



(10) **DE 10 2011 053 023 A1** 2013.02.28

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 053 023.1**

(22) Anmeldetag: **26.08.2011**

(43) Offenlegungstag: **28.02.2013**

(51) Int Cl.: **F16K 31/06 (2011.01)**

(71) Anmelder:

**Hilite Germany GmbH, 97828, Marktheidenfeld,  
DE**

(72) Erfinder:

**Boban, Drazen, 72622, Nürtingen, DE; Franz,  
Bernd, 70567, Stuttgart, DE; Jacob, Thomas,  
70199, Stuttgart, DE; Knecht, Andreas, 72127,  
Kusterdingen, DE; Maisch, Dieter, 72664,  
Kohlberg, DE; Weber, Hartmut, 72655, Altdorf, DE**

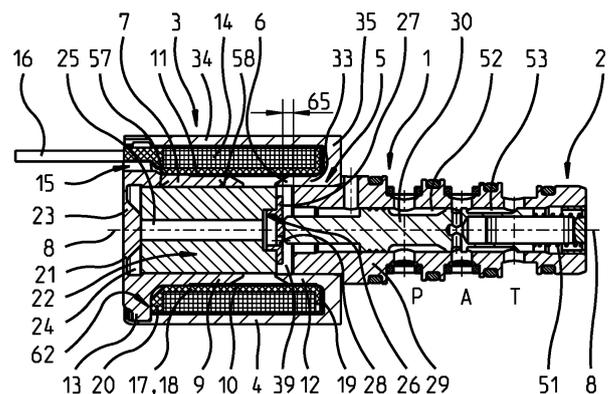
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Hydraulisches Getriebeventil**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein hydraulisches Getriebeventil (1) mit einem magnetisierbaren Gehäuse (4), welches einteilig mit einem Polkernkonus (6) ausgeformt ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Getriebeventil (1) lassen sich insbesondere Anfahr-/Schaltkupplungen oder Synchronisierungen komfortabel reibschlüssig koppeln. Dennoch ist der Einsatz eines solchen Getriebeventils (1) bei nur wenig bis gar keinen Getriebeölwechseln ermöglicht. Überdies kann ein solches Getriebeventil (1) auch in Staaten mit schlechter Getriebeölqualität eingesetzt werden.

Das Gehäuse (4) weist eine Verbindung (62) auf. Diese Verbindung (62) legt einen Ankerhub (65) und eine Konzentrität zwischen dem Polkernkonus (6) und einem Polrohr (7) fest. Dabei ist das Polrohr (7) bewegungsfest mit dem magnetisierbaren Polflansch (13) verbunden. Ein ausschließlich im Polrohr (7) geführter Anker (22) ist mittels einer Trennschicht (57) in einer Dicke von 0,01 mm bis 0,06 mm vom Polrohr (7) magnetisch getrennt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein hydraulisches Getriebeventil gemäß dem einteiligen Patentanspruch 1.

**[0002]** Aus der DE 198 08 279 A1 ist bereits ein hydraulisches Ventil bekannt. Das Ventil weist ein Kunststoffgehäuse auf. Dieses Kunststoffgehäuse ist um eine magnetisch leitende Einsatzbuchse gespritzt. In die Kombination aus Kunststoffgehäuse und Einsatzbuchse ist ein Polkern mit einem Polkernkonus eingesetzt. In die Einsatzbuchse ist ein als Boden bezeichnetes Kunststoffteil eingesetzt, welches um einen Topfboden eines topfförmigen Polrohrs gespritzt ist. Auf das Polrohr ist im Bereich des Topfbodens ein scheibenförmiger Polflansch aufgesetzt. In dem Polrohr ist ein Anker axial verschiebbar angeordnet. In den Anker ist ein Kolben eingesetzt, der in einer Hydraulikbuchse geführt ist, die einteilig mit dem Polkern ausgeführt ist.

**[0003]** Aus der DE 10 2009 042 888 A1 ist bereits ein Proportionalventil bekannt, dessen als Steuerkonus bezeichneter Polkernkonus eine Trompetenform aufweist. Das als Stahlhülse bezeichnete Polrohr weist eine Trennschicht auf, die ein Gleitlack, PTFE oder eine Nickel-PTFE-Beschichtung sein kann.

**[0004]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Getriebeventil für komfortabel reibschlüssig zu koppelnde Getriebekupplungen – insbesondere Anfahr-/Schaltkupplungen oder Synchronisierungen – zu schaffen, das den Einsatz bei nur wenig bis gar keinen Getriebeölwechseln ermöglicht. Überdies soll ein solches Getriebeventil auch in Staaten mit schlechter Getriebeölqualität eingesetzt werden.

**[0005]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 gelöst.

**[0006]** Um bei großen Getriebeölwechselintervallen – Extremfall Lebensdauerfüllung – dennoch ausfallsicher zu sein, muss das Getriebeventil eine hohe Robustheit aufweisen. Hohe Robustheit lässt sich zwar mit einem großen Spiel bei den zu bewegenden Teilen erzielen. Jedoch geht das zu Lasten der Regelgüte.

**[0007]** Das erfindungsgemäße Getriebeventil erfüllt diese widerstrebenden Ziele indem es eine hohe Robustheit neben einer hohen Regelgüte aufweist. Die hohe Robustheit wird erreicht, indem Schmutzpartikel im Hydrauliköl nicht zum Verklemmen des Getriebeventils kommen können, da der Anker so große Axialkräfte aufbringen kann, dass dieser sich stets frei reißen kann.

**[0008]** Das Getriebeventil weist dennoch eine hohe Regelgüte auf, die mittels mehrerer konstruktiver Maßnahmen erreicht wird. So werden insbesondere

die Querkräfte zwischen dem Anker und einem Polrohr minimiert.

**[0009]** Ein solches konstruktives Merkmal zur Verringerung der Querkräfte ist ein sehr enges Laufspiel zwischen dem Anker und dem Polrohr, das mittels einer sehr dünnen Trennschicht anstelle beispielsweise einer Hülse oder einer dicken Beschichtung erreicht wird. Eine solche sehr dünne Trennschicht liegt bei einer Schichtdicke von 0,01 mm bis 0,06 mm. Die dünne Trennschicht kann beispielsweise chemisch oder galvanisch erreicht werden. Als chemisches Verfahren kann beispielweise das chemische Vernickeln Anwendung finden. Hier hat sich eine Schichtdicke von 0,045 mm als ideal erwiesen. Die Mindestdicke von 0,01 mm ist theoretisch machbar. Mit den derzeitigen vorhandenen Verfahren hat sich eine Schichtdicke ab 0,02 mm als machbar erwiesen. Im Gegensatz beispielsweise zur galvanischen Vernickelung wird beim chemischen Verfahren keine Spannung über Elektroden angelegt. Die Schichtdicke ist bei der chemischen Vernickelung sehr homogen.

**[0010]** Der Anker kann an dessen Mantelfläche – d.h. der Lauffläche – beschichtet sein. Die chemische Vernickelung bietet dabei einen hohen Verschleiß und Korrosionsschutz. Alternativ kann auch das Polrohr innen beschichtet sein.

