

5

Verfahren und Vorrichtung für ein Saugventil  
der Plattenbauart

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Saugventils der Plattenbauart gemäss den Merkmalen von  
10 Anspruch 1. Die Erfindung betrifft weiter eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäss den Merkmalen von Anspruch 6.

Aus der Patentschrift DE-679 714 ist ein elektromagnetisch gesteuertes Saugventil der  
15 Plattenbauart bekannt. Dabei dient die Ventilplatte als ein Anker eines Elektromagneten, sodass die Lage der Ventilplatte über eine Ansteuerung der Magnetspule bestimmbar ist. Dieses bekannte Saugventil weist den Nachteil auf, dass die Ventilplatte die Neigung hat am  
20 Magnetjoch des Elektromagneten zu kleben, was keinen sicheren und insbesondere keinen schnellen Betrieb des Saugventils erlaubt. Weiter ist es erforderlich, gegen den Ventilsitz hin eine magnetische Isolierung anzuordnen, um ein Kleben der als Anker dienenden  
25 Ventilplatte am Ventilsitz zu verhindern. Diese magnetische Isolierung weist den Nachteil auf, dass das Anbringen kostenaufwendig ist, und dass die durch die Ventilplatte bewirkten Schläge einem grossen Verschleiss der magnetischen Isolierung bewirken, was das  
30 Wartungsintervall des Saugventils stark verkürzt.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein besser ansteuerbares und wirtschaftlicheres Saugventil vorzuschlagen.

Diese Aufgabe wird gelöst mit einem Verfahren gemäss den  
5 Merkmalen von Anspruch 1. Die abhängigen Ansprüche 2 bis 5 beziehen sich auf weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens. Die Aufgabe wird weiter gelöst mit einer Vorrichtung gemäss den Merkmalen von Anspruch 6. Die  
abhängigen Ansprüche 7 bis 14 beziehen sich auf weitere  
10 vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemässen Vorrichtung.

Diese Aufgabe wird insbesondere mit einem derartigen Verfahren gelöst, dass die Ventilplatte mit einem im  
Fänger angeordneten Elektromagneten gehalten wird, und  
15 dass zum Lösen der Ventilplatte der Elektromagnet mit einem abklingenden Wechselstrom angesteuert wird, um die Ventilplatte zumindest teilweise zu entmagnetisieren, sodass sich die Ventilplatte sicher vom Ventilsitz löst und die Ventilplatte nicht am Ventilsitz klebt. Die  
20 erfindungsgemässe Vorrichtung weist einen Ventilfänger mit einer Magnetspule auf, sowie eine Ansteuervorrichtung, um die Magnetspule anzusteuern und insbesondere mit einem abklingenden Wechselstrom zu beschicken.

25 Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen im Detail beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 Eine Explosionszeichnung eines Saugventils der Plattenbauart;

Fig. 2 eine elektronische Ansteuervorrichtung;

- Fig. 3a einen Querschnitt durch einen Ringkörper eines Ventilfängers;
- Fig. 3b einen weiteren Querschnitt durch einen Ringkörper eines Ventilfängers mit Dämpferplatte und Ventilplatte;
- 5 Fig. 3c einen weiteren Querschnitt durch einen Ringkörper eines Ventilfängers mit Dämpferplatte und Ventilplatte;
- 10 Fig. 3d einen Querschnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Ringkörpers eines Ventilfängers;
- Fig. 4 ein Ansteuerdiagramm für ein Saugventil der Plattenbauart;
- 15 Fig. 5 ein Ansteuerdiagramm für ein weiteres Verfahren zum Ansteuern eines Saugventils der Plattenbauart;
- Fig. 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Saugventils mit einer Ventilplatte bestehend aus einer Mehrzahl ringförmiger Ventilplattenteile.
- 20

Fig. 1 zeigt in einer Explosionszeichnung ein Saugventil 1 umfassend einen Ventilsitz 2, welcher auch als eine Ventilsitzplatte bezeichnet wird, eine Ventilplatte 3, eine Dämpferplatte 4 und einen Fänger 6. Diese Teile werden von einer gemeinsamen Zentralschraube 7 zusammengehalten. Die Dämpferplatte 4 weist Öffnungen 4d auf zum Durchtritt einer Feder 5, welche zwischen dem Fänger 6 und der Ventilplatte wirkend angeordnet ist. Das Saugventil 1 kann mit oder auch ohne Dämpferplatte 4

betrieben werden. Der Ventulfänger 6 weist eine Mehrzahl von Ringkörpern 6a auf, welche alle miteinander verbunden sind. Jeder Ringkörper 6a weist eine in Umfangsrichtung verlaufende Nut 6b auf, wobei in der Ringnut 6b  
5 elektrische Leiter angeordnet sind, die eine Magnetspule 9 bilden.

Fig. 3a zeigt einen Querschnitt durch einen Ringkörper 6a mit einer Ringnut 6b, sodass der Ringkörper 6a die Form eines Ringkörpermagnetjoches 6c annimmt. In der Ringnut  
10 ist eine Magnetspule 9 angeordnet, welche ein Elektromagneten ausbildet. Der Ringkörper 6a gemäss dem Ausführungsbeispiel Fig. 3a weist auf der der Ventilplatte 3 zugewandten Seite eine Abdeckschicht 9a auf, welche den durch die Magnetspule 9 belegten  
15 Innenraum gegen aussen hermetisch abschliesst, um die Magnetspule 9 vor Verunreinigungen oder schädlichen Gasen zu schützen. Die Magnetspule 9 wird von einer Ansteuervorrichtung 8 angesteuert, sodass sich ein Magnetfeld ausbildet, und die Ventilplatte 3 von diesem  
20 Magnetfeld angezogen wird. Die Ventilplatte 3 bildet den Anker des Elektromagneten.

Fig. 2 zeigt die Ansteuervorrichtung 8, welche eine Modulationsvorrichtung 8a aufweist, wobei die Ansteuervorrichtung über elektrische Leitungen 8b mit  
25 einem Drehwinkelsensor und über weitere elektrische Leitungen 8b mit der bzw. den Magnetspulen 9 verbunden ist.

In Fig. 4 ist ein schematischer Ablauf der von der Ansteuervorrichtung 8 verarbeiteten Messsignale und erzeugten Ansteuersignale dargestellt. Auf der  
30 horizontalen Achse ist der Zeitverlauf  $t$  beziehungsweise der Drehwinkel  $\omega$  eines Kolbenkompressors dargestellt, im obersten Diagramm die Stellung des Ventils in den beiden

Betriebszuständen offen und geschlossen, im mittleren Diagramm ein Drehwinkelsignal des Drehwinkelsensors, und im unteren Diagramm der von der Ansteuervorrichtung 8 an die Magnetspule abgegebene Magnetstrom I. Auf ein Signal des Drehwinkelgebers 10 hin wird an die Spule 9 ein Magnetisierungsstrom angelegt, was bewirkt, dass die Ventilplatte 3 vom Ventilfänger 6 angezogen wird, sodass das Ventil geöffnet wird. Dabei führt die Ansteuervorrichtung 8 eine erste Ansteuerphase 11a aus, was eine Magnetisierung des Ventilfängers 6 bewirkt. Das Saugventil 1 kann nun über eine beliebig wählbare Zeitperiode offen gehalten werden. Zum Schliessen des Saugventils 1 wird vorzugsweise wiederum ein Signal des Drehwinkelsensors 10 verwendet, wobei die Ansteuervorrichtung 8 nach diesem Signal eine zweite Ansteuerphase 11b des Elektromagneten 9 einleitet, indem mittels einer Modulationsvorrichtung 8a ein abklingender Wechselstrom erzeugt wird, welcher an die Magnetspule 9 angelegt wird, um die Ventilplatte 3 und/oder den Ventilfänger 6 zu entmagnetisieren. Durch die Entmagnetisierung wird jegliche Haltekraft zwischen der Ventilplatte 3 und dem Ventilfänger 6 unterbunden, insbesondere wird ein Aneinanderkleben der beiden Teile aufgrund verbleibender magnetischer Kräfte verhindert. Beim Schliessen des Saugventils 1 wird die Ventilplatte 3 gegen den Ventilsitz 2 gepresst. Dabei kommt die Ventilplatte 3 direkt auf den Ventilsitz 2 zu liegen, sodass ein direkter Kontakt zwischen den beiden metallisch ausgebildeten Komponenten entsteht. Da die Ventilplatte 3 vorgängig entmagnetisiert wurde, besteht keine Gefahr eines Anklebens der Ventilplatte 3 an den Ventilsitz 2. Der Ventilsitz 2, die Ventilplatte 3 und der Ventilfänger 6 bestehen üblicherweise aus einem rostfreien Stahl mit hartmagnetischen Eigenschaften. Zwischen dem Ventilsitz 2, der Ventilplatte 3 und dem Ventilfänger 6 sind keine magnetisch isolierenden

Werkstoffe angeordnet, sodass die Entmagnetisierung der Ventilplatte 3 und des Ventils 6 vorteilhaft ist, um einen fehlerlosen Betrieb des Saugventils 1 zu gewährleisten. Das erfindungsgemässe Ansteuerungsverfahren der Magnetspule 9 mit einer Modulationsvorrichtung 8a zur Entmagnetisierung weist zudem den Vorteil auf, dass die Entmagnetisierung in sehr kurzer Zeit durchführbar ist, was sehr schnelle Schaltzeiten des Saugventils 1 ermöglicht. Das Saugventil 1 ist insbesondere derart ansteuerbar, dass während einer vorgebbare Anzahl von Umdrehungen, z.B. eines Kompressors, das Ventil 1 offen gehalten werden kann und dass das Ventil (1) während einer weiteren, beliebig wählbaren Anzahl von Umdrehungen im selbsttätigen, sich öffnenden und schliessenden Arbeitsmodus betrieben werden kann. Somit ist es möglich, die geförderte Menge des Saugventils 1 stufenlos zu regeln.

