



(10) DE 10 2016 101 722 A1 2017.08.03

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2016 101 722.1

(51) Int Cl.: **F16K 31/04 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: 01.02.2016

**F16K 31/06 (2006.01)**

(43) Offenlegungstag: 03.08.2017

**F16K 31/10 (2006.01)**

(71) Anmelder:

GEVA automation GmbH, 52078 Aachen, DE

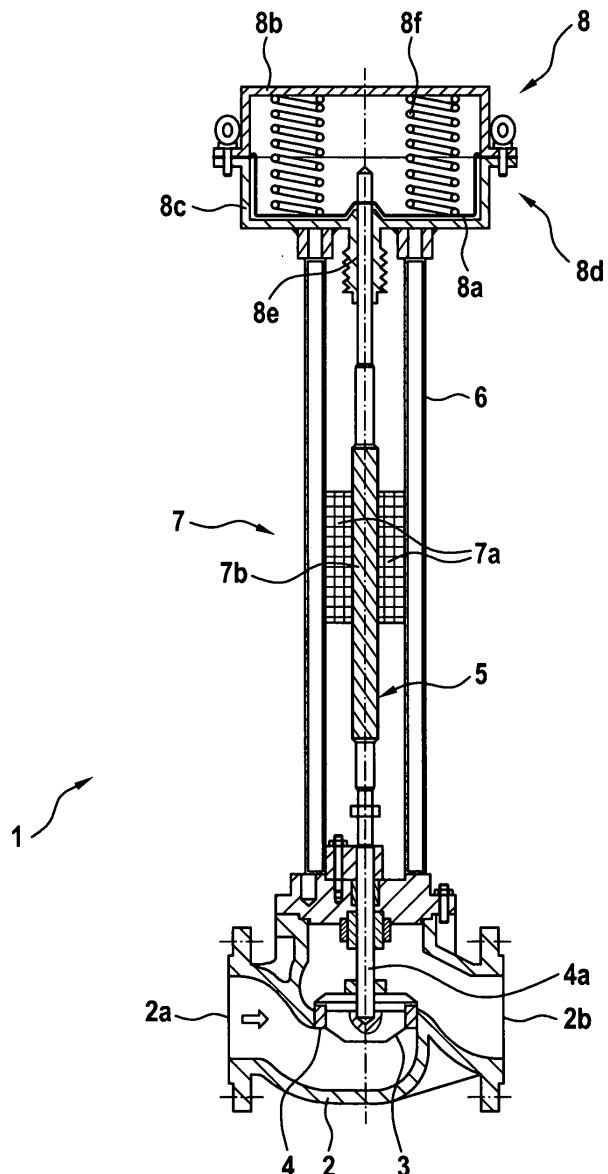
(72) Erfinder:

Kaas, Burkhard, 52070 Aachen, DE

(74) Vertreter:

Kohlmann, Kai, Dipl.-Ing., 52078 Aachen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Stellventil, insbesondere für die Verwendung in Kühlstrecken**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Stellventil zum Einstellen des Durchflussquerschnitts in mindestens einer Rohrleitung, insbesondere für die hochdynamische Regelung der Kühlmittelmenge von Kühlstrecken in Walzwerken, umfassend mindestens einen Drosselkörper, mindestens einen Ventilsitz sowie einen Stellantrieb, eingerichtet zur Veränderung der Position jedes Drosselkörpers. Um ein reproduzierbares Ansprechverhalten, kurze Reaktionszeiten und eine hohe Stellgenauigkeit des Stellventils zu erreichen, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass der Stellantrieb einen elektrischen Linearmotor aufweist.

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Stellventil zum Einstellen des Durchflussquerschnittes in einer Rohrleitung, insbesondere für die hochdynamische Regelung der Kühlwassermenge von Kühlstrecken in Walzwerken.

**[0002]** Ein Stellventil ist eine mit Hilfsenergie arbeitende Vorrichtung, die den Durchfluss in einem Prozesssystem regelt.