**[0011]** Ist das Polrohr dergestalt, dass es einen magnetisierbaren Boden aufweist, der unmittelbar an dem Anker zum anliegen kommt, so ist zur Verhinderung des magnetischen Klebens auch dort eine Trennungsmaßnahme durchzuführen. Diese Trennungsmaßnahme kann die gleiche Trennschicht sein, wie die Trennschicht an der Mantelfläche. Demzufolge kann auch die hintere Stirnfläche des Ankers oder der innenseitige Boden des Polrohrs galvanisch oder chemisch beschichtet sein.

**[0012]** Zur Herstellung eines proportionalen Verhaltens des Getriebeventils ist ein Polkernkonus vorgesehen. Mit einem solchen Polkernkonus sind aber auch verschiedene andere Kraft/Weg-Verläufe realisierbar. Der linearer Kraft/Weg-Verlauf ist jedoch zur Vereinfachung der Regelung zumeist gewünscht.

**[0013]** Infolge des geringen und überdies gleichmäßigen Abstands zwischen dem Polrohr und dem Anker entstehen wenig Kippmomente auf den Anker und dieser weist damit nur wenig Querkräfte auf, die ansonsten die Reibung und damit die weiter und im Ausführungsbeispiel erläuterte Hysterese  $\Delta p$  vergrößern würden.

**[0014]** Um die Querkräfte gering zu halten, muss auch der Polkernkonus sehr konzentrisch zum Anker und zum Polrohr ausgerichtet sein. Dafür sieht die Erfindung vor, dass der Polkernkonus und das Gehä-

se gemeinsam einteilig aus magnetisierbaren Metall gefertigt sind. Überdies weist das Gehäuse eine Verbindung auf, in dem ein magnetisierbarer Polflansch des Polrohrs abgestützt ist. Diese Verbindung legt einen Ankerhub des Ankers und eine Konzentrizität zwischen dem Polkernkonus und dem Polrohr fest.

**[0015]** Um in einer vorteilhaften Ausgestaltung den Ankerhub genau zu definieren, kann der Polflansch zur axialen Passung eine Stirnfläche aufweisen, die an einer Anlagefläche des Gehäuses anliegt.

**[0016]** Zur Sicherstellung der Konzentrizität zwischen dem Polrohr und dem Polkernkonus kann der Polflansch eine radiale Passung aufweisen.

**[0017]** Die radiale und die axiale Passung ist auch in einer gemeinsamen Passung zusammenführbar. Beispielsweise kann der Polflansch radial außen konisch ausgestaltet sein, so dass sich eine konische Verbindungsstelle zum Gehäuse ergibt.

**[0018]** In diesem Fall ist die Einstellung des Ankerhubes jedoch mit mehr Aufwand verbunden.

**[0019]** Das Polrohr ist in jedem Fall bewegungsfest verbunden mit dem Polflansch. Insbesondere kann der magnetisierbare Polflansch einteilig mit dem Polrohr sein. Es ist jedoch beispielsweise auch möglich, den Polflansch als Scheibe auszuführen und auf das Polrohr aufzupressen. Im Anschluss kann die Baueinheit aus Scheibe und Polflansch abgedreht oder abgeschliffen werden. Somit bestimmt alleinig oder zumindest im weit überwiegenden Maße die Verbindung zwischen dem Gehäuse und dem Polflansch die Koaxialität zwischen dem Polrohr und dem Polkernkonus. Ist dieser Verbindungsprozeß wiederholbar gut mit kleinen Toleranzen, so sind auch Polrohr und Polkernkonus koaxial bzw. fluchtend zueinander in großen Stückzahlen zu produzieren. Der im Polrohr geführte Anker lässt sich in den Polkernkonus hinein verschieben, ohne dass Querkräfte diese Verschiebung mit Reibung belasten.

**[0020]** Damit es unter keinen Umständen zum Verkanten oder zur Reibung zwischen dem Anker und dem Polkernkonus kommen kann, kann zusätzlich der Innendurchmesser des Polkernkonus größer ausgeführt sein, als der Innendurchmesser des Polrohrs.

**[0021]** Zwischen dem Polkernkonus und dem Polrohr kann noch eine Hülse vorgesehen sein. Diese kann zwar mit einer zentrierenden Funktion ausgeführt sein. Dann müsste sie aber entsprechend dick ausgeführt sein. Da erfindungsgemäß jedoch die Verbindung zwischen Gehäuse und Polflansch die Koaxialität zwischen Polrohr und Polkernkonus sicher stellt, kann entweder auf eine solche Hülse verzichtet werden oder eine solche Hülse ist derart dünn ausge-

führt, dass sie keine zentrierende Wirkung hat. Keine zentrierende Wirkung bedeutet, dass die bei der Montage an der besagten Verbindung zwischen Gehäuse und Polflansch eingeleiteten Kräfte so groß sind, dass der Montageprozeß die dünne Hülse bei Fluchtungsfehlern ohnehin verformen würde. Die Funktion einer solchen dünnen Hülse ist dann die, den Raum innerhalb der Hülse gegenüber dem Raum außerhalb der Hülse abzudichten. Innerhalb der Hülse wird der Anker im Hydrauliköl verschoben. Außerhalb der Hülse ist die Spule zur Verschiebung des Ankers vorgesehen. Diese Spule befindet sich je nach Ausführung des Getriebeventils in Luft, in Hydrauliköl oder in einem Luft-/Hydrauliköl-Gemisch. Damit kann die Hülse verwendet werden, um den Elektromagnetteil vor dem Hydrauliköl zu schützen. Hydrauliköl kann nicht an den Kontakten zu den elektrischen Leitungen austreten.

**[0022]** Doch auch bei den in den Ausführungsbeispielen dargestellten Getriebeventilen, deren Elektromagnetteile ohnehin im Hydrauliköl liegen, kann eine solche Hülse Sinn machen. Die Funktion der Hülse ist es dann, Lufteinschlüsse im Hydrauliköl innerhalb des Elektromagnetteils zu minimieren. Solche Lufteinschlüsse könnten ansonsten die hydraulische Dämpfung beim hin und her Schieben des Ankers negativ beeinflussen. Die Hülse dichtet

- den Raum außerhalb der Hülse und
- einen Ringraum axial zwischen dem Polkernkonus und dem Polrohr zwar nur sehr unzureichend gegen ein Durchfließen von Hydrauliköl ab. Jedoch verhindert die Hülse, dass sich bei Erstbefüllung des Elektromagnetteils mit Hydrauliköl durch die Querbohrung Luft innerhalb der Hülse sammeln kann. Solche Luft kann sich nämlich um die Spule herum bilden und wird aber mittels der Hülse außen gehalten. Damit kann auch die Erstprüfung des Getriebeventils mit realistischen Umgebungsbedingungen und damit einer realistischen Dämpfung durchgeführt werden.