Fig. 5 zeigt ein weiterer schematischer Ablauf von einem Ansteuerungsverfahren sowie die Stellung des Ventils 1. Auf der horizontalen Achse ist der Zeitverlauf  $t$  beziehungsweise der zum Zeitverlauf Äquivalente Drehwinkel  $\phi$  eines Kolbenkompressors dargestellt. Mit dem Drehwinkelsensor 10 wird das Drehwinkelsignal gemessen. Das Betriebsverhalten des Saugventils 1 in Verbindung mit einem Kolbenkompressor ist bekannt. Insbesondere ist bekannt, dass nach einem bezüglich dem Drehwinkelsignal festen Drehwinkel  $\Delta$  das Ventil vollständig geöffnet ist und die Ventilplatte 3 am Ventilsfänger 6 anliegt. Die Magnetspule 9 wird durch die Ansteuervorrichtung 8 erst dann in einer ersten Ansteuerphase 11a mit einem Magnetstrom I aktiviert, wenn das Ventil 1 vollständig geöffnet ist und die Ventilplatte 3 am Ventilsfänger 6 anliegt. Dadurch kann die Ventilplatte 3 sehr zuverlässig und mit einer relativ geringer magnetischen Kraft gehalten werden. Während einem selbsttätigen Betrieb

eines Kolbenkompressors liegt eine Ventilplatte 3 während einem Drehwinkel von beispielsweise 120 Grad am Ventilfänger 6 an. Nach einem Drehwinkelsignal wird die Magnetspule 9 durch die Ansteuervorrichtung 8 erst dann  
5 in einer zweiten Ansteuerphase 11b mit einem abklingenden Wechselstrom beschickt, wenn sichergestellt ist, dass die gesamte zweite Ansteuerphase 11b in einem Drehwinkelbereich stattfindet, in welchem die Ventilplatte 3 bei selbsttätigem Betrieb am Ventilfänger  
10 6 anliegen würde. Dadurch wird die Ventilplatte 3 während der zweiten Ansteuerphase 11b nicht vorzeitig vom Einflussbereich der Magnetspule 9 getrennt und die Ventilplatte 3 kann vollständig entmagnetisiert werden.

15 Das Saugventil 1 gemäss Fig. 1 kann mit oder ohne Dämpferplatte 4 ausgestaltet sein. Das Ansteuerverfahren gemäss Fig. 5 wurde für ein Saugventil 1 ohne Dämpferplatte 4 beschrieben. Sollte das Saugventil 1 jedoch auch eine Dämpferplatte 4 aufweisen, so ist im  
20 Ansteuerverfahren gemäss Fig. 5 die Dämpferplatte 4 zwischen der Ventilplatte 3 und dem Ventilfänger 6 angeordnet, sodass bei vollständig geöffnetem Ventil 1 die Dämpferplatte 4 am Ventilfänger 6 anliegt, und die Ventilplatte 3 an der Dämpferplatte 4 anliegt. Ansonst  
25 ändert sich nichts am Ansteuerverfahren.

Fig. 3b zeigt einen weiteren Querschnitt durch einen als Ringkörpermagnetjoch 6c ausgebildeten Ringkörper 6a. In diesem dargestellten Ausführungsbeispiel weist das Saugventil eine Dämpferplatte 4 auf, wobei die  
30 Dämpferplatte, wie in Fig. 1 dargestellt, aus einer Mehrzahl von miteinander verbundenen Ringkörpern 4a besteht. Der Ringkörper 4a ist gemäss dem Ausführungsbeispiel 3b derart ausgestaltet, dass die dem Ringkörpermagnetjoch 6c zugewandte Seite u-förmig  
35 ausgestaltet ist. Diese Ausgestaltung bewirkt, dass der

magnetische Fluss vermehrt über die Ventilplatte 3 fliesst, womit die Ventilplatte 3 besser durch die Magnetspule 9 angezogen werden kann.

Fig. 3c zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Saugventils 1 mit Dämpferplatte 4. Um den magnetischen Fluss zwischen dem Ringkörpermagnetjoch 6c und der Ventilplatte 3 zu verbessern, weist der Ringkörper 4a der Dämpferplatte 4 einen Spalt 4c auf, unter Ausbildung von zwei Ringkörperteilen 4b, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist. Der Spalt 4c verläuft vorteilhafterweise konzentrisch zur Zentralschraube 7.

Fig. 3d zeigt einen weiteren Querschnitt durch einen Ringkörper 6a, wobei das Ringkörpermagnetjoch 6c V-förmig verlaufend ausgestaltet ist, sodass die ganze Magnetspule 9 in einer isolierenden Abdeckschicht 9a eingebettet ist.

Zum Betrieb des Saugventils 1 ist zumindest eine einzige im Ventilfänger 6 angeordnete Magnetspule 9 erforderlich. Vorteilhafterweise werden eine Mehrzahl von in den konzentrisch verlaufenden Ringkörpern 6a angeordneten Magnetspulen 9 verwendet, um eine grössere Kraft auf die Ventilplatte 3 zu bewirken. Diese Magnetspulen 9 können von der Ansteuervorrichtung 8 derart angesteuert sein, dass alle Magnetspulen ein gleichpoliges laufendes Magnetfeld erzeugen oder auch dass benachbart liegende Magnetspulen ein gegenpoliges Magnetfeld erzeugen. Die erfindungsgemässe Vorrichtung zum Betätigen einer Ventilplatte 3 eines Saugventils der Plattenbauart 1 umfasst zumindest einen Ventilfänger 6 sowie eine elektronische Ansteuervorrichtung 8. Diese Vorrichtung kann zusammen mit einem Ventilsitz 2, einer Ventilplatte 3, sowie Federelementen 5 zu einem Saugventil 1 zusammengestellt werden. Dabei eignet sich die, erfindungsgemässe Vorrichtung auch für bereits bestehende

- Saugventile, um diese in ein ansteuerbares Saugventil 1 umzurüsten. Dabei wird der bestehende Ventilfänger 6 durch den in Fig. 1 dargestellten Ventilfänger 6 mit Magnetspulen 9 ersetzt, und die Magnetspulen mit der
- 5 Ansteuervorrichtung 8 verbunden. Somit kann ein bestehendes Saugventil 1 auf eine einfache und kostengünstige Weise umgebaut werden. Die erfindungsgemässe Vorrichtung und die Saugventile 1 finden insbesondere bei Kolbenkompressoren Verwendungen.
- 10 Die erfindungsgemässe Vorrichtung erlaubt, die Fördermenge jedes einzelnen Verdichtungsraumes des Kolbenkompressors unabhängig von den anderen Verdichtungsräumen und stufenlos zu verändern und zu regeln.
- 15 Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Saugventils 1 umfassend einen Ventilsitz 2 und eine Ventilplatte 3, welche Ventilplatte 3 aus einer Mehrzahl einzelner, konzentrisch angeordneter, ringförmig ausgebildeter Ventilplattenteile 3a,3b besteht, sowie
- 20 einen Fänger 6 mit in den Ringkörpern 6a des Fängers 6 angeordneten Magnetspulen 9. Die Federn 5, welche die Ventilplattenteile 3a,3b in der Ruhelage gegen den Ventilsitz 2 drücken sind nicht dargestellt. Beim betätigen der Magnetspulen 9 wird der jeweils unter der
- 25 Spule 9 angeordnete Ventilplattenteil 3a,3b,3c vom darüberliegenden, u-förmig ausgebildeten Ringkörper 6a angezogen. Die Magnetspulen 9 sind gemeinsam ansteuerbar, sodass alle Ventilplattenteile 3a,3b,3c gleichwirkend betreibbar sind. Die Magnetspulen 9 sind auch derart
- 30 ansteuerbar, dass die einen Ventilplattenteile 3a,3b,3c, zum Beispiel die Ventilplattenteile 3a,3b durch das Betätigen der Magnetspule 9 am Ventilfänger 6 gehalten sind, während der Ventilplattenteil 3c normal beweglich öffnet und schliesst, da die über dem Ventilplattenteil
- 35 3c angeordnete Magnetspule 9 nicht aktiviert ist.

