



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 0 977 213 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**02.02.2000 Patentblatt 2000/05**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **H01F 7/16, F01L 9/04**

(21) Anmeldenummer: **99113752.2**

(22) Anmeldetag: **14.07.1999**

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

- **Gramann, Matthias**  
91233 Neunkirchen a.d.S. (DE)
- **Röckl, Thomas**  
92271 Freihung (DE)
- **Wilczek, Rudolf**  
90518 Altdorf (DE)
- **Orthmann, Reinhard, Dr.**  
55130 Mainz (DE)

(30) Priorität: **29.07.1998 DE 19834109**  
**27.05.1999 DE 19924417**

(71) Anmelder: **DaimlerChrysler AG**  
**70567 Stuttgart (DE)**

(74) Vertreter: **Kolb, Georg**  
**Daimler-Benz AG,**  
**Postfach 35 35**  
**74025 Heilbronn (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Nagel, Michael**  
**90491 Nürnberg (DE)**

(54) **Aktor zur elektromagnetischen Ventilsteuerung**

(57) Die Erfindung betrifft einen Aktor zur elektromagnetischen Ventilsteuerung, bei dem das Spulenfenster im Joch des Öffnermagneten und im Joch des Schließermagneten sowie die in den Spulenfenstern angeordneten Erregerspulen zur Reduzierung von ohm'schen Verlusten die Form eines Hohlzylinders aufweisen.

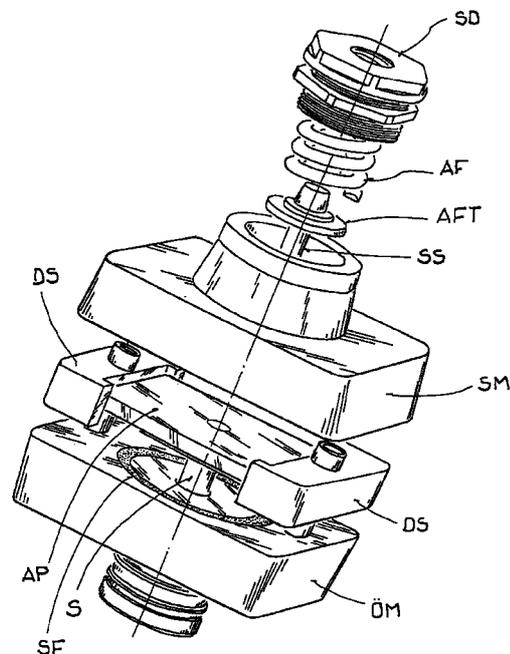


FIG.1

EP 0 977 213 A1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Aktor zur elektromagnetischen Ventilsteuerung mit einem Öffnermagnet und einem Schließermagnet, die einen näherungsweise rechteckigen Querschnitt aufweisen, und die jeweils aus einem näherungsweise rechteckigen Joch bestehen, in dem ein Spulenfenster ausgearbeitet ist, in dem eine Erregerspule angeordnet ist.

**[0002]** Ein Aktor zur elektromagnetischen Ventilsteuerung besteht im wesentlichen aus dem Öffnermagnet und dem Schließermagnet, die durch mindestens ein Distanzstück aus einem nicht ferromagnetischen Material voneinander getrennt sind. Dieses Distanzstück kann beispielsweise durch ein Gehäuseteil gebildet werden. Zwischen dem Öffnermagnet und dem Schließermagnet befindet sich die aus einem ferromagnetischen Material bestehende Ankerplatte, die durch Bestromen der Erregerspule des Öffnermagneten oder der Erregerspule des Schließermagneten in die jeweilige Richtung bewegt wird. Die Magnet-Hub-Kennlinie eines Aktors zur elektromagnetischen Ventilsteuerung kann durch die konstruktive Gestaltung der Ankerplatte und des Jochs der Elektromagneten vorteilhaft beeinflusst werden. Die Lehre dazu ist beispielsweise dem Fachbuch „Elektromagnete“, Kallenbach/Eick/Quendt, B.G. Teubner Stuttgart 1994, zu entnehmen.