**[0023]** Eine hydraulische Dämpfung ist nämlich für die Regelbarkeit des Getriebeventils wichtig. Gleichzeitig muss das Hydrauliköl für die Verschiebbarkeit des Ankers zwischen den beiden Räumen axial vor und hinter dem Anker hin und her geschoben werden können. Dazu ist ein hydraulischer Durchgang zwischen den beiden axialen Stirnflächen des Ankers vorgesehen. Dieser Durchgang umfasst eine zentrische Ausnehmung im Anker, der infolge von deren Zentrität die Querkräfte gering hält. Überdies kann in einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung im Bereich dieses Durchgangs eine Drosselblende vorgesehen sein. Eine solche kurze Drosselblende ermöglicht im Verhältnis zu langen Bohrungen eine relativ temperaturunabhängige Festlegung der hydraulischen Dämpfung. Die Drosselblende kann in besonders vorteilhafter Weise in einer nicht magnetisierbare Antiklebscheibe integriert sein. Infolge der

nicht-Magnetisierbarkeit der Antiklebscheibe gibt es keine Querkräfte, selbst wenn die Drosselblende exzentrisch – d.h. außerhalb der Längsachse des Ankers – angeordnet ist. Die exzentrische Anordnung der Drosselblende ist dabei von Vorteil, da die Antiklebscheibe somit zentrisch geschlossen sein kann und eine zentrale Anlagefläche für einen Stößel bilden kann. Somit lässt sich der zentrische Durchgang im Anker für die zentrische Anlage des Stößels schließen. Mit dem Stößel ist der Hydraulikteil betätigbar. Der Stößel kann in besonders vorteilhafter Weise einteilig mit einem Hydraulikkolben ausgeführt sein.

**[0024]** Um hohe Axialkräfte des Ankers zu bewirken, ist in besonders vorteilhafter Weise eine Hydraulikbuchse des Getriebeventils magnetisierbar und bildet gemeinsam mit dem Polkernkonus den Polkern.

**[0025]** Das Polrohr kann zur positiven Beeinflussung des Kraft/Weg-Verlauf analog dem Polkern mit einem Polrohrkonus ausgeführt sein.

**[0026]** Weitere Vorteile der Erfindung gehen aus den weiteren Patentansprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung vor.

**[0027]** Die Erfindung ist nachfolgend anhand von zwei Ausführungsbeispielen in der Zeichnung näher erläutert:

**[0028]** Dabei zeigen:

**[0029]** **Fig. 1** ein hydraulisches Getriebeventil in einer Grundstellung,

**[0030]** **Fig. 2** das hydraulische Getriebeventil in einer Regelstellung,

**[0031]** **Fig. 3** das hydraulische Getriebeventil in einer Anschlagstellung,

**[0032]** **Fig. 4** in einem Diagramm für das Getriebeventil gemäß **Fig. 1** bis **Fig. 3** einen hydraulischen Druck am Arbeitsanschluss über eine Stromstärke I aufgetragen,

**[0033]** **Fig. 5** in einem Diagramm für die Anwendung des Getriebeventils gemäß **Fig. 1** bis **Fig. 3** bei einer Lamellenkupplung die Anpresskraft der Lamellenkupplung über den Weg der Lamellenkupplung aufgetragen,

**[0034]** **Fig. 6** in einer weiteren Ausführungsform ein hydraulisches Getriebeventil in einer Grundstellung,

**[0035]** **Fig. 7** das hydraulische Getriebeventil gemäß **Fig. 6** in einer Regelstellung und

**[0036]** **Fig. 8** das hydraulische Getriebeventil gemäß **Fig. 6** in einer Anschlagstellung.

**[0037]** **Fig. 1** zeigt ein hydraulisches Getriebeventil **1** in einer Grundstellung. Dabei handelt es sich um ein Druckregelventil.

**[0038]** Dieses Getriebeventil **1** findet Einsatz in einem Doppelkupplungsgetriebe. Das Getriebeventil **1** steuert die Doppelkupplung. Dazu sind Hydraulikbuchsen **29** von Hydraulikteilen **2** mehrerer in Teilen ähnlich aufgebauter Getriebeventile in eine Steuerplatte des Doppelkupplungsgetriebes eingesetzt. Die Hydraulikbuchsen **29** sind als Drehteile ausgeführt. Mit den Hydraulikteilen **2** jeweils verbundene Elektromagnetteile **3** der Getriebeventile **1** ragen aus der Steuerplatte heraus und sind von Öl umspült. Jedes der Elektromagnetteile weist ein magnetisch leitendes Gehäuse **4** auf. Dieses Gehäuse **4** ist einteilig mit einem Polkernkonus **5** ausgeführt. Zu diesem Polkernkonus **5** führt ein Ringsteg **33**. Der Ringsteg **33** erstreckt sich koaxial zu einer Längsachse **8** des Getriebeventils **1** in die auf die Mitte des Elektromagnetteils **3** weisende Richtung. Der Polkernkonus **6** steht im Wesentlichen spiegelsymmetrisch einem Polrohrkonus **9** eines Polrohrs **7** gegenüber. Eine diesbezügliche imaginäre Spiegelebene verläuft dabei senkrecht zur Längsachse **8**. Das Polrohr **7** ist als Drehteil ausgeführt. Das Gehäuse **4** ist vorgeschmiedet und im Anschluss gedreht.

**[0039]** Eine magnetisch nicht leitende Hülse **10** ist einerseits auf den Ringsteg **33** und andererseits auf das Polrohr **7** gesetzt. Infolge der Dünnwandigkeit der Hülse **10** zentriert diese nicht. Die notwendige Zentrierung des Polkernkonus **9** gegenüber gegen dem Polrohr **7** erfolgt stattdessen über eine Verbindung **62** am Gehäuse **4**. Für die Aufnahme der Hülse **10** weisen sowohl das Polrohr **7** als auch der Ringsteg **33** radial außen abgedrehte Bereiche **11**, **12** auf.

**[0040]** Am hinteren Teil des Elektromagnetteils **3** erstreckt sich vom Polrohr **7** ein Polflansch **13** radial nach außen, der einteilig mit dem Polrohr **7** ausgeführt ist. Das Gehäuse **4** ist um diesen Polflansch **13** herum gebördelt, so dass der Polflansch **13** axial in beiden Richtungen am Gehäuse **4** abgestützt ist. Demzufolge bildet sich dort die Verbindung **62**. Diese Verbindung **62** legt einen Ankerhub **65** fest. Überdies legt diese Verbindung **62** eine Konzentrität zwischen dem Polkernkonus **9** und dem Polrohr **7** fest.

**[0041]** Die Verbindung **62** weist eine axiale Passung **61** und eine radiale Passung **60** auf. Der Polflansch **13** weist zur axialen Passung **61** eine Stirnfläche **63** auf, die an einer senkrecht zur Längsachse **8** des Getriebeventils **1** ausgerichteten Anlagefläche **64** des Gehäuses **4** anliegt. Der Polflansch **13** weist zur radialen Passung **60** eine Mantelfläche **66** auf. Der

Polflansch **13** ist dazu in eine zylindrische Ausnehmung **67** des Gehäuses **4** eingesetzt.