Die Ventilplattenteile 3a,3b,3c sind aus einem ferromagnetischen Metall wie Eisen oder aus einem ferromagnetischen Kunststoff oder aus einem ein ferromagnetisches Metall enthaltenden Kunststoff gefertigt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur stufenlosen Fördermengenregulierung  
eines Saugventils (1) der Plattenbauart, mit einer  
5 Ventilplatte (3), die von einem in einem Ventulfänger  
(6) angeordneten Elektromagneten (9) betätigt wird,  
wobei der Elektromagnet (9) derart angesteuert wird,  
dass in einer ersten Ansteuerphase (11a) die  
10 Ventilplatte (3) fest am Ventulfänger (6) oder an  
einer zwischen dem Ventulfänger (6) und der  
Ventilplatte (3) angeordneten Dämpferplatte (4)  
anliegt und blockiert wird, und dass in einer zweiten  
Ansteuerphase (11b) das Elektromagnet (9) mit einem  
abklingenden Wechselstrom angesteuert wird, um die  
15 Ventilplatte (3) zumindest teilweise zu  
entmagnetisieren, sodass die Ventilplatte (3) gelöst  
wird .
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass der Elektromagnet (9) aktiviert wird, während  
20 sich die Ventilplatte (3) in einem geöffneten Zustand  
befindet.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,  
dass der Elektromagnet(9) nur dann aktiviert oder  
deaktiviert wird, wenn die Ventilplatte (3) alleine  
25 oder zusammen mit einer Dämpferplatte (4) am  
Ventulfänger (6) anliegt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch  
gekennzeichnet, dass der Elektromagnet (9) derart  
angesteuert wird, dass die Ventilplatte (3) über eine  
30 vorgebbare Anzahl Zyklen eines Kompressors geöffnet  
bleibt, und über eine vorgebbare Anzahl Zyklen ohne



Einwirkung des Elektromagneten (9) freilaufend betrieben wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilplatte (3) aus einer Mehrzahl konzentrisch angeordneter Ventilplattenteile (3a,3b) besteht, welche durch die Elektromagnete (9) einzeln oder gemeinsam angesteuert werden.
6. Vorrichtung zum Betätigen einer Ventilplatte (3) eines Saugventils (1) der Plattenbauart mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bestehend aus einem Ventilfänger (6) sowie einer elektronischen Ansteuervorrichtung (8), wobei der Ventilfänger (6) aus einem Ringkörper (6a) gebildet ist, welcher eine in Umfangsrichtung verlaufende Ringnut (6b) sowie eine in der Ringnut (6b) angeordnete Magnetspule (9) aufweisen, sodass der Ringkörper (6a) ein Ringkörpermagnetjoch (6c) eines Elektromagneten ausbildet, und wobei die Magnetspule (9) mit der Ansteuervorrichtung (8) verbunden ist, um die den Anker des Elektromagneten bildende Ventilplatte (3) anzuziehen.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronischen Ansteuervorrichtung (8) zumindest eine einen abklingenden Wechselstrom erzeugende Modulationsvorrichtung (8a) aufweist, welcher Wechselstrom an die Magnetspule (9) anlegbar ist, um das Ringkörpermagnetjoch (6c) und/oder die als Anker dienende Ventilplatte (3) zu entmagnetisieren.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilfänger (6) eine Mehrzahl konzentrisch angeordneter Ringkörper (6a)



\* C L N S \*

mit Magnetspulen (9) aufweist, und dass die Magnetspulen (9) von der Ansteuervorrichtung (8) gleichpolig oder gegenpolig ansteuerbar sind.

- 5 9. Saugventil der Plattenbauart (1) umfassend einen Ventilsitz (2), eine Ventilplatte (3) mit Ventilsitzen (5) sowie eine Vorrichtung gemäss einer der Ansprüche 6 bis 8, wobei die Ventilplatte (3) und der Ventilsitz (2) direkt aufeinanderlegbar sind.
- 10 10. Saugventil der Plattenbauart (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Ventilplatte (3) und dem Ventilsitz (6) eine Dämpferplatte (4) angeordnet ist.
- 15 11. Saugventil der Plattenbauart (1) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpferplatte (4) eine Mehrzahl konzentrisch verlaufender Ringkörper (4a) aufweist, welche alle miteinander verbunden sind und welche auf der dem Ventilsitz (6) zugewandten Seite u-förmig ausgestaltet sind.
- 20 12. Saugventil der Plattenbauart (1) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpferplatte (4) eine Mehrzahl konzentrisch verlaufender Ringkörper (4a) aufweist, welche alle miteinander verbunden sind, wobei mindestens ein Ringkörper (4a) aus zwei durch einen, vorzugsweise konzentrisch verlaufenden, Spalt (4c) getrennte Ringkörperteile
- 25 13. Saugventil der Plattenbauart (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilsitz (2), die Ventilplatte (3) und der Ventilsitz (6) aus rostfreiem Stahl bestehen,
- 30



\* C L M S \*

insbesondere einem Stahl mit hartmagnetischen Eigenschaften.

14. Saugventil der Plattenbauart (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilplatte (3) aus einer Mehrzahl einzelner, ringförmig ausgestalteter, konzentrisch verlaufend angeordneter Ventilplattenteile (3a,3b) besteht.
15. Kolbenkompressor mit einer Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 6 bis 14 oder betrieben mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5.