**[0003]** In Walzwerken für Draht- und Stabstahl werden Wasser-Kühlstrecken verwendet, um die mechanischen Eigenschaften des Materials zu beeinflussen. Hierbei kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz: Das Tempcore Verfahren kommt im Wesentlichen bei der Herstellung von Baustahl zum Einsatz. Hier wird das fertig gewalzte Produkt vor dem Kühlbett (Stabstahl) bzw. dem Windungsleger (Draht) aus der Walzhitze heraus wärmebehandelt. Das Walzgut verlässt das letzte Walzgerüst mit einer Temperatur von 950~1050°C. In einer Kühlstrecke wird die äußere Schicht durch Wasser unter hohem Druck (5~16 bar) auf Temperaturen < 400°C abgekühlt. Hierdurch entsteht ein martensitisches Gefüge. Während des nachfolgenden Temperaturausgleichs wird einerseits die martensitische äußere Schicht wieder erwärmt (angelassen) und andererseits der Kern abgekühlt, wodurch ein ferritisches-perlitisches Gefüge entsteht. Durch Einsatz des Tempcore Verfahrens können die geforderten mechanischen Eigenschaften des Endproduktes bei gleichzeitiger signifikanter Reduzierung des Zuschlages von Legierungselementen erreicht werden. Die exakte Temperaturlführung bestimmt das Einsparungspotential von Legierungselementen.

**[0004]** Beim thermomechanischen Walzen wird das Walzgut vor den letzten Umformungsschritten auf eine definierte Temperatur abgekühlt. Dies führt zu einem feinkörnigen Gefüge, das bei hoher Festigkeit gleichzeitig gute Zähigkeit und Kaltumformbarkeit bietet. Verschiedene Ausprägungen kommen zum Einsatz: Durch thermomechanisches Walzen werden mechanische Eigenschaften erreicht, die sonst nur durch den Zuschlag von Legierungselementen erreicht werden können. Eine exakte Temperaturlführung ist Voraussetzung für die Anwendung thermomechanischer Walzverfahren.

**[0005]** Die Erwärmung der Stranggussknüppel in dem Wiedererwärmungsofen vor dem Warmwalzwerk ist niemals vollkommen gleichmäßig über die Länge der Knüppel. Der Wiedererwärmungsofen unmittelbar hinter der Stranggießanlage dient der Aufwärmung der abgekühlten Stranggussknüppel. Zur Halterung der Stranggussknüppel in dem Wiedererwärmungsofen sind wassergekühlte Schienen erforderlich, auf denen die Knüppel während des Erwärmes aufliegen. Im Bereich der Schienen kommt es zu Verschattungen, die sich durch ein Temperaturprofil über die Länge der Knüppel äußern. Um Abweichungen der Temperatur über die Länge der Knüppel zu vermeiden, ist eine hochdynamische Regelung des Kühlwassers erforderlich.

**[0006]** Die auf dem Markt befindlichen Stellglieder für eine Regelung des Kühlwassers lassen sich in pneumatische und elektrische Stellglieder einteilen:

Stellglieder mit pneumatischem Antrieb sprechen in einer kurzen bis mittleren Reaktionszeit an. Das Problem ist jedoch, dass der Übergang von der Haft- zur Gleitreibung zu einem Stick-Slip-Effekt führt, der zu einem nicht reproduzierbaren Ansprechverhalten und damit nicht gleichbleibenden Reaktionszeiten führt. Pneumatische Antriebe sind deswegen für hochgenaue, dynamische Regelungsprozesse ungeeignet.

**[0007]** Stellglieder mit elektrischem Antrieb basieren auf einer selbsthemmenden Motor-Getriebeeinheit mit kurzen Reaktionszeiten, einer hohen Stellgenauigkeit, jedoch zu geringen Stellgeschwindigkeiten.

**[0008]** Der zurzeit schnellste Ventilantrieb auf dem Markt mit einer Stellgeschwindigkeit von max. 10 mm/s erreicht zwar die geforderte Reaktionszeit, kann jedoch die geforderte Stellgeschwindigkeit (50 mm/s) nicht erreichen.