**[0042]** Die Anlagefläche **64** des Gehäuses **4** muss im hohen Maße rechtwinklig gegenüber der Längsachse **8** des Gehäuses **4** sein. Ebenso muss die Stirnfläche **63** des Polflansches **13** im hohen Maße rechtwinklig gegenüber der Längsachse **8** des Polrohrs **7** sein. Die Längsachsen **8** des Polrohrs **7** und des Gehäuses **4** fallen im dargestellten montierten Zustand zusammen.

**[0043]** Der Polflansch **13** weist Ausnehmungen **15** auf, durch welche elektrische Leitungen **16** zum Anlegen einer Spannung an eine Spule **14** geführt sind. Diese Spule **14** ist radial innen von einem Trägerkörper **17** aus Kunststoff begrenzt. Der Trägerkörper **17** weist dabei ein u-förmiges Profil auf. Demzufolge erstreckt sich von einem radial inneren Bereich **18** des Trägerkörpers **17** an dessen vorderem Ende ein scheibenförmiger Kragen **19** radial nach außen. Außerdem erstreckt sich von dem radial inneren Bereich **18** des Trägerkörpers **17** an dessen hinterem Ende ein scheibenförmiger Kragen **20** ebenfalls radial nach außen. Der radial innere Bereich **18** ist auf die Hülse **10** gesetzt. Der vordere Kragen **19** grenzt an das Gehäuse **5**. Der hintere Kragen **20** grenzt an den Polflansch **13**.

**[0044]** Der Polflansch **13** ist radial innen geschlossen ausgeführt, so dass sich ein Boden **21** bildet, der das Polrohr **7** an dessen hinterem Ende verschließt. Dabei ragt ein Anschlag **23** in das Polrohr **7** hinein. In der Grundstellung kommt dieser Anschlag **23** an dem Anker **22** mit seiner hinteren Stirnfläche **58** zum Anliegen. Um den Anschlag **23** bildet sich ein ringförmiger Aufnahmeraum **24** für Hydrauliköl.

**[0045]** Der Anker **22** weist eine zentrale Bohrung **25** auf. Diese zentrale Bohrung **25** ist mit einem Absatz am vorderen Ende des Ankers **22** zu einer Bohrung **26** größeren Durchmessers erweitert. In diese größere Bohrung **26** ist eine Antiklebscheibe **27** eingesetzt, die eine exzentrisch zur Längsachse **8** angeordnete kleine Öffnung **28** aufweist. Diese kleine Öffnung **28** hat die Funktion einer Drosselblende.

**[0046]** Der Bereich der Antiklebscheibe **27**, welcher ein Kleben des Ankers **22** an der magnetisch leitenden Hydraulikbuchse **29** des Hydraulikteils **2** bei dem in **Fig. 3** dargestellten voll ausgerücktem Anker **22** verhindern soll, ist als Scheibe **32** ausgeführt. Diese Scheibe **32** erstreckt sich von einem radial innen liegenden Anlagebereich **31** für einen Stößel **30**. Die magnetisch leitende Hydraulikbuchse **29** bildet damit gemeinsam mit dem zum Polkernkonus **6** führenden Ringsteg **33** einen Polkern **5**.

**[0047]** Der magnetische Fluss, der bei bestromter Spule **14** den Anker **22** in die axial auf den Polkern

**5** weisende Richtung zieht, verläuft aufeinander folgend

- vom Anker **22** auf
- das Polrohr **7** mit dem Polrohrkonus **9**,
- den flanschförmigen Polflansch **13**,
- eine Außenhülle **34** des Gehäuses **4**,
- einen radial nach innen gerichteten Gehäuseteil **35**,
- den Ringsteg **33**,
- den Polkernkonus **6** und wieder
- auf den Anker **22**.

**[0048]** Dabei wirkt der Ringsteg **33** mit dem Polkernkonus **6** und einem Zapfen **36** der in den Ringsteg **33** eingesteckten Hydraulikbuchse **29** als gemeinsamer Polkern **5**. Demzufolge wird mit einer sehr hohen Axialkraft am Anker **22** gezogen, die relativ linear wirkt, da der Anker **22** in seiner Grundstellung gemäß **Fig. 1** bereits um das Maß  $a = 0,2$  mm in den Polkernkonus eingetaucht ist. Bei dem in **Fig. 3** dargestellten Anliegen der Antiklebscheibe **27** an der Hydraulikbuchse **29** hat die vordere Stirnfläche **37** des Ankers **22** die axiale Konuslänge  $b$  des Polkernkonus **6** noch nicht überschritten.

**[0049]** Damit ist trotz der hohen Axialkraft des Ankers **22** gewährleistet, dass der gesamte Ankerhub **65** von der Grundstellung gemäß **Fig. 1** über eine Regelstellung gemäß **Fig. 2** bis zum Anliegen der Antiklebscheibe **27** gemäß **Fig. 3** einen linearen Kraft/Weg-Verlauf aufweist.

**[0050]** Die vom Anker **22** auf das Polrohr wirkenden Querkräfte sind äußerst gering. Dies wird durch die Kombination mehrerer Konstruktionsdetails erreicht. So ist zum einen der Anker **22** zur magnetischen Trennung vom Polrohr **7** mit einer chemisch aufgetragenen Trennschicht **57** getrennt. Diese Trennschicht **57** ist eine sogenannte chemische Vernickelung. Diese Trennschicht **57** weist eine Dicke von 0,045 mm auf.

**[0051]** Somit wird der Anker **22** zur Herstellung der Trennschicht **57** vor dem Einbau in ein Bad gehalten und insbesondere im Bereich der Mantelfläche **80** und der hinteren Stirnfläche **58** des Ankers **22** chemisch vernickelt. Um eine gleichmäßige lückenfreie Trennschicht **57** zu bilden, kann ein Halter den Anker **22** im chemischen Bad halten. Dieser Anker **22** kann innerhalb der zentralen Bohrung **25** und/oder an der vorderen Stirnflächen **37** gehalten werden, so dass es an dieser Stelle zu keiner oder nur einer minderwertigen Vernickelung kommen kann. In der zentralen Bohrung **25** und an der vorderen Stirnflächen **37** braucht die Trennschicht **57** ebenfalls nicht vorhanden sein. Es wäre aber auch möglich, auf die Trennschicht **57** an dem radial Bereich der hinteren Stirnfläche **58** zu verzichten, der ohnehin nie mit dem Boden des Polrohrs **7** in Kontakt kommt.

**[0052]** Zwar werden durch die hier beschriebene Minimierung der Anzahl von Bauteilen im magnetischen Fluss zwecks Herstellung einer bestmöglichen Koaxialität zwischen dem Polkernkonus **6** und dem Polrohr **7** die Koaxialitätsfehler sehr gering gehalten. Jedoch ist auch bei dieser Konstruktion der Innendurchmesser des Polkernkonus **6** geringfügig größer als der Innendurchmesser des Polrohrs **7**. Damit wird zusätzlich zur Trennschicht **57** ein den Anker **22** vom Polkernkonus **6** trennender ringförmiger Luftspalt erzeugt.