Fig.1

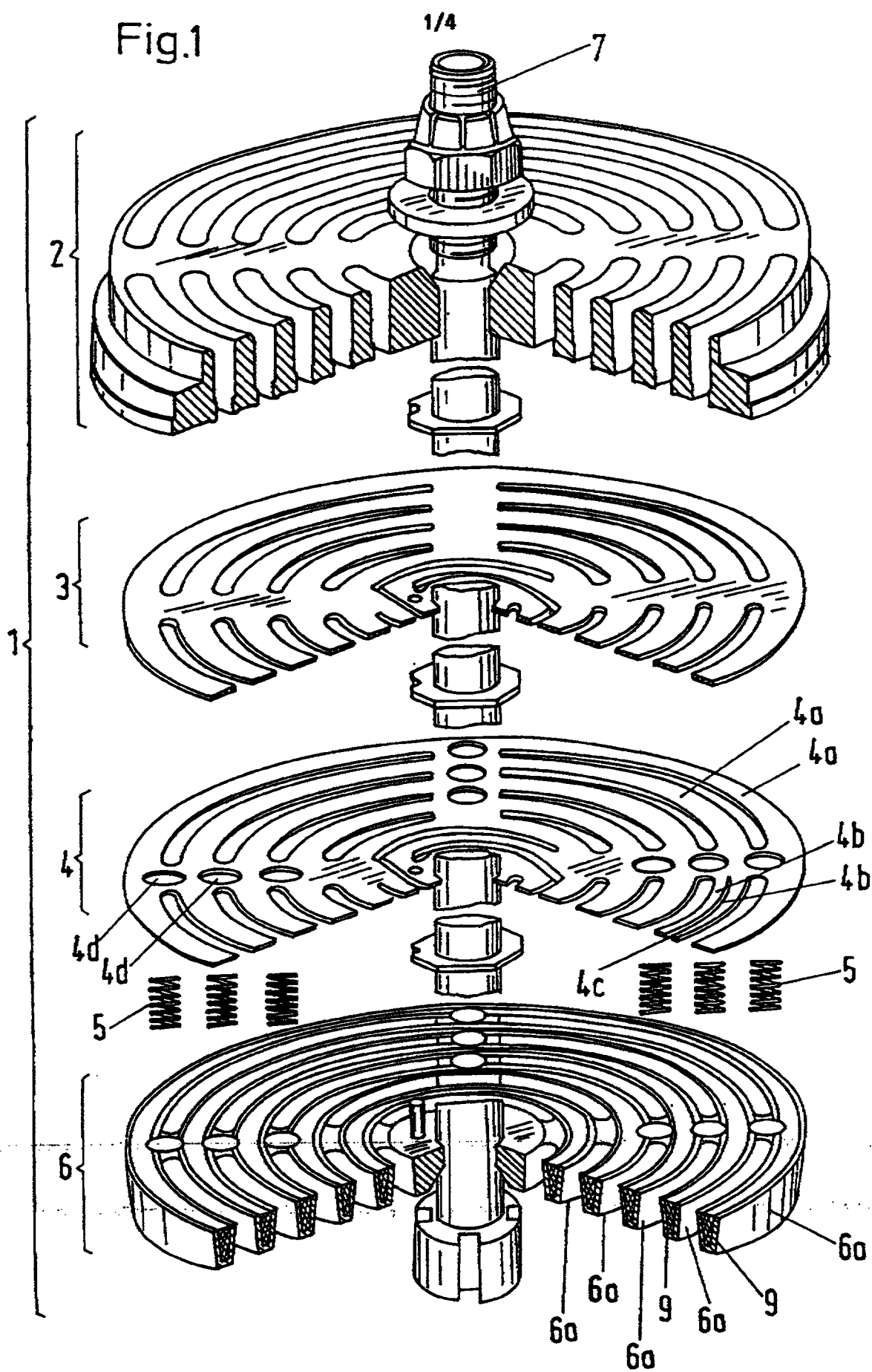


Fig.2

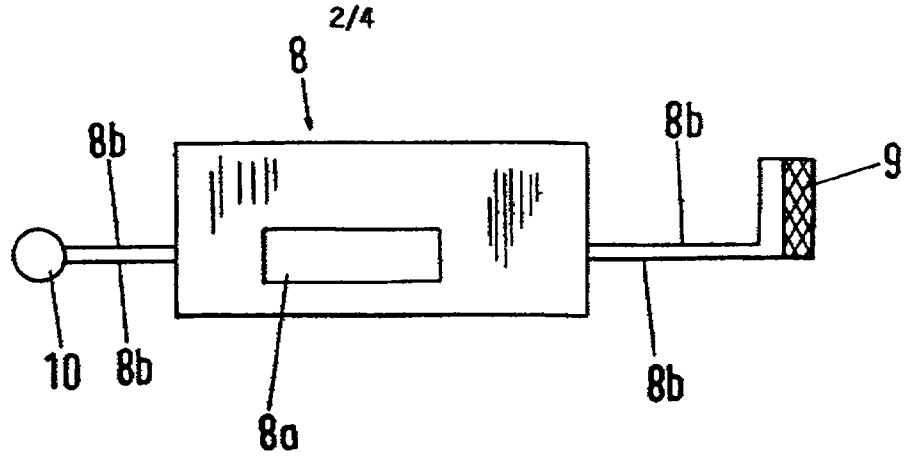


Fig.3a

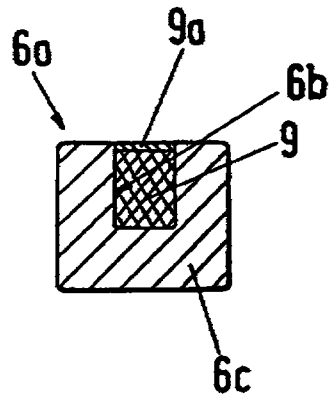


Fig.3d

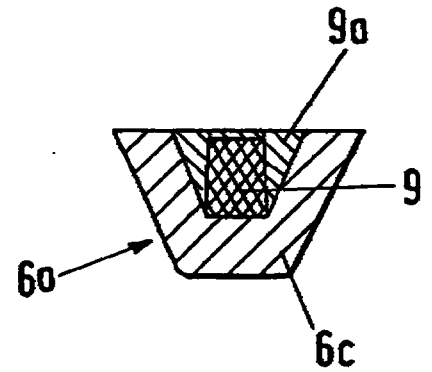


Fig.3b

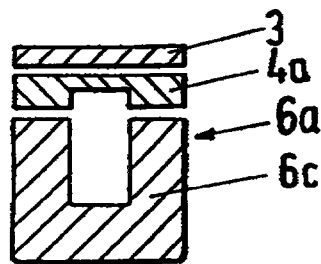


Fig.3c

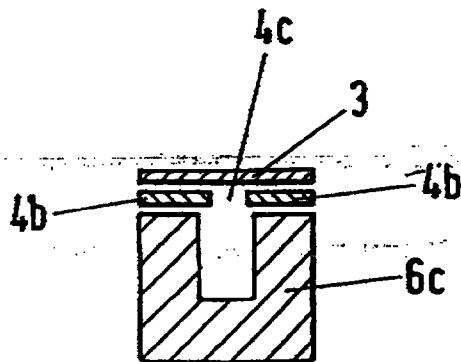


Fig.4

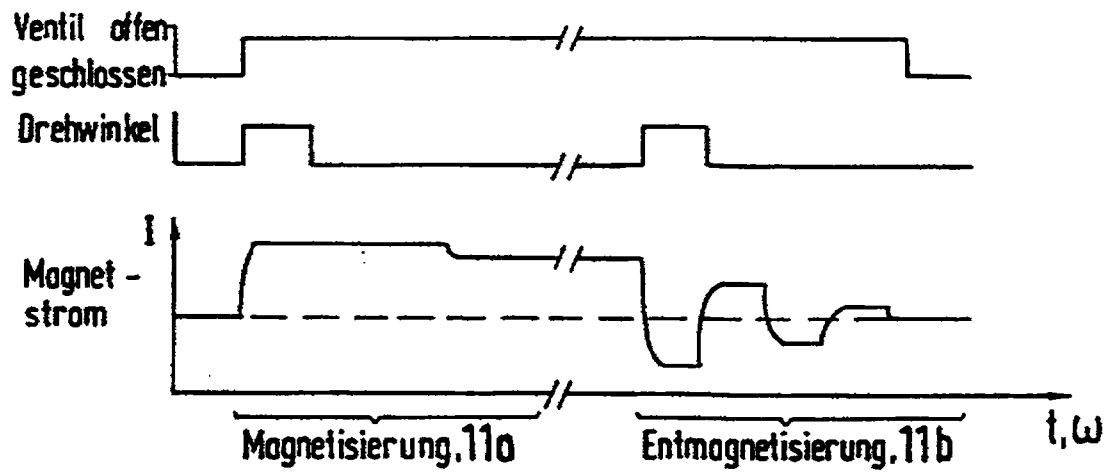
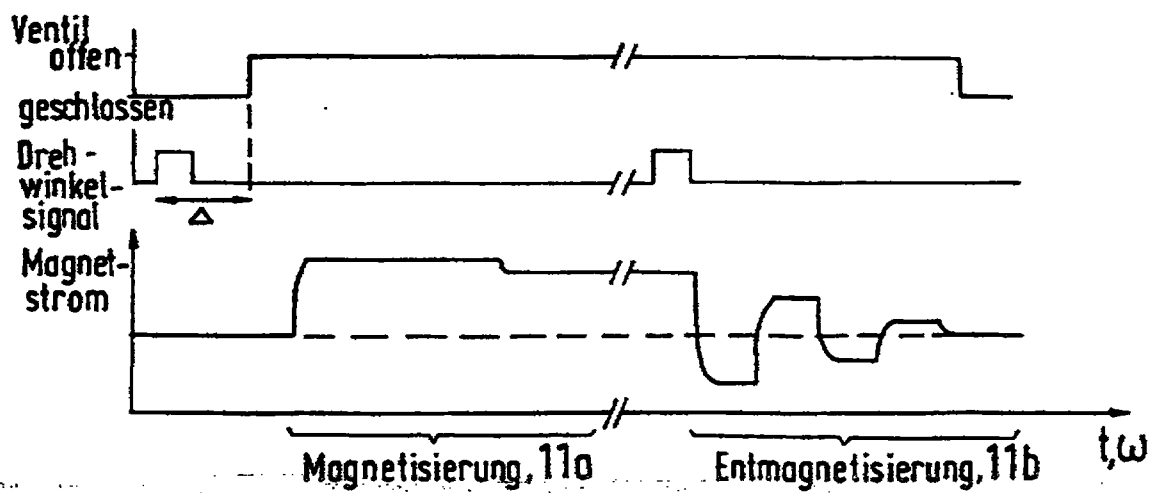


Fig.5



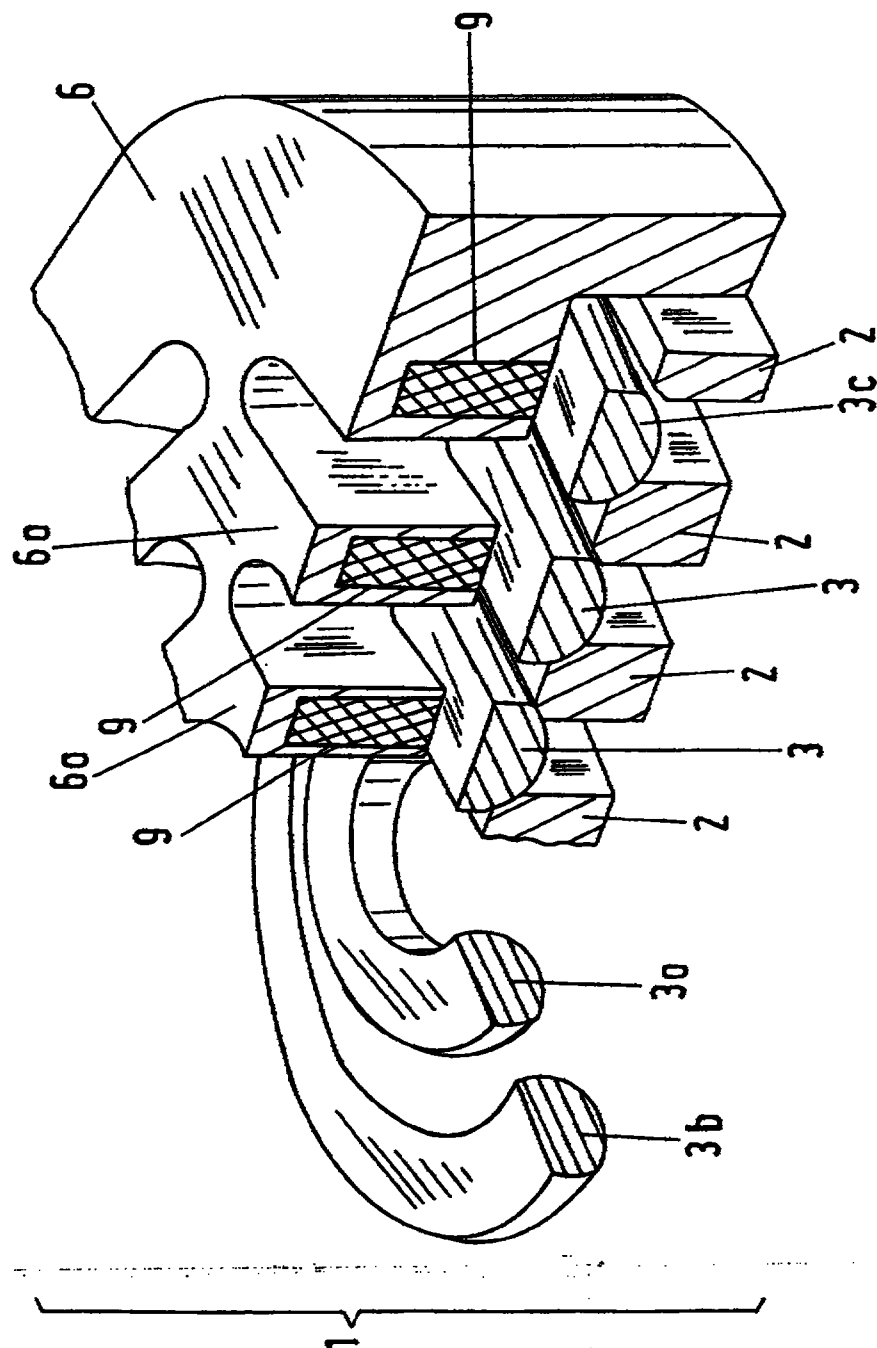


Fig.6

Maschinenfabrik Sulzer-Burckhardt AG, Basel (Switzerland)

Method and apparatus for a suction valve of the plate-type  
of construction

The invention relates to a method of operating a suction valve of the plate-type of construction in accordance with the features of claim 1. The invention relates to an apparatus for carrying out the method in accordance with the features of claim 6.