**[0003]** Das Joch des Öffnermagneten weist eine Durchführung für einen Stößel auf, der die auf die Ankerplatte einwirkenden Kräfte auf mindestens ein Gaswechselventil überträgt.

**[0004]** Der Aktor kann beispielsweise so ausgeführt sein, daß an dem Stößel auf der dem Gaswechselventil zugewandten Seite ein Aktorfederteller angeordnet ist, wobei zwischen dem Aktorfederteller und der Außenseite des Öffnermagneten eine Aktorfeder angeordnet ist. Bei dieser Anordnung kann der Stößel sehr kurz ausgelegt werden und reicht lediglich vom Gaswechselventil bis zur Ankerplatte, wobei der Stößel durch das Loch des Öffnermagneten einfach gelagert ist.

**[0005]** Alternativ kann der Aktor so ausgeführt sein, daß die Aktorfeder auf der dem Gaswechselventil entgegengesetzten Seite des Aktors an der Außenseite des Schließermagneten angeordnet ist. Dazu ist in Verlängerung des Stößels eine Aktorfederteller aufweisende Schubstange angeordnet, die durch eine Durchführung im Joch des Schließermagneten gelagert ist. Das Joch des Schließermagneten weist eine die Durchführung der Schubstange umgebende, eine Wandung bildende Ausformung auf, in der ein Innengewinde eingearbeitet ist. In das Innengewinde der Wandung ist ein Schraubdeckel eingeschraubt, der zusammen mit der Wandung einen Hohlraum bildet, in dem die auf dem Aktorfederteller aufliegende Aktorfeder angeordnet ist. Durch Verdrehen des Schraubdeckels kann die Vorspannung der Aktorfeder verändert werden, wodurch die ist die Ruhelage der Ankerplatte einstellbar ist.

**[0006]** Ein Aktor bildet mit einem Gaswechselventil eine funktionelle Einheit, wobei das Gaswechselventil, entsprechend einem konventionellen Zylinderkopf mit Nockenwellen, mittels einer Ventildfeder und einem Ventildfederteller in den Ventilsitz des Zylinderkopfes gezogen wird.

**[0007]** Ist eine funktionelle Einheit aus einem Aktor und einem Gaswechselventil an der Brennkraftmaschine montiert, werden der Ventilschaft des Gaswechselventils und der Stößel des Aktors gegeneinander gepreßt. In der Ruhelage der funktionellen Einheit befindet sich die Ankerplatte in der Mitte zwischen dem Öffnermagnet und dem Schließermagnet. Der Ventilteller des Gaswechselventils befindet sich dabei in einer Mittelstellung zwischen dem Ventilsitz des Zylinderkopfes, bei der das Ventil geschlossen ist, und der Position, in der das Ventil maximal geöffnet ist.

**[0008]** Bei der Konstruktion einer Brennkraftmaschine mit einer elektromagnetischen Ventilsteuerung besteht das Problem, daß der zur Verfügung stehende Bauraum sehr begrenzt ist. Die Aktoren müssen jedoch so groß ausgelegt werden, daß sie die zur Betätigung des Gaswechselventils notwendige Kraft aufbringen.

**[0009]** In der DE 196 11 547 A1 ist beispielsweise vorgeschlagen worden, die Aktoren mit einem rechteckigen Querschnitt auszuführen, wobei der zur Verfügung stehende Bauraum im Zylinderkopf der Brennkraftmaschine gut genutzt wird, und die Elektromagneten der Aktoren eine genügend hohe Kraft auf die Ankerplatte ausüben können.

**[0010]** Der Nachteil dieser Anordnung besteht darin, daß die in dem Joch des Öffnermagneten und des Schließermagneten ausgearbeiteten Spulenfenster zur Erzeugung eines maximalen magnetischen Momentes ebenfalls einen näherungsweise rechteckigen Querschnitt aufweisen. Dadurch erhöht sich die mittlere Wicklungslänge der in das Spulenfenster eingesetzten Erregerspulen, wodurch diese einen höheren ohm'schen Widerstand aufweisen.

