichen konstanter Geschwindigkeit (62) mindestens ungefähr 50% der Phase der Verdrängungsbewegung (56) einnimmt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dass

eine Phase (A), in der das Verdrängungselement (38) auf die im Wesentlichen konstante Geschwindigkeit (62) positiv beschleunigt wird, höchstens ungefähr 15% der Phase der Verdrängungsbewegung (56) einnimmt.

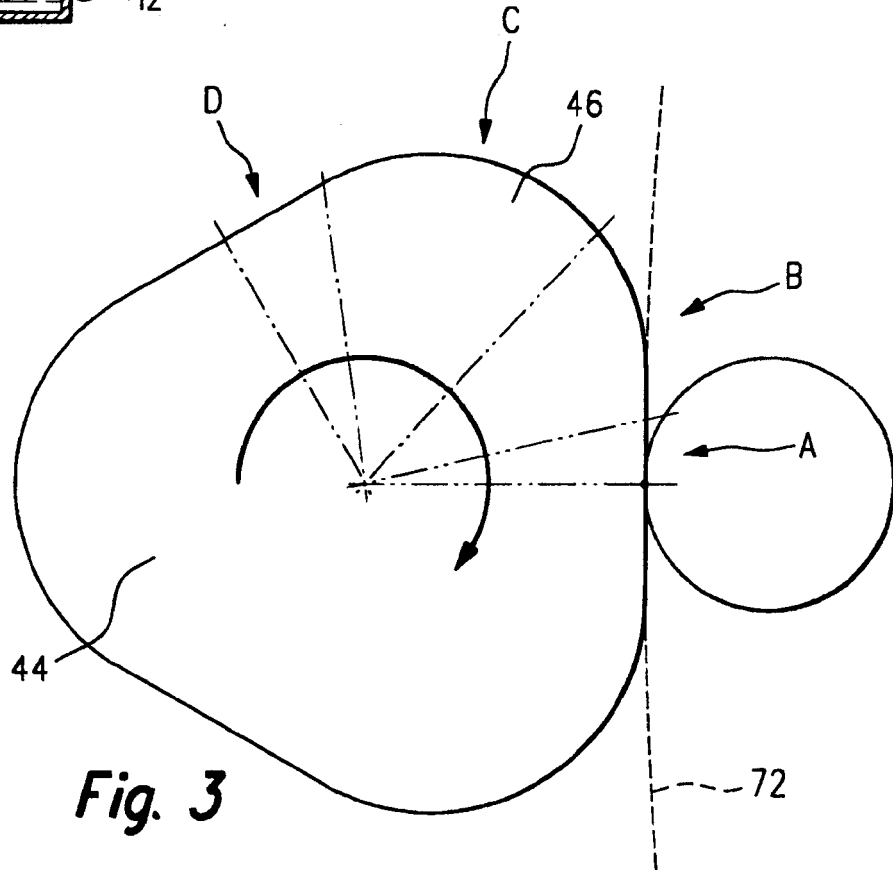
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die positive Beschleunigung (64) im Wesentlichen konstant ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Geschwindigkeit (62) des Verdrängungselements (38) mit im Wesentlichen konstanter negativer Beschleunigung (64) von der maximalen Geschwindigkeit (62) abfällt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrag einer mittleren positiven Beschleunigung (64), mit der das Verdrängungselement (38) auf die im Wesentlichen konstante Geschwindigkeit (62) beschleunigt wird, größer ist als der Betrag einer mittleren negativen Beschleunigung (64), mit der das Verdrängungselement (38) von der im Wesentlichen konstanten Geschwindigkeit (62) abgebremst wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrag der mittleren positiven Beschleunigung (64) mindestens um einen Faktor 2 größer ist als der Betrag der mittleren negativen Beschleunigung (64).
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verdrängungselement (38) von einer Nockeneinrichtung (44) angetrieben und der Verlauf einer negativen Beschleunigung (64), mit der das Verdrängungselement (38) von der im Wesentlichen konstanten Geschwindigkeit (62) abgebremst wird, so gewählt ist, dass ein sich hieraus über den Drehwinkel der Nockeneinrichtung (44) ergebender Verlauf (66) einer auf das Verdrängungselement (38) wirkenden Massenkraft wenigstens in etwa und wenigstens im Bereich des oberen Totpunktes (OT) des Verdrängungselements (38) dem Verlauf (68) einer auf das Verdrängungselement (38) zur Nockeneinrichtung (44) hin wirkenden Federkraft, ggf. unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors (74), entspricht.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dauer der Verdrängungsbewegung (56) innerhalb eines Förderzyklus größer ist als die Dauer der Saugbewegung (54).
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dauer der Verdrängungsbewe-