**[0009]** Eine exakte Temperaturlführung mit minimalen Abweichungen der Temperatur nach der Kühlstrecke von der Zieltemperatur ist daher derzeit noch nicht möglich. Eine derartige Temperaturlführung lässt sich jedoch erfindungsgemäß durch eine hochdynamische Regelung der Kühlwassermenge in Verbindung mit einem geeigneten Stellglied für die Regelung des Kühlwassers realisieren.

**[0010]** Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Stellglied zum Einstellen des Durchflussquerschnitts in einer Rohrleitung, insbesondere für die hochdynamische Regelung der Kühlwassermenge von Kühlstrecken in Walzwerken, vorzuschlagen, welches ein reproduzierbares Ansprechverhalten, kurze Reaktionszeiten und eine hohe Stellgenauigkeit aufweist.

**[0011]** Diese Aufgabe wird bei einem Stellventil der eingangs erwähnten Art dadurch gelöst, dass der Stellantrieb einen elektrischen Linearmotor aufweist.

**[0012]** Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf ein Stellventil umfassend

- einen Ventilkörper (Ventilgehäuse),
- mindestens einen geführten Drosselkörper,
- mindesten einen Ventilsitz, wobei jeder Drosselkörper mit mindestens einem Ventilsitz zusammenwirkt sowie
- einen Stellantrieb, eingerichtet zur Veränderung der Position jedes Drosselkörpers in dem Ventilkörper.

**[0013]** Das Stellventil kann als Einsitz-Stellventil oder als Mehrfachsitz-Stellventil, insbesondere Doppelsitz-Stellventil ausgestaltet sein. Durch den Einsatz von Mehrfachsitz-Stellventilen lassen sich die Stellkräfte reduzieren.

**[0014]** Außerdem kann das Stellventil als Mehrwege-Stellventil ausgeführt sein, um Stoffströme zu mischen oder zu teilen.

**[0015]** Die geometrische Form jedes Drosselkörpers bestimmt die Durchflusskennlinie. Mit dem veränderbaren Durchfluss kann man den Druck, die Temperatur oder auch den Durchfluss des Mediums selbst regeln.

**[0016]** Als Materialien für Stellventile kommen beispielsweise Grauguss, Messing, Stahlguss, Edelstahl oder Kunststoff zum Einsatz.

**[0017]** Das Stellventil kann in die Rohrleitung bzw. das Rohrleitungsnetz auf verschiedene Art- und Weise eingebaut werden. In Betracht kommen beispielsweise ein Einschweißen, Einklemmen oder vorzugsweise ein Verbinden über Flansche.

**[0018]** Der Linearmotor verschiebt den oder die Drosselkörper des Stellventils in einer geführten Translationsbewegung. Der Linearmotor als Direktantrieb ermöglicht es, unmittelbar eine translatorische Bewegung mit verschiedenen Kräften und/oder Geschwindigkeiten zu erzeugen. Der Linearmotor verfügt über eine kurze Reaktionszeit bei hoher Stellgeschwindigkeit und hoher Stellgenauigkeit, wobei zudem die Reaktionszeit reproduzierbar ist. Ein Stellventil mit einem derartigen Stellantrieb ist für die hochdynamische Regelung der Kühlwassermenge von Kühlstrecken in Walzwerken bestens geeignet.

**[0019]** Der Linearmotor umfasst einen stromdurchflossenen Primärteil sowie einen Reaktions- bzw. Sekundärteil. Er kann als Synchron-Linearmotor, als Asynchron-, Schritt- oder Gleichstrom-Linearmotor ausgebildet sein.

**[0020]** Die Permanentmagnete des am häufigsten zum Einsatz gelangenden Synchron-Linearmotors wirken vorzugsweise mit einem ortsfesten Primärteil zusammen. Insbesondere sind keine bewegten Leitungen für die Energieversorgung des Synchron-Linearmotors erforderlich.