**[0011]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Aktor zur elektromagnetischen Ventilsteuerung mit einem näherungsweise rechteckigen Querschnitt anzugeben, der ein Spulenfenster für Erregerspulen mit einem geringeren ohm'schen Widerstand aufweist.

**[0012]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst, wobei das Spulenfenster des Öffnermagneten und des Schließermagneten sowie die darin angeordneten Erregerspulen zur Reduzierung von ohm'schen Verlusten durch eine geringere mittlere Wicklungslänge die Form eines Hohlzylinders aufweisen.

**[0013]** Das näherungsweise rechteckige Joch des Öffnermagneten und des Schließermagneten weist eine Stirnseite auf, die dem Außendurchmesser des Spulenfensters plus einem Rand geringer Dicke entspricht. Die Länge der Längsseite des Jochs entspricht der Stirnseite plus einen Teil, der durch den für einen Aktor zur Verfügung stehenden Bauraum im Zylinder-

kopf bestimmt wird.

**[0014]** Dabei kann die Grundfläche des hohlzylindrisch geformten Spulenfensters und der hohlzylindrisch geformten Erregerspulen kreisrund oder elliptisch geformt sein.

**[0015]** In einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Ankerplatte und das Joch des Öffnermagneten zur Beeinflussung der Magnet-Hub-Kennlinie konstruktiv derart gestaltet sind, daß die Kraft des Öffnermagneten auf die Ankerplatte bei kleinen Abständen geringer ist und bei großen Abständen hoch ist.

**[0016]** Vorzugsweise ist zur Beeinflussung der Magnet-Hub-Kennlinien das Material der Ankerplatte radialsymmetrisch um die Bohrung des Stößels mit einer größeren Dicke ausgeführt, wobei das Joch des Öffnermagneten komplementär zur Ankerplatte geformt ist. Zudem kann das Joch des Öffnermagneten so ausgebildet werden daß die Ankerplatte in der vom Öffnermagnet angezogenen Position (bei geöffnetem

**[0017]** Gaswechselventil) teilweise oder ganz von dem ferromagnetische Material des Jochs des Öffnermagneten umgeben ist.

**[0018]** In einer weiteren Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Joch des Öffnermagneten und das Joch des Schließermagneten im Bereich der Erregerspule (senkrecht zur Längsachse und parallel zur Ventilachse) geblecht ist, wodurch Wirbelstromverluste reduziert werden.

**[0019]** Durch das hohlzylindrische Spulenfenster und die resultierende hohlzylindrische Erregerspule werden die ohm'schen Verluste der Erregerspule minimiert. Dabei ist das Ausarbeiten des Spulenfensters im Joch des Öffnermagneten und im Joch des Schließermagneten sowie das Wickeln und das Einsetzen der Erregerspule in das Spulenfenster besonders vorteilhaft.

**[0020]** Im folgenden wird der erfindungsgemäße Aktor zur elektromagnetischen Ventilsteuerung mit einem Öffnermagnet und einem Schließermagnet, die einen näherungsweise rechteckigen Querschnitt aufweisen, anhand von einem Ausführungsbeispiel im Zusammenhang mit zwei Figuren dargestellt und erläutert.

**[0021]** Es zeigt:

Figur 1 die schematische, dreidimensionale Darstellung eines Aktors zur elektromagnetischen Ventilsteuerung .

Figur 2 die schematische Darstellung eines Schnittes durch einen Aktor zur elektromagnetischen Ventilsteuerung.