**[0053]** Die zentrische Anordnung der Bohrung **25** im Anker **22** ist eine weitere Maßnahme zur Minimierung der magnetischen Querkräfte. Wäre die dem Volumenausgleich zwischen dem Aufnahmeaum **24** und einem Raum **39** vor dem Anker **22** dienende Bohrung **25** nicht zentrisch, käme es zu inhomogen durch den Anker **22** laufenden Magnetfeldlinien mit zwangsläufig entstehenden Querkräften. Der Volumenausgleich ist notwendig, wenn der Anker **22** verschoben wird und damit die Volumina von Aufnahmeaum **24** und Raum **39** verändert werden.

**[0054]** Auch der den Polkern **5** mitbildende Zapfen **36** der Hydraulikbuchse **29** ist analog dem Anker **22** rotationssymmetrisch. Um dennoch einen Volumenausgleich infolge des in den Raum **39** eintauchenden und wieder heraustretenden Stößels **30** zu ermöglichen, ist eine Bohrung **40** zur Durchführung des Stößels **30** so weit erweitert, dass sich ein ausreichend großer Ringraum **41** für den strömungsverlustfreien Durchtritt von Hydrauliköl bildet. Von diesem Ringraum **41** geht eine Querbohrung **42** aus, die das Hydrauliköl aus der Hydraulikbuchse **29** heraus bzw. in diese herein führt. Diese Querbohrung **42** ist außerhalb des Polkerns **5** angeordnet, so dass sie das Magnetfeld nicht unsymmetrisch belasten kann und somit Querkräfte gering gehalten werden.

**[0055]** Bei der Montage wird infolge der Bördelung des Gehäuses **4** um den Polflansch **13** der Polflansch **13** axial und radial gegen das Gehäuse **4** gespannt. Da der Anker **22** ausschließlich in dem Polrohr **7** geführt ist, wird somit auch der Anker **22** gegen das Gehäuse **4** bzw. den einteilig mit diesem Gehäuse **4** ausgeführten Polkernkonus **6** ausgerichtet. Diese Koaxialität zwischen dem Polkernkonus **6** und dem Anker **22** bestimmt maßgeblich die Querkräfte. Dabei sind die Kräfte bei der Bördelung sehr groß. Im Vergleich dazu ist die Dicke der Hülse **10** sehr gering.

**[0056]** Mittels der Hülse **10** erfolgt somit keine bzw. eine von der Größenordnung zu vernachlässigende Zentrierung des Polkernkonus **6** gegenüber dem Polrohr **7**. Die Funktion der Hülse **10** ist es stattdessen, Lufteinschlüsse im Hydrauliköl innerhalb des Elektromagnetteils **3** zu minimieren. Solche Lufteinschlüsse könnten nämlich ansonsten die hydraulische Dämp-

fung beim hin und her Schieben des Ankers **22** negativ beeinflussen. Die Hülse **10** dichtet

- den Raum **29** und
- einen Ringraum **43** axial zwischen dem Polkernkonus **6** und einem Polrohrkonus **9** zwar nur sehr unzureichend gegen ein Durchfließen von Hydrauliköl ab. Jedoch verhindert die Hülse, dass sich bei Erstbefüllung des Elektromagnetteils **3** mit Hydrauliköl durch die Querbohrung **42** Luft innerhalb der Hülse **10** sammeln kann. Solche Luft ist nämlich um den Trägerkörper **17** herum eingeschlossen und wird mittels der Hülse **10** außen gehalten. Damit kann auch die Erstprüfung des Getriebeventils **1** mit realistischen Umgebungsbedingungen durchgeführt werden.

**[0057]** Der Hydraulikteil **2** weist einen Hydraulikkolben **50** auf, der einteilig mit dem Stößel **30** ausgeführt ist. Der Hydraulikkolben **50** ist axial verschiebbar innerhalb der Hydraulikbuchse **29** geführt. Dabei ist der Hydraulikkolben **50** gegen die Kraft einer Schraubendruckfeder **51** verschiebbar. Der Hydraulikkolben **50** weist zwei umlaufende Ringnuten **52**, **53** auf. Mittels der hinteren Ringnut **52** ist ein Versorgungsdruck eines Versorgungsanschlusses P auf einen Arbeitsanschluss A führbar, wenn sich der Hydraulikkolben **50** in der in **Fig. 3** dargestellten maximal gegen die Kraft der Schraubendruckfeder **51** verschobenen Stellung befindet.

**[0058]** Befindet sich der Hydraulikkolben **50** jedoch mangels Anlegen einer ausreichend großen Spannung an die Spule **14** in der Grundstellung gemäß **Fig. 1**, so wird das Hydrauliköl vom Arbeitsanschluss A auf dem Tankabfluss T geführt.

**[0059]** **Fig. 4** zeigt für das Getriebeventil **1** gemäß **Fig. 1** bis **Fig. 3** den hydraulischen Druck  $p$  am Arbeitsanschluss A über die durch die Spule **14** fließende Stromstärke  $I$  aufgetragen. Dabei bildet sich eine Hystereseschleife. Je nach Bewegungsrichtung des Hydraulikkolbens **50** wird entlang von zwei nahezu parallelen Geraden **54**, **55** der Hystereseschleife verfahren. Der Abstand der beiden Geraden **54**, **55** in Ordinateurichtung wird als Hysterese  $\Delta p$  bezeichnet. Diese Hysterese  $\Delta p$  wird bestimmt durch drei Größen:

- 1.) Der Strömungskraft der beiden Hydraulikflüsse, die neben der Art des Hydrauliköls auch von dessen Temperatur bzw. Viskosität abhängt.
- 2.) Der magnetischen Hysterese, die vom gewählten Material abhängt.
- 3.) Den Reibungen, die neben dem Reibungskoeffizienten bzw. Materialpaarungen maßgeblich von den besagten Querkräften abhängen.

**[0060]** Die Schraubendruckfeder **51** spielt im Gegensatz zu den vorgenannten Größen infolge der sehr geringen Federkraft nur untergeordnete Rolle.

**[0061]** Je geringer die Hysterese  $\Delta p$  ist bzw. je geringer die beiden Geraden **54**, **55** in Ordinatendirection voneinander beabstandet sind, desto besser lässt sich das Getriebeventil **1** an einem bestimmten Punkt einregeln.

**[0062]** Das ist bei dem bevorzugten Anwendungszweck des Getriebeventils **1** von Vorteil. Dabei handelt es sich um die Steuerung von reibschlüssigen Kupplungen. Insbesondere Lamellenkupplungen weisen einen ausgeprägten Kisspoint  $k_p$  auf, wie dies das folgend erläuterte Diagramm gemäß [Fig. 5](#) darstellt.