gung (56) mindestens 15% größer ist als die Dauer der Saugbewegung (58).

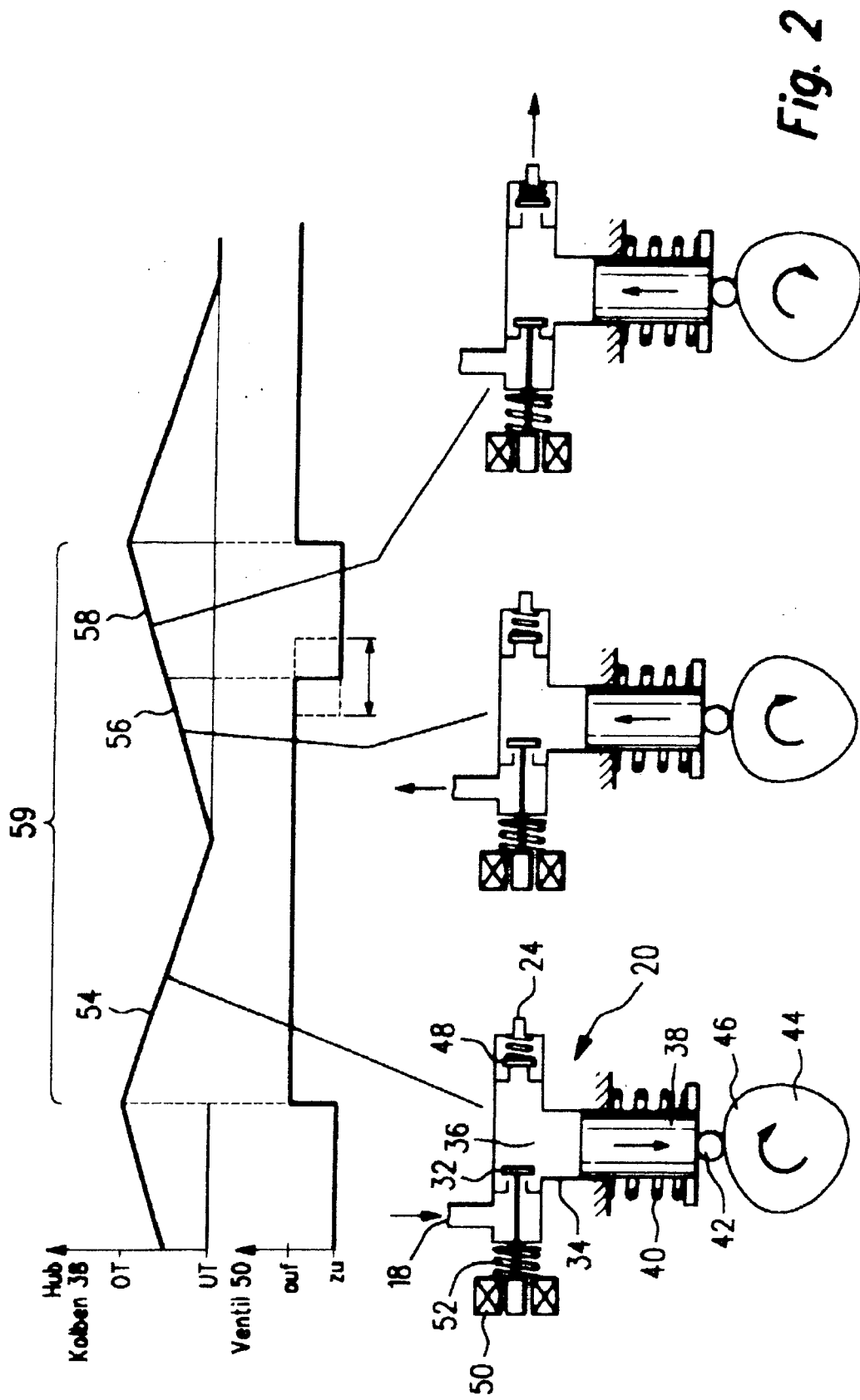
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beginn der Förderphase (58) von einer steuerbaren Ventileinrichtung (32) abhängt, welche einen Förderraum (36) der Kraftstoffpumpe (20) zwangsweise mit einem Niederdruckbereich (16) verbinden kann. 5
- 10
12. Kraftstoffsystem (10), mit einer Kraftstoffpumpe (20) mit mindestens einem Verdrängungselement (38), welches von einer Nockeneinrichtung (44) angetrieben wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nockeneinrichtung (44) so geformt ist, dass das Verdrängungselement (38) nach einem der Verfahren der Ansprüche 1 bis 11 arbeitet. 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