An electromagnetically controlled suction valve of the plate-type of construction is known from the patent specification DE-679 714. There, the valve plate serves as an armature of an electromagnet, so that the position of the valve plate can be determined by a control of the magnet coil. This known suction valve has the disadvantage that the valve plate has the tendency to stick to the magnetic yoke of the electromagnet which does not permit any reliable, and in particular rapid operation of the suction valve.

Furthermore, it is necessary to arrange a magnetic insulation relative to the valve seat, in order to prevent the valve plate serving as an armature sticking at the valve seat. This magnetic insulation has the disadvantage that the application is costly and that the blows brought about by the valve plate bring about substantial wear of the magnetic insulation which greatly shortens the servicing interval for the suction valve.

It is the object of the present invention to propose a more economical suction valve which is better controllable.

This object is satisfied by a method in accordance with the

features of claim 1. The dependent claims 2 to 5 relate to further advantageous developments of the method. The object is further satisfied by an apparatus in accordance with the features of claim 6. The dependent claims 7 to 14 relate to further advantageous developments of the apparatus of the invention.

This object is in particular satisfied with a method such that the valve plate is held by an electromagnet arranged in the catcher, and such that the electromagnet is controlled with a decaying alternating current for the release of the valve plate, in order to at least partly demagnetise the valve plate, so that the valve plate is reliably released from the valve catcher and does not stick to the valve seat. The apparatus of the invention has a valve catcher with a magnet coil, and also a control device in order to control the magnet coil, and in particular to supply it with a decaying alternating current.

The invention will be described in detail with reference to embodiments. There are shown:

Fig. 1 an exploded drawing of a suction valve with the plate-type of construction;

Fig. 2 an electronic control device;

Fig. 3a a cross-section through a ring body of the valve catcher;

Fig. 3b a further cross-section through a ring body of a valve catcher with a damper plate and a valve plate;

Fig. 3c a further cross-section through a ring body of a valve catcher with a damper plate and a valve plate;

Fig. 3d a cross-section through a further embodiment of a ring body of a valve catcher;

Fig. 4 a control diagram for a suction valve of the plate-type of construction;

Fig. 5 a control diagram for a further method of controlling a suction valve of the plate-type of construction;

Fig. 6 a further embodiment of a suction valve with a valve plate consisting of a plurality of ring-shaped valve plate parts.

Fig. 1 shows in an exploded drawing a suction valve 1 comprising a valve seat 2 which is also termed a valve seat plate, a valve plate 3, a damper plate 4 and a catcher 6. These parts are held together by a common central screw 7. The damper plate 4 has openings 4d for the passage of a spring 5 which is arranged to act between the catcher 6 and the valve plate. The suction valve 1 can also be operated with, or also without, a damper plate 4. The valve catcher 6 has a plurality of ring bodies 6a which are all connected together. Each ring body 6a has a groove 6b extending in the circumferential direction, with electrical conductors being arranged in the ring groove 6b and forming a magnet coil 9.

Fig. 3a shows a cross-section through a ring body 6a with the ring groove 6b, so that the ring body 6a adopts the shape of a yoke 6c of a ring body magnet. A magnet coil 9 is arranged in the ring groove and forms an electromagnet. The ring body 6a in accordance with embodiment of Fig. 3a has a cover layer 9a at the side facing the valve plate 3 which hermetically seals off the inner space occupied by the

magnet coil relative to the outside, in order to protect the magnet coil 9 from contamination or noxious gases. the magnet coil 9 is controlled by a control device 8, so that a magnetic field is formed and the valve plate 3 is attracted by this magnetic field. The valve plate 3 forms the armature of the electromagnet.

Fig. 2 shows the control device 8 which has a modulation device 8a, with the control device being connected via electrical lines 8b to an angle of rotation sensor and via further electrical lines 8b to the magnet coil or magnet coils 9.

In Fig. 4 there is shown a schematic course of the measurement signals processed by the control device 8 and of the control signals that are generated. Time  $t$  or the angle of rotation  $\omega$  of the piston compressor are shown on the horizontal axis. In the uppermost diagram, the position of the valve is shown in the two operating states open and closed, in the middle diagram there is shown an angle of rotation signal from the angle of rotation sensor, and in the lower diagram there is shown the magnet current  $I$  transmitted by the control device 8 to the magnet coil. A magnetisation current is applied to the coil 9 in response to a signal of the angle of rotation transducer 10 and causes the valve plate 3 to be attracted by the valve catcher 6, so that the valve is open. During this, the control device 8 executes a first control phase 11a which brings about a magnetisation of the valve catcher 6. The suction valve 1 can now be held open over a time period which can be selected as desired. The signal of the angle of rotation sensor 10 is again preferably used for the closing of the suction valve 1, with the control device 8 introducing after this signal a second control phase 11b of the electromagnet 9 in that a decaying alternating current

which is supplied to the magnet coil 9 is produced by means of a modulation device 8a, in order to demagnetise the valve plate 3 and/or the valve catcher 6. Through the demagnetisation any form of holding force between the valve plate 3 and the valve catcher 6 is prevented. In particular, sticking together of the two parts as a result of residual magnetic forces is prevented. On closing of the suction valve 1, the valve plate 3 is pressed against the valve seat 2. During this, the valve plate 3 comes directly into contact on the valve seat 2, so that a direct contact exists between the two metallically formed components. As the valve plate 3 was previously demagnetised, there is no danger of the valve plate 3 sticking to the valve seat 2. The valve seat 2, the valve plate 3, and the valve catcher 6 customarily consist of a stainless steel with hard magnetic characteristics. No magnetically insulating materials are arranged between the valve seat 2, the valve plate 3, and the valve catcher 6, so that the demagnetisation of the valve plate 3 and of the valve catcher 6 is advantageous in order to ensure fault-free operation of the suction valve 1. The control method of the invention for the magnet coil 9 with a modulation device 8a for the demagnetisation has, moreover, the advantage that the demagnetisation can be carried out in a very short period of time, which enables very rapid switching times of the suction valve 1. The suction valve 1 is in particular controllable in such way that during a predetermined number of rotations, for example of a compressor, the valve 1 can be kept open and that the valve 1 can be operated during a further arbitrarily selectable number of rotations in an automatic opening and closing working mode. Thus, it is possible to steplessly regulate the delivery quantity of the suction valve 1.

Fig. 5 shows a further schematic course of a control method, and also the position of the valve 1. The elapsed time  $t$ ,

or the angle of rotation  $\omega$  of a piston compressor which is equivalent to the time, is shown on the horizontal axis. The angle of rotation signal is measured with the angle of rotation sensor 10. The operating behaviour of the suction valve 1 in conjunction with a piston compressor is known. In particular it is known that after a fixed angle of rotation  $\Delta$  relative to the angle of rotation signal the valve is completely open and the valve plate 3 contacts the valve catcher 6. The magnet coil 9 is then first activated by the control device 8 with a magnet current  $I$  in a first control phase 11a, when the valve 1 is fully open and the valve plate 3 contacts the valve catcher 6. In this way, the valve plate 3 can be very reliably held with a relatively low magnetic force. During an automatic operation of a piston compressor, a valve plate 3 contacts the valve catcher 6 during an angle of rotation of for example 120 degrees. After an angle of rotation signal a decaying alternating current is then supplied to the magnet coil 9 by the control device 8 in a second control phase 11b, where it is ensured that the total second control phase 11b will take place in a range of angular rotation in which the valve plate 3 would contact the valve catcher 6 during automatic operation. In this way the valve plate 3 is not prematurely separated from the range of influence of the magnet coil 9 during the second control phase 11b and the valve plate 3 can be fully demagnetised.

The suction valve 1 of Fig. 1 can be equipped with or without a damper plate 4. The control method of Fig. 5 was described for a suction valve 1 without a damper plate 4. Should the suction valve 1, however, also have a damper plate 4, then in the control method of Fig. 5 the damper plate 4 is arranged between the valve plate 3 and the valve catcher 6, so that with the fully open valve 1, the damper plate 4 contacts the valve catcher 6 and the valve plate 3

contacts the damper plate 4. Otherwise nothing changes with respect to the control method.

Fig. 3b shows a further cross-section through a ring body 6a formed as a yoke 6c of a ring body magnet. In this illustrated embodiment the suction valve has a damper plate 4, with the damper plate 4 consisting of a plurality of ring bodies 4 which are connected together as shown in Fig. 1. The ring body 4a is designed in accordance with the embodiment 3b in such a way that the side facing the yoke 6c of the ring body magnet is of U-shape. This design causes the magnetic flux to increasingly flow via the valve plate 3, whereby the valve plate 3 can be better attracted by the magnet coil 9.

Fig. 3c shows a further embodiment of a suction valve 1 with damper plate 4. In order to improve the magnetic flux between the yoke 6c of the ring body magnet and the valve plate 3, the ring body 4a of the damper plate 4 has a gap 4c while forming two ring body parts 4b as illustrated in Fig. 1. The gap 4c advantageously extends concentrically to the central screw 7.