**[0063]** Dazu zeigt dieses Diagramm die auf ein hydraulisches Stellglied der Lamellenkupplung wirkende Kraft  $F$  der Lamellenkupplung über den Weg  $s$  der Lamellenkupplung aufgetragen. Von dieser Kraft  $F$  hängt das von der Lamellenkupplung übertragbare Drehmoment direkt ab. Die Lamellenkupplung besteht aus zwei Lamellenpaketen. Ein Lamellenpaket sind die Außenlamellen. Das andere Lamellenpaket sind die Innenlamellen. Die Außenlamellen sind mit deren Außendurchmesser axialverschieblich und drehfest an der einen zu koppelnden Getriebewelle des Getriebes aufgehängt. Die Innenlamellen sind mit deren Innendurchmesser axialverschieblich und drehfest an der anderen zu koppelnden Getriebewelle aufgehängt. Die Lamellen eines Lamellenpaketes oder beider Lamellenpakete sind mittels Federn voneinander getrennt. Diese Federn können beispielsweise als Tellerfedern oder als Schraubendruckfedern ausgeführt sein. Die Lamellen der Lamellenkupplung haben eine geringe Welligkeit.

**[0064]** Leitet das Getriebeventil **1** den Versorgungsdruck vom Versorgungsanschluss  $P$  über den Arbeitsanschluss  $A$  auf eine Druckkammer des hydraulischen Stellgliedes der Lamellenkupplung, so steigt der Druck in der Druckkammer schlagartig an, bis die Vorspannung der Federn überwunden ist. Aus dem Druck ergibt sich über die Fläche des hydraulischen Stellgliedes die Kraft  $F$ . Diese Kraft  $F$  nimmt über einen Weg  $\Delta s_1$  linear ansteigend zu. Wird der sogenannte Kisspoint  $k_p$  erreicht, so kommen die Außenlamellen und Innenlamellen direkt aneinander zum Anliegen. Die Kraft  $F$  nimmt demzufolge schlagartig zu. Damit der Fahrzeuginsasse keine Komforteinbußen spürt, muss die Regelung an diesem Kisspoint  $k_p$  sehr hochwertig sein. Das ist jedoch – wie zuvor zu [Fig. 4](#) gezeigt – nur möglich, wenn die Hysterese  $\Delta p$  gering ist. Für eine typische Anwendung einer Lamellenkupplung hat sich eine Hysterese  $\Delta p < 0,5$  bar als komfortabel erwiesen.

**[0065]** Das Getriebeventil **1** mit einer solch guten bzw. geringen Hysterese  $\Delta p$  ermöglicht es nämlich, die beiden Lamellenpakete sehr schnell über den Weg  $s_{good}$  zu verfahren und im Anschluss langsam bis zum Punkt  $s_{kp}$  einzuregeln. Ein schlechte-

res Getriebeventil wäre nur über den Weg  $s_{bad}$  zu verfahren, so dass noch ein sehr langer Weg bis zur Erreichung des Kisspoints zu verfahren wäre.

**[0066]** Das dargestellte Getriebeventil **1** weist eine hohe Robustheit auf. Das heißt, dass Schmutzpartikel im Hydrauliköl nicht zum Verkleben des Getriebeventils **1** kommen können, da die Axialkräfte so groß sind, dass sich der Anker **22** stets frei reißen kann. Dies bei der hier angegebenen Trennschichtdicke und den Materialpaarungen der Fall, wenn der Anker **22** eine Kraft von mindestens 15 N bei einer Stromstärke von  $I = 1$  A entwickelt.

**[0067]** Das Getriebeventil **1** ist demzufolge insbesondere zur Druckregelung einer Doppelkupplung eines Doppelkupplungsgetriebes oder der Lamellenkupplung eines Planetenautomatikgetriebes geeignet.

**[0068]** Im Gegensatz zu dem Druckregelventil gemäß [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) handelt es sich beim Getriebeventil **101** gemäß [Fig. 6](#) um ein Volumenstromregelventil. Dieses Volumenstromregelventil ist für das Einlegen und Auslegen der Gänge vorgesehen. Insbesondere wenn die Gänge mit Synchronringen versehen sind, gelten ähnliche Randbedingungen, wie sie zuvor zu [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) gemacht wurden. Auch bei Synchronringen gibt es nämlich eine aus Komfortgründen feinfühlig zu regelnde Reibmomentübertragung, bevor die Verzahnungen der Synchronisierung in Eingriff gehen.

**[0069]** Das Getriebeventil **101** weist jedoch zwei Arbeitsanschlüsse  $A$  und  $B$  auf. Überdies weist das Getriebeventil **101** auch zwei Tankabflüsse  $T1$  und  $T2$  auf.

**[0070]** Ein Hydraulikkolben **150** weist zwei umlaufende Ringnuten **152**, **153**, **154** auf. Mittels der mittleren Ringnut **152** ist ein Volumenstrom eines axial zwischen den beiden Arbeitsanschlüssen  $A$ ,  $B$  angeordneten Versorgungsanschlusses  $P$  auf den hinteren Arbeitsanschluss  $B$  führbar, wenn sich der Hydraulikkolben **150** in der in [Fig. 6](#) dargestellten Grundstellung bei unbestromter Spule **114** befindet. Der vordere Arbeitsanschluss  $A$  wird in dieser Grundstellung über die vordere Ringnut **154** auf den hinteren Tankabfluss  $T2$  geführt.

**[0071]** Wird jedoch eine ausreichend große Spannung an die Spule **14** angelegt, so befindet sich der Hydraulikkolben **150** in der gegen die Federkraft der Schraubendruckfeder **151** maximal ausgerückten Stellung gemäß [Fig. 8](#). In dieser maximal ausgerückten Stellung wird das Hydrauliköl vom Versorgungsanschluss  $P$  auf den vorderen Arbeitsanschluss  $B$  geführt. Der hintere Arbeitsanschluss  $B$  wird im Gegenzug über die hintere Ringnut **152** auf den vorderen Tankabfluss  $T1$  geführt.

**[0072]** Zwischen diesen beiden Extremstellungen gemäß [Fig. 6](#) und [Fig. 8](#) befindet sich die Regelstellung gemäß [Fig. 7](#).

**[0073]** Die hydraulischen Getriebeventile müssen nicht in einem Doppelkupplungsgetriebe Anwendung finden. Es ist auch möglich, die Getriebeventile in einem Planetenautomatikgetriebe zu verwenden.

**[0074]** Der Anker **22** ist als Drehteil ausgeführt. Es ist auch möglich, den Anker **22** als Sinterteil auszuführen.

**[0075]** Im Bereich der Verbindung **62** weist das Gehäuse **4** eine Materialschwächung auf, um die Verbördelung zu ermöglichen, ohne dass zu große Kräfte ins Gehäuse **4** eingeleitet werden und die koaxiale Ausrichtung des Polrohrs **7** gegenüber dem Polkernkonus negativ beeinflussen könnten. Dazu ist das Gehäuse **62** im Bereich der Verbindung **62** dünner ausgeführt, als im übrigen Bereich. Anstelle der dünnen Wanddicke an dieser Verbindung **62** können alternativ auch umfangmäßig Schlitze ausgenommen sein, so dass vom Gehäuse Zungen verbleiben, die sich zur Herstellung der Verbindung **62** leichter verbiegen lassen.