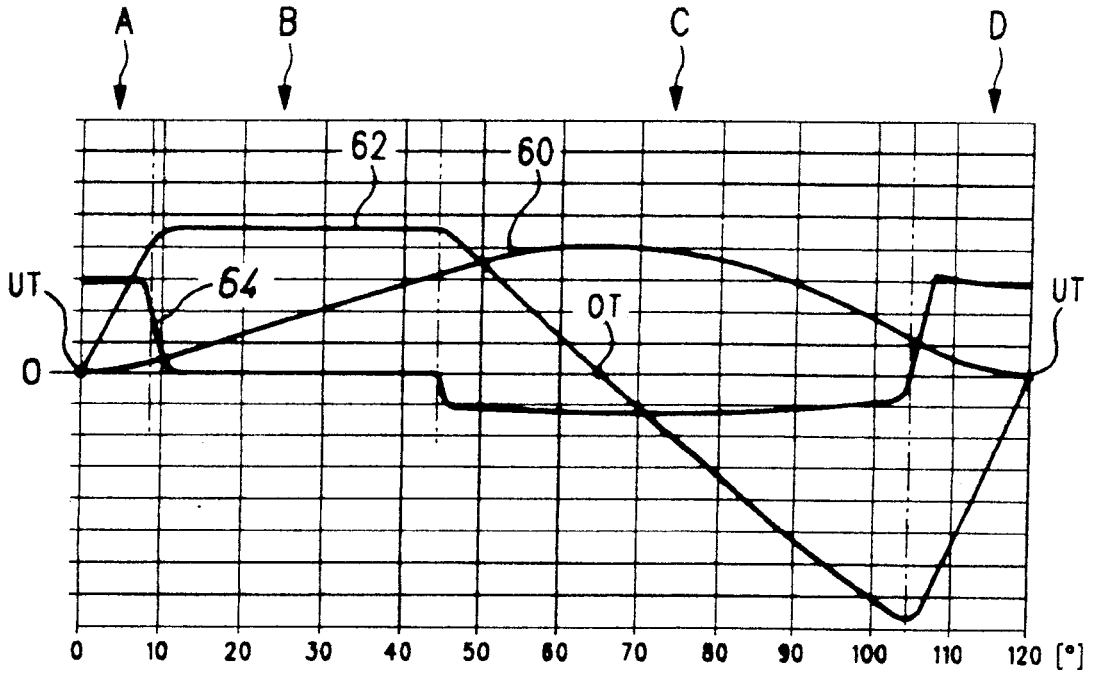


**Fig. 1**

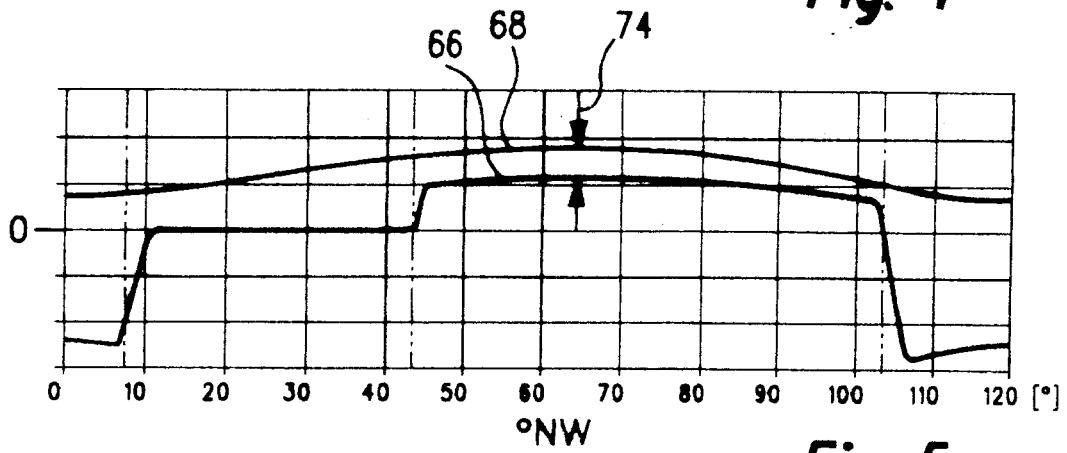


**Fig. 3**

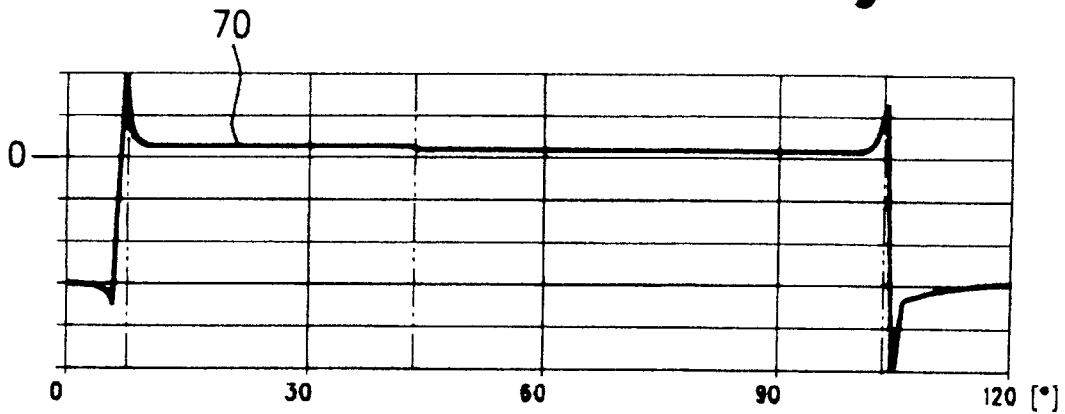




**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 304 741 A (WEBER S.R.L) 1. März 1989 (1989-03-01)	1-10,12	F02M 59/10 F02M59/10
Y	* Spalte 2, Zeilen 25-36; Abbildungen 1,4 *	11	
	-----		
Y	GB 1 249 942 A (WERKSPoor-AMSTERDAM N.V) 13. Oktober 1971 (1971-10-13)	11	
A	* Seite 1, Zeilen 66-95; Abbildung 1 *	1-12	
	-----		
Y,D	US 2002/053338 A1 (REMBOLD HELMUT ET AL) 9. Mai 2002 (2002-05-09) * Seite 1, Absatz 2; Abbildungen 1,3 *	11	
	-----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTESACHGEBIETE (IPC)
			F02M
1	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 29. November 2005	Prüfer Etschmann, G
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 05 10 8994

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

29-11-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0304741 A	01-03-1989	BR 8804303 A	21-03-1989
		IT 1217254 B	22-03-1990
		JP 1267356 A	25-10-1989
-----			
GB 1249942 A	13-10-1971	DE 1950019 A1	04-06-1970
		FR 2019939 A5	10-07-1970
		NL 6814255 A	07-04-1970
-----			
US 2002053338 A1	09-05-2002	DE 10052629 A1	08-05-2002
		EP 1201913 A2	02-05-2002
		JP 2002138923 A	17-05-2002
-----			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82