Fig. 3d shows a further cross-section through a ring body 6a with the yoke 6c of the ring body magnet being of V-shaped design, so that the whole magnet coil 9 is embedded in an insulating cover layer 9a.

For the operation of the suction valve 1, at least a single magnet coil 9 arranged in the valve catcher 6 is necessary. A plurality of magnet coils 9 arranged in the concentrically extending ring bodies 6a is advantageously used in order to bring about a greater force on the valve plate 3. These magnet coils 9 can be controlled by the control device 8 in such a way that all the magnet coils generate a magnetic

field extending with the same polarity, or also in such a way that adjacently disposed magnet coils generate a magnetic field of opposite polarity. The apparatus of the invention for the actuation of a valve plate 3 of the suction valve of the plate-type of construction 1 includes at least one valve catcher 6, and also an electronic control device 8. This apparatus can be assembled together with a valve seat 2, a valve plate 3 and also spring elements 5 into a suction valve 1. In this respect, the apparatus of the invention is also suitable for already existing suction valves in order to convert these into a controllable suction valve 1. In this respect, the existing valve catcher 6 is replaced by the valve catcher 6 with magnet coils 9 as shown in Fig. 1 and the magnet coils connected to the control device 8. Thus, an existing suction valve 1 can be modified in a simple and cost favourable manner. The apparatus of the invention and the suction valves 1 find uses, in particular with piston compressors. The apparatus of the invention makes it possible to steplessly change and regulate the delivery quantity of each individual compressor space of a piston compressor independently of the other compression spaces.

Fig. 6 shows a further embodiment of a suction valve 1 comprising a valve seat 2 and a valve plate 3, with the valve plate 3 consisting of a plurality of individual concentrically disposed ring-like valve plate parts 3a, 3b and also a catcher 6 with magnet coils 9 arranged in the ring body 6a of the catcher 6. The springs 5, which press the valve plate parts 3a, 3b against the valve seat 2 in the rest position, are not illustrated. On actuating the magnet coils 9, the valve plate parts 3a, 3b, 3c respectively disposed beneath the coil 9 are attracted by the U-shaped ring body 6a lying above it. The magnet coils 9 are jointly controllable (energisable), so that all valve plate parts

3a, 3b, 3c are operable reacting in the same sense. The magnet coils 9 are also controllable such that the one valve plate parts 3a, 3b, 3c, for example the valve plate parts 3a, 3b are held at the valve catcher 6 by the actuation of the magnet coil 9, while the valve plate part 3c opens and closes with normal mobility, since the magnet coil 9 arranged above the valve plate part 3c is not activated.

The valve plate parts 3a, 3b, 3c are manufactured from a ferromagnetic material, such as iron, or of a ferromagnetic plastic, or of a plastic containing a ferromagnetic metal.

## Patent Claims

1. Method for the stepless regulation of the delivery of a suction valve (1) of the plate-type of construction, comprising a valve plate (3) which is actuated by an electromagnet (9) arranged in a valve catcher (6), wherein the electromagnet (9) is so controlled that in a first control phase (11a) the valve plate (3) firmly contacts the valve catcher (6), or a damper plate (4) arranged between the valve catcher (6) and the valve plate (3) and is blocked, and in that in a second control phase (11b) the electromagnet (9) is controlled by a decaying alternating current, in order to at least partly demagnetise the valve plate (3), so that the valve plate (3) is released.
2. Method in accordance with claim 1, characterised in that the electromagnet (9) is activated when the valve plate (3) is located in an open state.
3. Method in accordance with claim 2, characterised in that the electromagnet (9) is only then activated or deactivated when the valve plate (3) contacts the valve catcher (6) on its own or together with a damper plate (4).
4. Method in accordance with one of the claims 1 to 3, characterised in that the electromagnet (9) is so controlled that the valve plate (3) remains open for a predetermined number of cycles of a compressor and is operated free-running over a predetermined number of cycles without the action of the electromagnet (9).
5. Method in accordance with one of the claims 1 to 4, characterised in that the valve plate (3) consists of a



\* C L M S \*

plurality of valve plate parts (3a, 3b) arranged concentric to one another which are individually or jointly controlled by the electromagnets (9).

6. Apparatus for the actuation of a valve plate (3) of a suction valve (1) of the plate-type of construction using a method in accordance with one of the claims 1 to 5, comprising a valve catcher (6), and also an electronic control device (8), with the valve catcher (6) being formed of a ring body (6a) which has a ring groove (6b) extending in the circumferential direction, and also a magnet coil (9) arranged in the ring groove (6b), so that the ring body (6a) forms a yoke of a ring body magnet (6c) of an electromagnet, and wherein the magnet coil (9) is connected to the control device (8) in order to attract the valve plate (3) forming the armature of the electromagnet.
7. Apparatus in accordance with claim 6, characterised in that the electronic control device (8) has at least one modulation device (8a) which generates a decaying alternating current which can be applied to the magnet coil (9) in order to demagnetise the yoke (6c) of the ring body magnet and/or the valve plate (3) serving as the armature.
8. Apparatus in accordance with claim 6 or claim 7, characterised in that the valve catcher (6) has a plurality of concentrically arranged ring bodies (6a) with magnet coils (9), and in that the magnet coils (9) can be controlled by the control device (8) to have the same polarity or the opposite polarity.
9. Suction valve of the plate-type of construction (1) comprising a valve seat (2), a valve plate (3) with



valve springs (5), and also an apparatus in accordance with one of the claims 6 to 8, wherein the valve plate (3) and the valve seat (2) are directly placeable on top of one another.

10. Suction valve of the plate-type of construction (1) in accordance with claim 9, characterised in that a damper plate (4) is arranged between the valve plate (3) and the valve catcher (6).
11. Suction valve of the plate-type of construction (1) in accordance with claim 9 or claim 10, characterised in that the damper plate (4) has a plurality of concentrically extending ring bodies (4a) which are all connected together and which are of U-shape at the side facing the valve catcher (6).
12. Suction valve of the plate-type of construction (1) in accordance with claim 9 or claim 10, characterised in that the damper plate (4) has a plurality of concentrically extending ring bodies (4a) which are all connected to one another, with at least one ring body (4a) consisting of two ring body parts (4b) which are separated by a preferably concentrically extending gap (4c).
13. Suction valve of the plate-type of construction (1) in accordance with one of the claims 9 to 12, characterised in that the valve seat (2), the valve plate (3), and the valve catcher (6) consist of stainless steel, in particular of steel with hard magnetic characteristics.
14. Suction valve of the plate-type of construction (1) in accordance with one of the claims 9 to 13, characterised in that the valve plate (3) consists of a plurality of



individual valve plate parts (3a, 3b) which are of ring-like shape, and which are arranged extending concentrically to one another.

15. Piston compressor with an apparatus in accordance with one of the claims 6 to 14 are operated with a method in accordance with one of the claims 1 to 5.



### Abstract of Disclosure

Method for the stepless regulation of the delivery of a suction valve (1) of the plate-type of construction, comprising a valve plate (3) which is actuated by an electromagnet (9) arranged in a valve catcher (6), wherein the electromagnet (9) is so controlled that, in a first control phase (11a), the valve plate (3) firmly contacts the valve catcher (6), or a damper plate (4) arranged between the valve catcher (6) and the valve plate (3) and is blocked, and that, in a second control phase (11b), the electromagnet (9) is controlled by a decaying alternating current, in order to demagnetise the valve plate (3), so that the valve plate (3) is released.