**[0022]** In der Figur 1 ist ein Aktor zur elektromagnetischen Ventilsteuerung dargestellt. Das Joch des Öffnermagneten ÖM und das Joch des Schließermagneten SM werden durch zwei Distanzstücke DS voneinander getrennt, die aus einem nicht ferromagnetischen Material gefertigt sind. Zwischen den Distanzstücken DS oszilliert die Ankerplatte AP. An der Ankerplatte AP ist der Stößel S befestigt, der die auf die Ankerplatte AP

einwirkenden Kräfte über eine Durchführung im Joch des Öffnermagneten ÖM auf das Gaswechselventil GV überträgt. Auf der Ankerplatte AP liegt in der Verlängerung des Stößel S eine Schubstange SS auf, die über eine Durchführung in dem Joch des Schließermagneten SM die auf die Ankerplatte AP einwirkenden Kräfte auf die Aktorfeder AF überträgt. Dazu ist an der Schubstange SS ein Aktorfederteller AFT ausgearbeitet, auf dem die Aktorfeder AF aufliegt, und über den die Aktorfeder AF die Schubstange SS gegen die Ankerplatte AP preßt. Die Aktorfeder AF befindet sich in einer eine Wandung bildenden Ausformung des Jochs des Öffnermagneten ÖM, die radialsymmetrisch um die Durchführung der Schubstange SS ausgebildet ist. Die Wandung weist auf der Innenseite ein Gewinde auf, in das ein Schraubdeckel SD eingeschraubt werden kann. Mittels des Schraubdeckels SD kann die Vorspannung der Aktorfeder AF verändert werden, wodurch die Ruhelage der Ankerplatte AP eingestellt wird.

**[0023]** In das Joch des Öffnermagneten ÖM und in das Joch des Schließermagneten SM ist ein Spulenfenster eingearbeitet, in das jeweils eine Erregerspule eingesetzt wird. Die Spulenfenster sind vorzugsweise so ausgearbeitet, daß die Polflächen (die der Ankerplatte AP zugewandten Flächen) der loche des Öffnermagneten ÖM und des Schließermagneten SM innerhalb und außerhalb des Spulenfensters gleich groß sind.

**[0024]** Der Widerstand einer Erregerspule setzt sich aus seinem ohm'schen, einem kapazitiven und einem induktiven Anteil zusammen.

**[0025]** Zur Reduzierung der durch den ohmschen Widerstand (bei gegebener Polfläche der loche des Öffnermagneten ÖM und des Schließermagneten SM) bedingten Verlustleistung sind die Erregerspulen beispielsweise rund und hohlzylindrisch ausgeführt. Der geringe ohmsche Widerstand einer runden hohlzylindrischen Erregerspule resultiert aus der geringeren mittleren Windungslänge des Spulendrahtes.

**[0026]** Durch den Bauraum, der zwischen der Durchführung des Stößels und dem Rand der rechteckigen loche zur Verfügung steht, kann dieselbe hohlzylindrische Erregerspule auch zu einer Ellipse verformt und in ein entsprechend elliptisch ausgearbeitetes Spulenfenster eingesetzt werden.

**[0027]** In der Figur 2 ist ein Aktor zur elektromagnetischen Ventilsteuerung mit einem kreisrunden, hohlzylindrischen Spulenfenster SF dargestellt, der dem Aktor der Figur 1 entspricht, bei dem jedoch die Ankerplatte AP und das loch des Öffnermagneten ÖM zur Beeinflussung der Magnet-Hub-Kennlinie konstruktiv derart gestaltet sind, daß die Kraft auf die Ankerplatte AP bei geringen Abständen zum Joch des Öffnermagneten ÖM geringer ist und bei hohen Abständen zum Joch des Öffnermagneten ÖM zunimmt.

**[0028]** Dabei ist das Material der Ankerplatte AP radialsymmetrisch um die Bohrung des Stößels S mit einer größeren Dicke ausgeführt wobei das Joch des Öffnermagneten ÖM komplementär geformt ist. Zudem ist das

Joch des Öffnermagneten ÖM so ausgebildet, daß die Ankerplatte AP in der vom Öffnermagnet ÖM angezogenen Position (bei geöffnetem Gaswechselventil) seitlich durch das ferromagnetische Material des Jochs des Öffnermagneten ÖM umgeben ist. Die aus einem nicht ferromagnetischen Material gefertigten Distanzstücke DS sind entsprechend keiner ausgebildet.

**[0029]** Dabei ergeben sich durch die kreisrunde, hohlzylindrischen Erregerspulen mit entsprechenden kreisrunden hohlzylindrischen Spulenfenstern SF zudem fertigungstechnische Vorteile.