**[0076]** Außer den dargestellten Verbindungen sind auch andere Verbindungen machbar. Beispielsweise sind Verschraubungen machbar, die den Polflansch gegen das Gehäuse drücken.

**[0077]** In einer alternativen Ausgestaltung sind in die dünne Trennschicht PTFE-Teilchen eingelegt.

**[0078]** Je nach Ausführungsform der Trennschicht, ist es auch möglich, auf die Antiklebscheibe zu verzichten. Die chemische Vernickelung bietet sich dafür jedoch nicht an, da lokal an dieser vorderen Stirnfläche eine Schichtdicke von 0,09 mm notwendig wäre. Zum einen entstehen jedoch bei chemisch vernickelten Trennschichten größer als 0,05 mm Spannungen. Zum anderen steigt mit der Schichtdicke die Herstellungszeit der Trennschicht nichtlinear an. Andere – insbesondere nicht galvanische – Trennschichten sind jedoch denkbar. Das wäre beispielsweise ein Gleitlack.

**[0079]** In einer alternativen Ausgestaltung ist die dünne Trennschicht nicht auf den Anker, sondern innen auf das Polrohr aufgetragen.

**[0080]** Die aus nicht magnetisierbarem Metall bestehende Antiklebscheibe kann insbesondere aus einem austenitischen Stahl bestehen. Diese Antiklebscheibe kann jedoch auch aus einem anderen nicht magnetisierbaren Material, wie beispielsweise Messing, hergestellt sein. Auch kann ein Kunststoff verwendet werden.

**[0081]** Anstelle einer Lamellenkupplung kann auch eine Trockenkupplung vorgesehen sein.

**[0082]** Der Innendurchmesser des Polkernkonus muss nicht größer sein, als der Innendurchmesser des Polrohrs. Es ist auch möglich, beide Innendurchmesser gleich groß zu machen, wenn beide Innendurchmesser nach der Montage innenseitig bearbeitet werden. In diesem Fall kann in besonders vorteilhafter Weise der Raum axial zwischen dem Polkernkonus und dem Polrohr magnetisch nicht leitend aufgefüllt sein, um dort einen Schmutzeintrag zu verhindern.

**[0083]** Bei den beschriebenen Ausführungsformen handelt es sich nur um beispielhafte Ausgestaltungen. Eine Kombination der beschriebenen Merkmale für unterschiedliche Ausführungsformen ist ebenfalls möglich. Weitere, insbesondere nicht beschriebene Merkmale der zur Erfindung gehörenden Vorrichtungsteile, sind den in den Zeichnungen dargestellten Geometrien der Vorrichtungsteile zu entnehmen.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 19808279 A1 [[0002](#)]
- DE 102009042888 A1 [[0003](#)]

**Patentansprüche**

1. Hydraulisches Getriebeventil (1) mit einem magnetisierbaren Gehäuse (4), welches einteilig mit einem Polkernkonus (6) ausgeformt ist, wobei

- das Gehäuse (4) eine Verbindung (62) aufweist, wobei

- diese Verbindung (62) einen Ankerhub (65) und eine Konzentrität zwischen dem Polkernkonus (6) und einem Polrohr (7) festlegt, wobei
- das Polrohr (7) bewegungsfest mit dem magnetisierbaren Polflansch (13) verbunden ist, wobei
- ein ausschließlich im Polrohr (7) geführter Anker (22) mittels einer Trennschicht (57) in einer Dicke von 0,01 mm bis 0,06 mm vom Polrohr (7) magnetisch getrennt ist.

2. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung (62) eine axiale Passung (61) und eine radiale Passung (60) aufweist.

3. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Polflansch (13) zur axialen Passung (61) eine Stirnfläche (63) aufweist, die an einer senkrecht zu einer Längsachse (8) des Getriebeventils (1) ausgerichteten Anlagefläche (64) des Gehäuses (4) anliegt, wobei der Polflansch (13) zur radialen Passung (60) eine Mantelfläche (66) aufweist, mit der dieser Polflansch (13) in eine zylindrische Ausnehmung (67) des Gehäuses (4) eingesetzt ist.

4. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Polflansch (13) und das Polrohr (7) einteilig miteinander ausgeführt sind.

5. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Spule (14) radial außerhalb einer magnetisierbaren Hülse (10) angeordnet ist, wobei diese Hülse (10) einerseits auf einen Ringsteg (33) des Polkernkonus (6) und andererseits auf das Polrohr (7) gesetzt ist, so dass der Bauraum der Spule (14) von einem zur Dämpfung mit Hydrauliköl gefüllten Ankerraum innerhalb der Hülse (10) getrennt ist.

6. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (4) um den Polflansch (13) herum gebördelt ist.

7. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Polflansch (13) Ausnehmungen (15) aufweist, durch welche elektrische Leitungen (16) zum Anlegen einer Spannung an eine Spule (14) geführt sind, wobei diese Spule (14) radial innen vom einem Trägerkörper (17) aus Kunststoff begrenzt wird, der einerseits im Bereich des Polkerns (5) und andererseits im Bereich

des Polrohrs (7) koaxial auf das Polrohr (7) und den Ringsteg (33) gesetzt ist.

8. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennschicht (57) auf den Anker (22) aufgetragen ist.

9. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennschicht (57) eine chemische Vernickelung ist.

10. Hydraulisches Getriebeventil nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennschicht galvanisch aufgetragen ist.

11. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Polrohr (7) an dem dem Polkernkonus (6) zugewandten Ende einen Polrohrkonus (9) aufweist.

12. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Anker (22) eine zentrale Bohrung (25) aufweist.

13. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Anker (22)

- zur Verhinderung von Querkräften an seiner Mantelfläche (80) und
- zur Verhinderung des magnetischen Klebens an seiner einem magnetisierbaren Boden (21) des Polrohrs (7) zugewandten Stirnfläche (58) mittels der Trennschicht (57) getrennt ist.

14. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebeventil (1) eine magnetisierbare Hydraulikbuchse (29) aufweist, die in einen Ringsteg (33) eingesteckt ist, der sich koaxial zur Längsachse (8) des Getriebeventils (1) vom Gehäuse (4) in die auf die Mitte des Elektromagnetteils (3) weisende Richtung erstreckt und im Polkernkonus (6) endet.