Fig.1

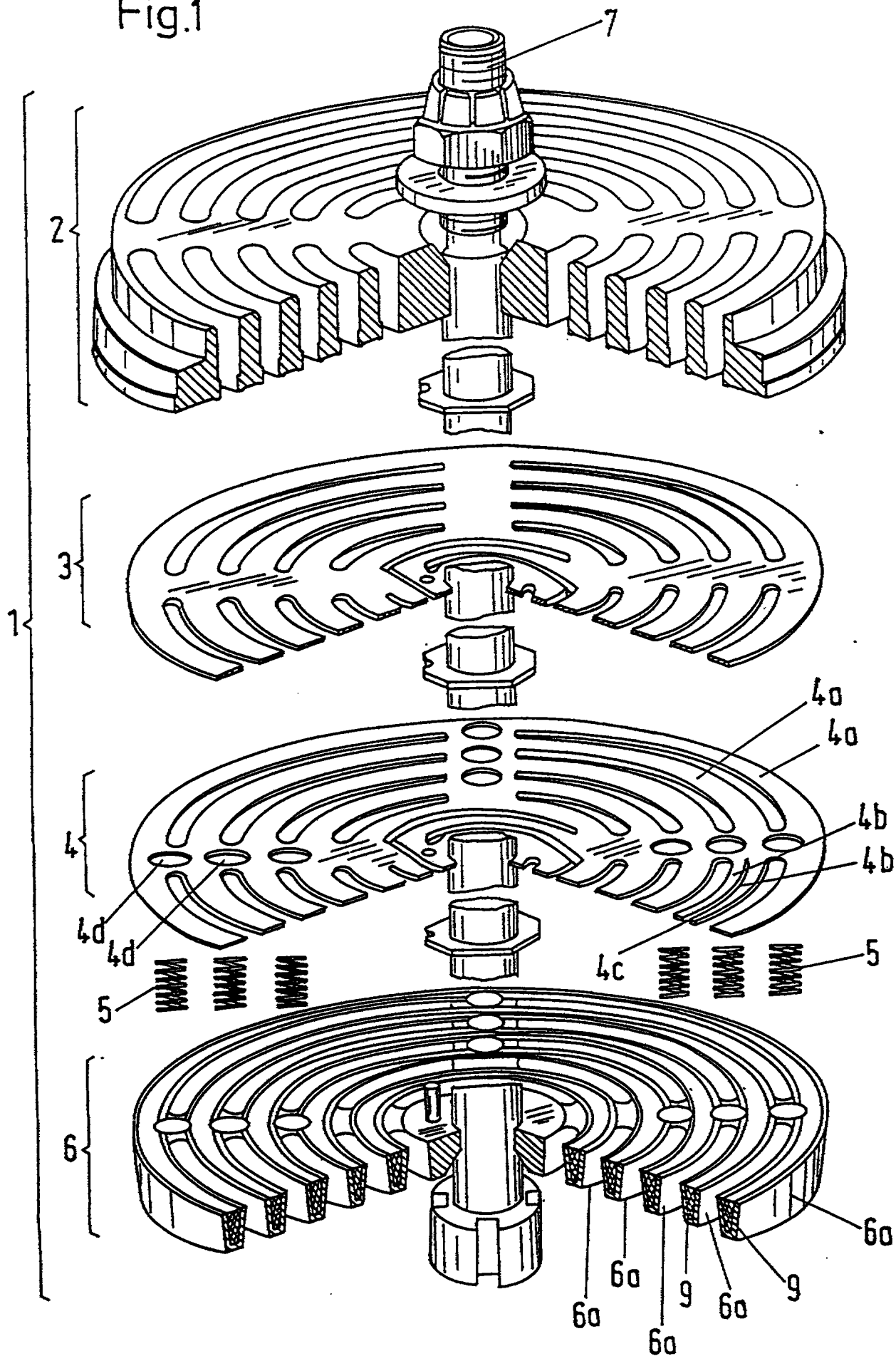


Fig.2

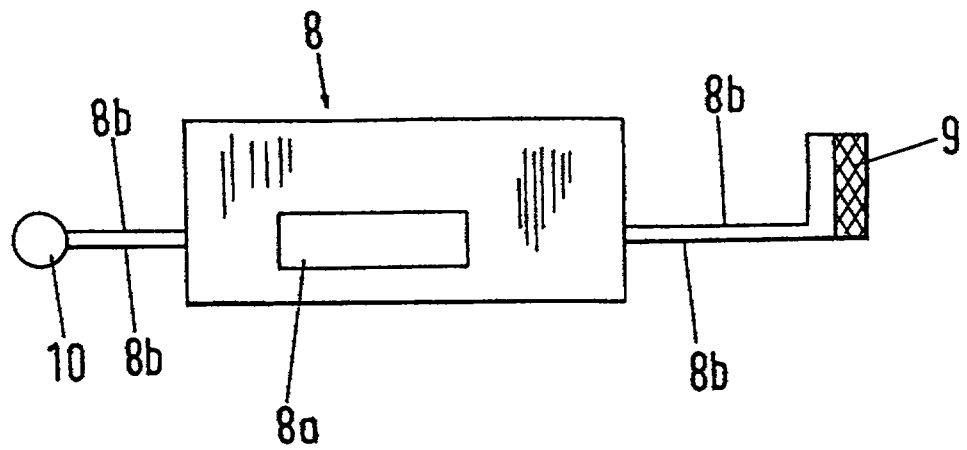


Fig.3a

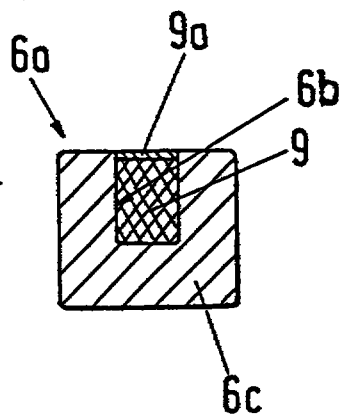


Fig.3d

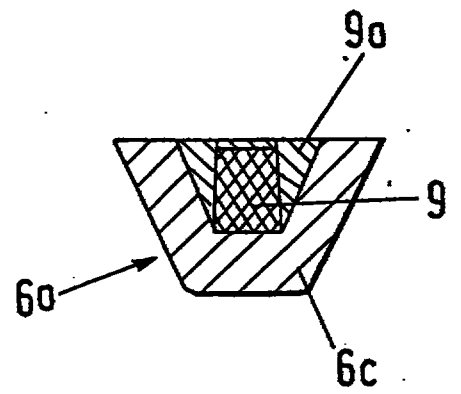


Fig.3b

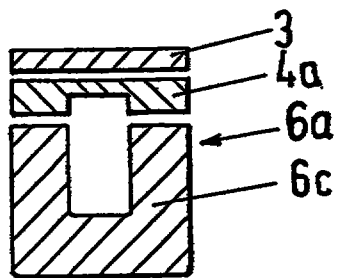


Fig.3c

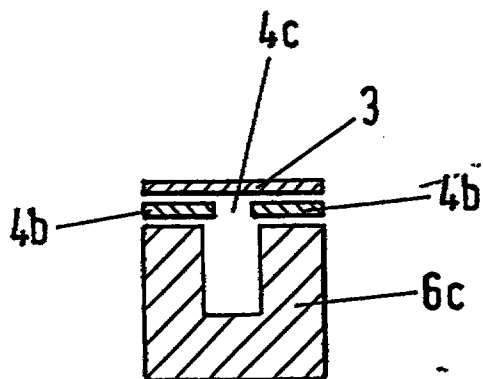


Fig.4

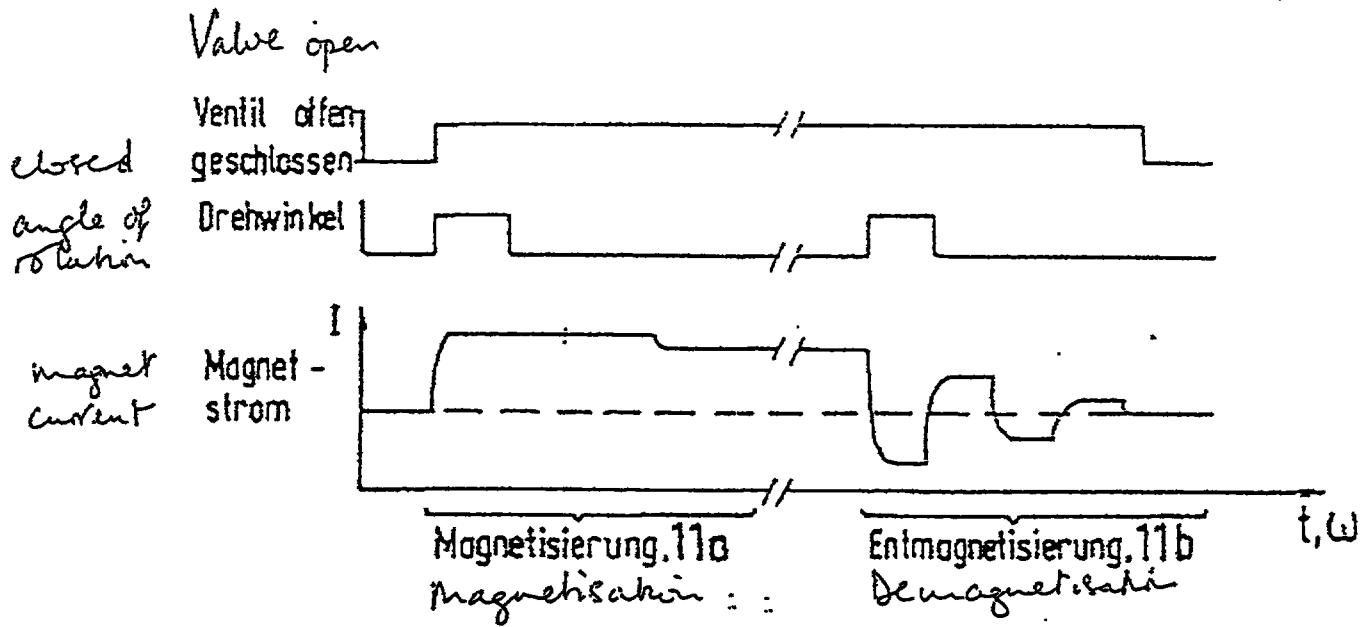
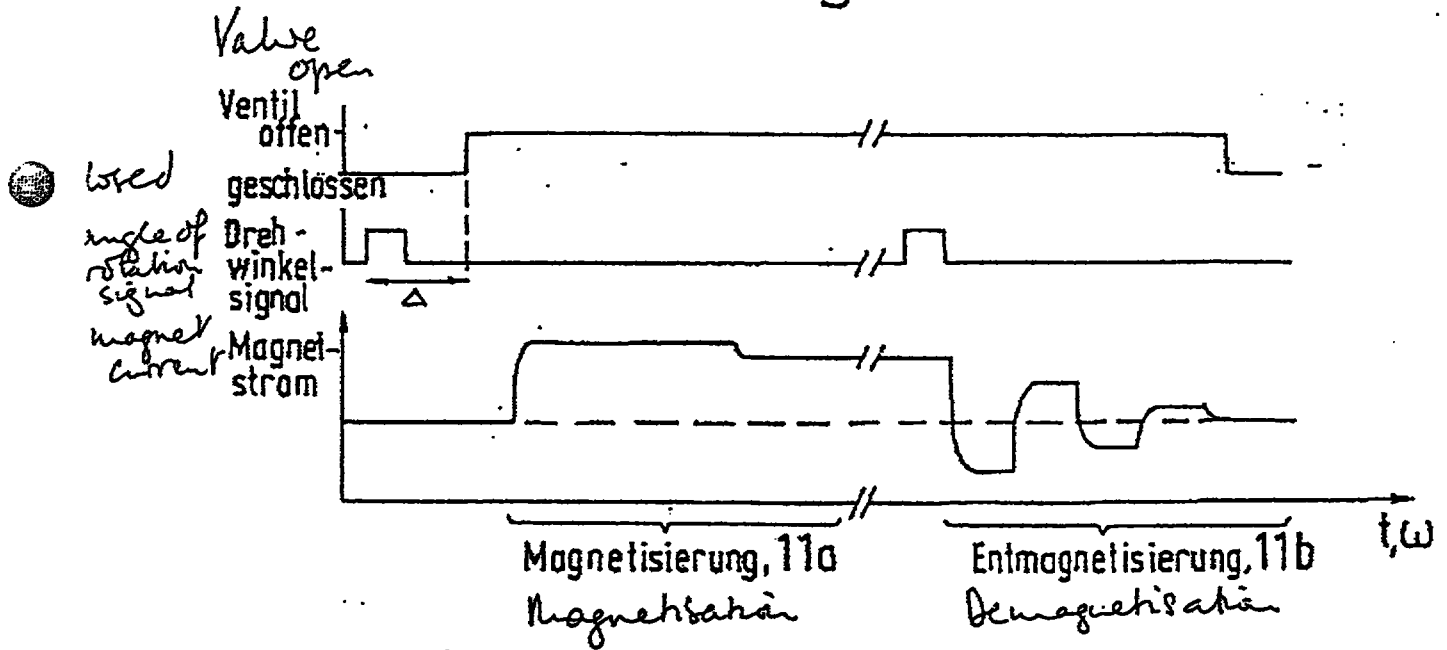
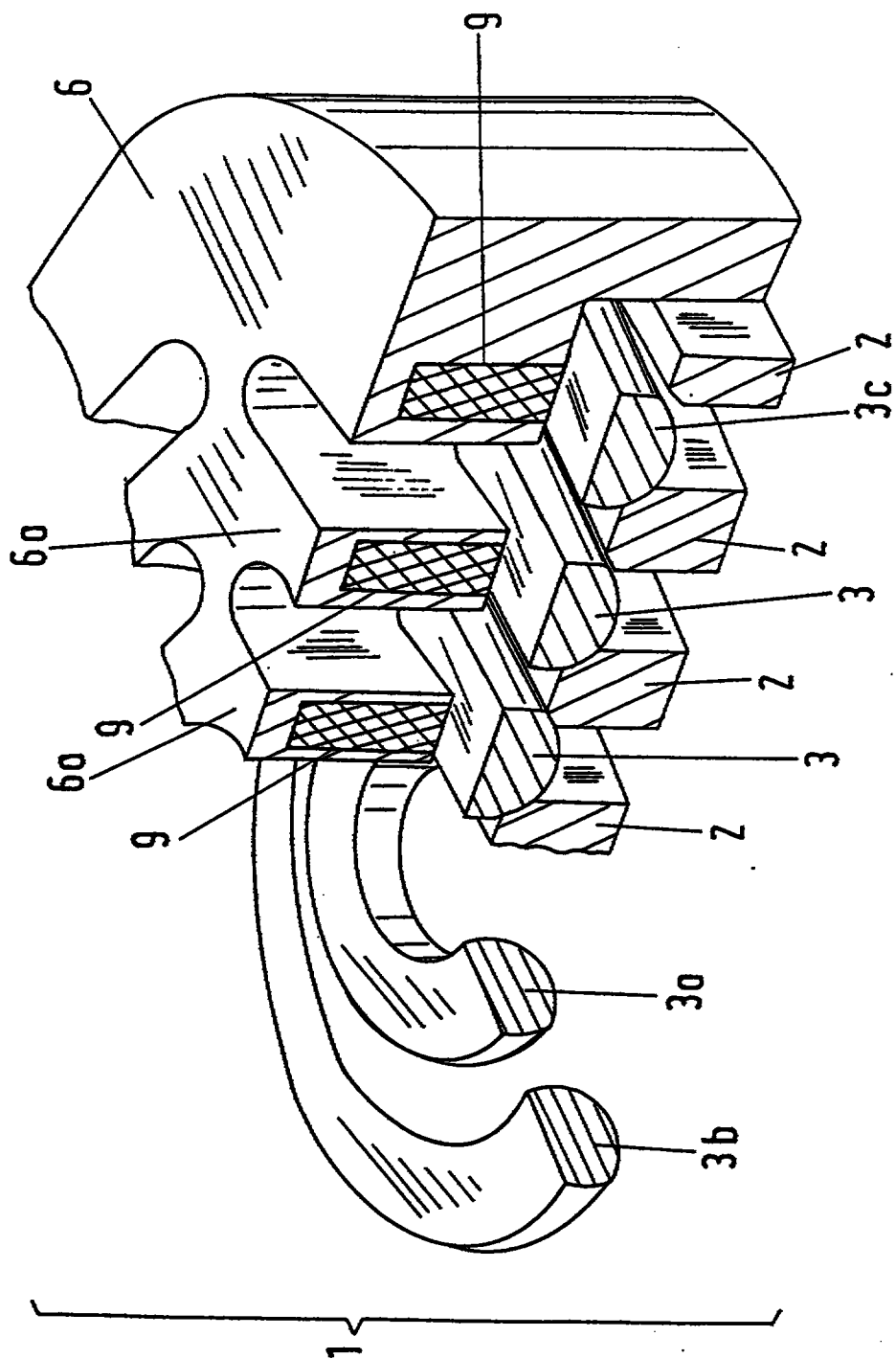
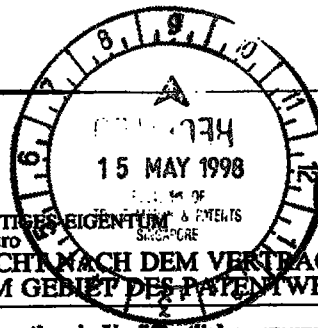


Fig.5







**PCT**  
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>(51) Internationale Patentklassifikation 6:</b><br><b>F04B 39/08, 49/24</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>A1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> <b>WO 97/13068</b><br><b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 10. April 1997 (10.04.97) |
| <b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> ✓ PCT/CH96/00340<br><b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 1. Oktober 1996 (01.10.96)<br><b>(30) Prioritätsdaten:</b><br>95810621.3 ✓ 3. Oktober 1995 (03.10.95) ✓ EP<br><b>(34) Länder für die die regionale oder internationale Anmeldung eingereicht worden ist:</b> AT usw.<br><b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> MASCHINENFABRIK SULZER-BURCKHARDT AG [CH/CH]; Dornacherstrasse 210, CH-4002 Basel (CH).<br><b>(72) Erfinder; und</b><br><b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> SAMLAND, Georg [CH/CH]; Hauptstrasse 27a, CH-8259 Kaltenbach (CH). KELLER, Christian [CH/CH]; Lachenstrasse 3, CH-8500 Frauenfeld (CH).<br><b>(74) Anwalt:</b> SULZER MANAGEMENT AG; KS/Patente/0007, Zürcherstrasse 12, CH-8401 Winterthur (CH). | <b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> AL, AM, AT, AU, AZ, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DE (Gebrauchsmuster), DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, (SG) SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, ARIPO Patent (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).