**[0030]** Die Ankerplatte AP, die mit dem Stößel S sehr fest verbunden sein muß, wird zur Reduzierung von Fertigungstoleranzen nach dem Verbinden mit dem Stößel S abgedreht. Dieser Fertigungsschritt ist mit runden, zum Stößel S symmetrischen Verdickungen der Ankerplatte AP wesentlich einfacher durchzuführen.

**[0031]** Durch das hohlzylindrische Spulenfenster SF und die resultierende hohlzylindrische Erregerspule mit kreisrunder oder elliptischer Grundfläche werden die ohm'schen Verluste der Erregerspule wirksam minimiert. Bei einer kreisrunden, hohlzylindrischen Erregerspule mit entsprechendem Spulenfenster ergeben sich eine Reihe fertigungstechnischen Vorteilen.

#### Patentansprüche

1. Aktor (A) zur elektromagnetischen Ventilsteuerung mit einem Öffnermagnet (ÖM) und einem Schließermagnet (SM), die einen näherungsweise rechteckigen Querschnitt aufweisen, und die jeweils aus einem näherungsweise rechteckigen Joch bestehen, in dem jeweils ein Spulenfenster (SF) ausgearbeitet ist, in dem eine Erregerspule angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulenfenster (SF) im Joch des Öffnermagneten (ÖM) und im Joch des Schließermagneten (SM) sowie die in den Spulenfenstern (SF) angeordneten Erregerspulen zur Reduzierung von ohm'schen Verlusten die Form eines Hohlzylinders aufweisen.
2. Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Grundfläche des hohlzylindrisch geformten Spulenfensters (SF) und der hohlzylindrisch geformten Erregerspulen kreisrund ist.
3. Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Grundfläche des hohlzylindrisch geformten Spulenfensters (SF) und der hohlzylindrisch geformten Erregerspulen elliptisch ist.
4. Aktor nach der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankerplatte (AP) und das Joch des Öffnermagneten (ÖM) zur Beeinflussung der Magnet-Hub-Kennlinie konstruktiv derart gestaltet sind, daß die Ankerplatte (AP) um den Stößel (S) verdickt ausgeführt ist und das Joch des Öffnermagneten (ÖM) komplementär zur Anker-

platte (AP) geformt ist, wodurch die Kraft auf die Ankerplatte (AP) bei geringen Abständen zwischen Ankerplatte (AP) und Joch des Öffnermagneten (ÖM) geringer ist und bei hohen Abständen zwischen Ankerplatte (AP) und Joch des Öffnermagneten (ÖM) größer ist.

5. Aktor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Joch des Öffnermagneten (ÖM) und das Joch des Schließermagneten (SM) im Bereich der Erregerspule senkrecht zur Längsachse der Joche, und parallel zur Ventilachse geblecht ist.