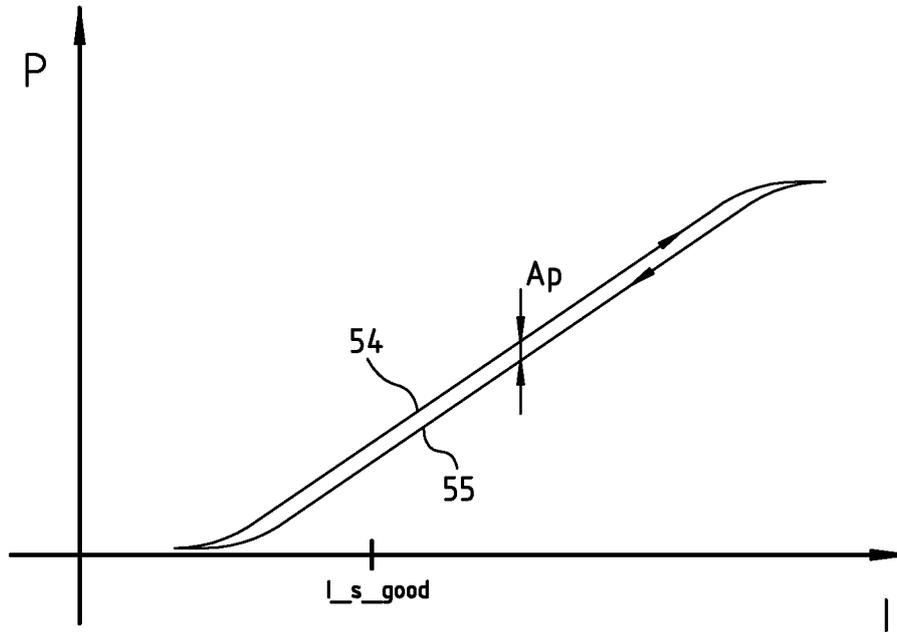
15. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (62) im Bereich der Verbindung (62) eine Materialschwächung aufweist.

16. Hydraulisches Getriebeventil nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Innendurchmesser des Polkernkonus (6) geringfügig größer als der Innendurchmesser des Polrohrs ist, so dass zusätzlich zur Trennschicht (57) ein den Anker (22) vom Polkernkonus (6) trennender ringförmiger Luftspalt erzeugt wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen



**Fig. 4**



**Fig. 5**

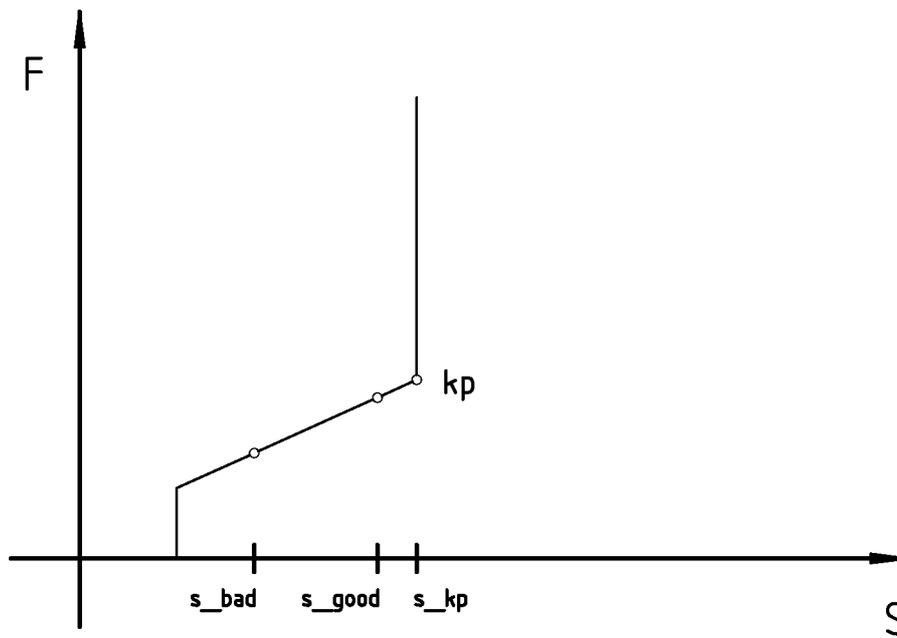


Fig. 6

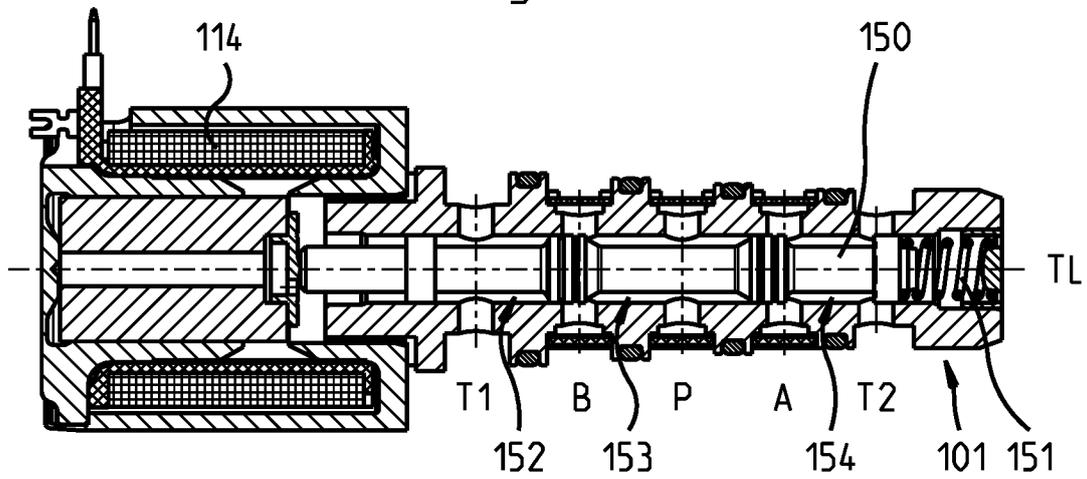


Fig. 7

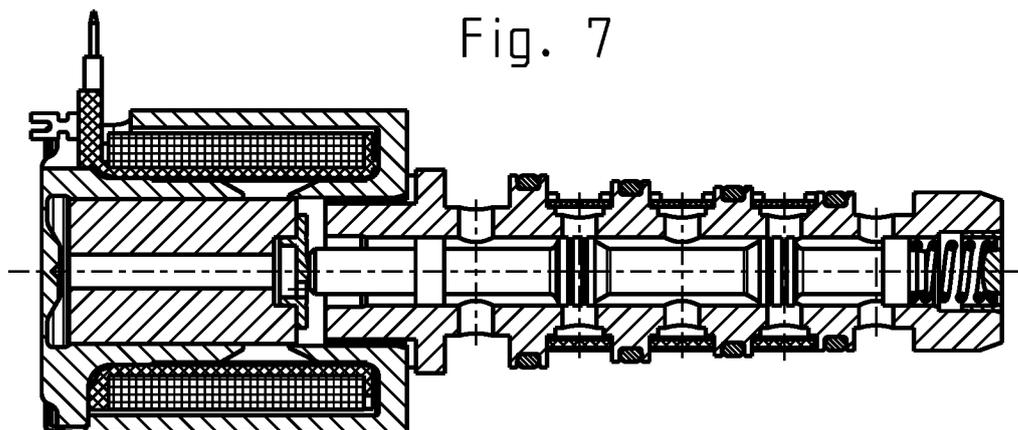


Fig. 8