<br><b>Veröffentlicht</b><br>Mit internationalem Recherchenbericht. |                                                                                                                                                         |

**(54) Title:** METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING AN INTAKE VALVE OF PLATE-LIKE CONSTRUCTION ✓

**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG FÜR EIN SAUGVENTIL DER PLATTENBAUART

**(57) Abstract**

The invention concerns a method of continuously regulating the delivery of a plate-like intake valve (1) comprising a valve plate (3) which is actuated by an electromagnet (9) disposed in a valve catcher (6), the electromagnet (9) being controlled in such a way that, in a first control phase (11a), the valve plate (3) lies firmly and is blocked on the valve catcher (6) or a damper plate (4) disposed between the valve catcher (6) and the valve plate (3) and, in a second control phase (11b), the electromagnet (9) is controlled by a decaying alternating current in order to demagnetize the valve plate (3) such that the latter is released.

**(57) Zusammenfassung**

Verfahren zur stufenlosen Fördermengenregulierung eines Saugventils (1) der Plattenbauart, mit einer Ventilplatte (3), die von einem in einem Ventulfänger (6) angeordneten Elektromagneten (9) betätigt wird, wobei der Elektromagnet (9) derart angesteuert wird, dass in einer ersten Ansteuerphase (11a) die Ventilplatte (3) fest am Ventulfänger (6) oder an einer zwischen dem Ventulfänger (6) und der Ventilplatte (3) angeordneten Dämpferplatte (4) anliegt und blockiert wird, und dass in einer zweiten Ansteuerphase (11b) das Elektromagnet (9) mit einem abklingenden Wechselstrom angesteuert wird, um die Ventilplatte (3) zu entmagnetisieren, sodass die Ventilplatte (3) gelöst wird.