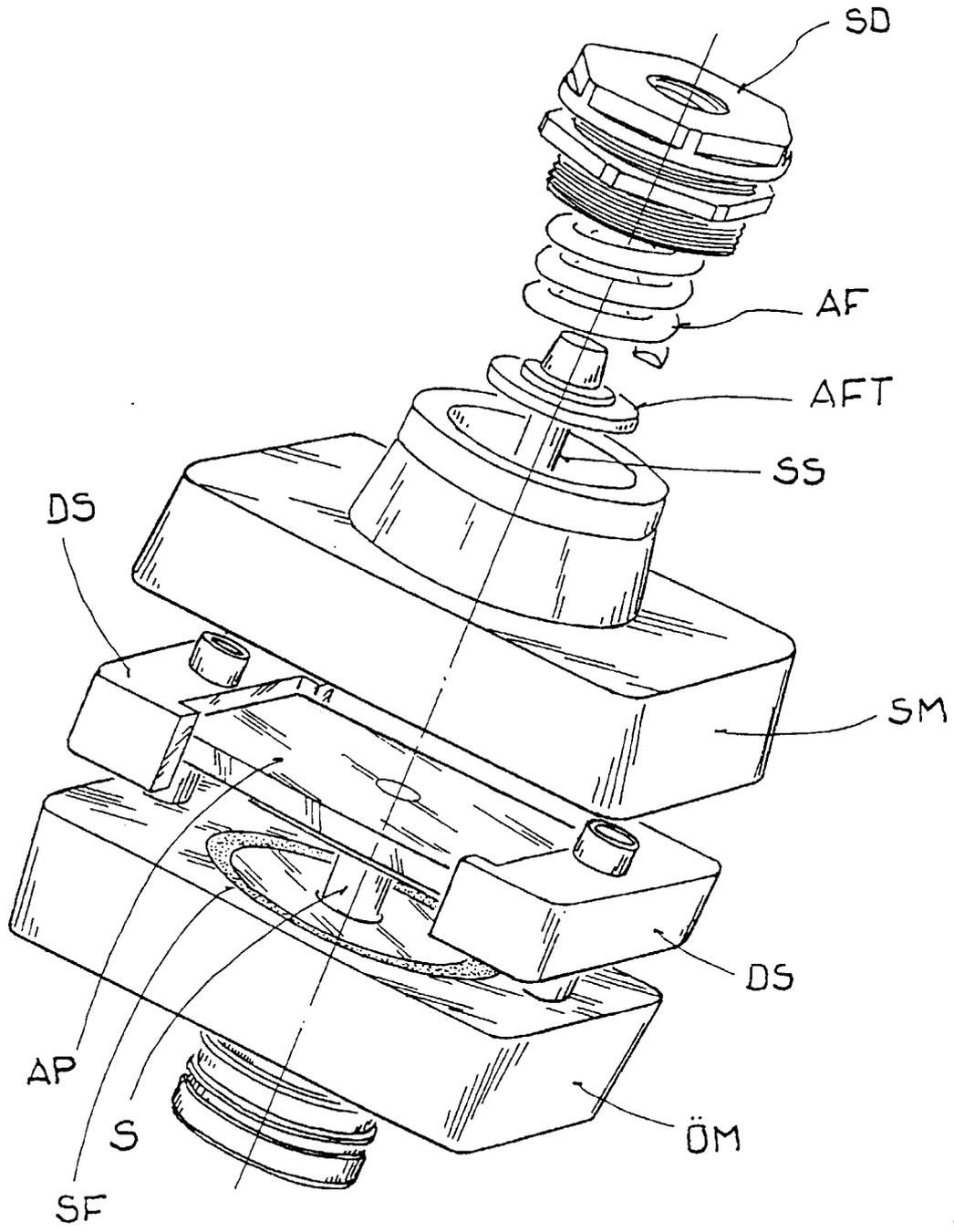
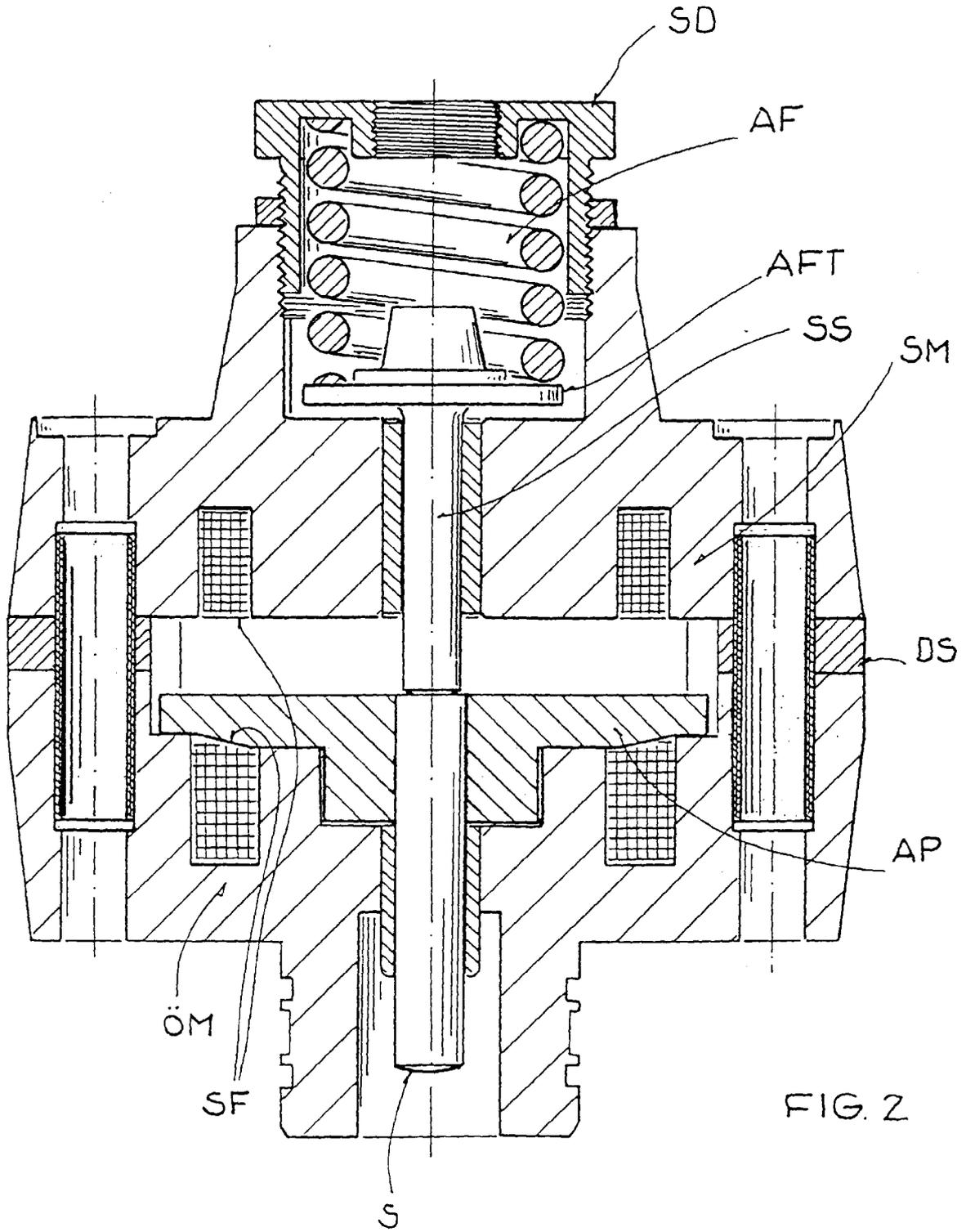


FIG.1





Europäisches  
Patentamt

**EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT**

Nummer der Anmeldung  
EP 99 11 3752

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	DE 197 51 609 A (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG) 4. Juni 1998 (1998-06-04) * Spalte 1, Zeile 28 - Spalte 2, Zeile 3 * ---	1,2	H01F7/16 F01L9/04
A	EP 0 793 004 A (DAIMLER BENZ AG) 3. September 1997 (1997-09-03) * Abbildung 4 * ---	4	
A	DE 297 12 502 U (FEV MOTORENTECHNIK & CO) 18. September 1997 (1997-09-18) * Seite 5, Zeile 17 - Seite 6, Zeile 31 * ---	5	
A	FR 2 196 605 A (INT STANDARD ELECTRIC CORP) 15. März 1974 (1974-03-15) -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)  H01F F01L
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	29. Oktober 1999	Vanhulle, R	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 99 11 3752

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

29-10-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19751609 A	04-06-1998	DE 29620741 U	26-03-1998
		JP 10220622 A	21-08-1998
		US 5903070 A	11-05-1999
EP 0793004 A	03-09-1997	DE 19608061 A	04-09-1997
		DE 59700054 D	04-02-1999
		ES 2127649 T	16-04-1999
DE 29712502 U	18-09-1997	DE 19825728 A	21-01-1999
		JP 11081941 A	26-03-1999
FR 2196605 A	15-03-1974	GB 1397433 A	11-06-1975
		DE 2339756 A	28-02-1974
		IT 1022018 B	20-03-1978

EPO FORM P0461

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