**[0021]** Konstruktiv vorteilhaft ist die Permanent-Magneteinheit vorzugsweise unmittelbar an einem Betätigungsorgan für jeden Drosselkörper angeordnet. Hierdurch lässt sich die Stellgenauigkeit des Stellantriebs weiter erhöhen, da keine spielbehafteten Übertragungsglieder zwischen dem Stellantrieb und dem unmittelbar mit dem Betätigungsorgan verbundenen Drosselkörper vorgesehen sind.

**[0022]** Die Permanent-Magneteinheit ist vorzugsweise als integraler Bestandteil des stabförmigen Betätigungsorgans ausgebildet. Das stabförmige Betätigungsorgan führt als Bestandteil des Linearantriebs eine Translationsbewegung aus, um den Drosselkörper hin- und her zu bewegen.

**[0023]** Um trotz Druck- und Volumenschwankungen des von dem Stellventil gesteuerten Kühlmediums das Stellventil exakt einstellen zu können, ist eine Lageregelung für den Linearmotor vorgesehen. Die Lageregelung trägt trotz der geringen tragen Masse des Linearmotors zu der gewünschten hohen Stellgenauigkeit auch bei Druck- und Volumenschwankungen des gesteuerten Kühlmediums bei.

**[0024]** Ein erfindungsgemäßer Stellantrieb weist beispielsweise folgende technische Daten auf:

– Stellkraft:

Kleine Version (DN100, 10 bar Wasserdruck): 3 kN  
 Große Version (DN300, 15 bar Wasserdruck): 40 kN

– Hub:

20~150 mm

– Stellgeschwindigkeit:

minimal 50 mm/s, vorzugsweise 150 mm/s

– Stellgenauigkeit:

0.05 mm

– Reaktionszeit:

$t \leq 0.1$  sec

**[0025]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Stellantrieb zusätzlich einen Membran-antrieb mit einer Membran, die zumindest auf einer ersten Seite der Membran mit einem Druckmedium beaufschlagbar ist. Der Linearmotor übernimmt die sehr hohe Spitzenkraft zum Öffnen des Stellventils, die anschließend zumindest teilweise von dem Membranantrieb übernommen wird. Sofern die erste Seite des Membran-antriebs durch ein Druckmedium und die zweite Seite der Membran durch mindestens eine Feder beaufschlagt wird, kann für den Fall eines Stromausfalls des Linearmotors ein automatisches Schließen beziehungsweise Öffnen des Stellventils bewirkt werden. Alternativ kann der pneumatische Antrieb mit einer beidseitig individuell mit Druckmedium beaufschlagbaren Membran ausgeführt sein.

**[0026]** Konstruktiv vorteilhaft wird der zusätzliche Membranantrieb in den Stellantrieb dadurch integriert, dass die Membran am oberen Ende des stabförmigen Betätigungsorgans befestigt ist.

**[0027]** Nachfolgend wird ein erfindungsgemäßes Stellventil anhand der Figuren näher erläuterte. Es zeigen:

**[0028]** **Fig. 1** ein erfindungsgemäßes Stellventil mit Linearmotor,

**[0029]** **Fig. 2A–D** verschieden Ventilgehäuse für ein Stellventil mit Linearmotor sowie

**[0030]** **Fig. 3A–F** unterschiedliche Ausführungsformen von Drosselkörpern für ein Stellventil mit Linearmotor.

**[0031]** Das Stellventil (1) umfasst ein Ventilgehäuse (2) mit einem Ein- und Auslass (2a, 2b), einen Drosselkörper (3) sowie einen Ventilsitz (4). Der mit dem Drosselkörper (3) verbundene Ventilschaft (4a) ist außerhalb des Ventilgehäuses (2) mit einem stabförmigen Betätigungsorgan (5) gekoppelt. Das Betätigungsorgan (5) ist in einem Antriebsgehäuse (6) translatorisch in vertikaler Richtung hin- und her bewegbar geführt, um den mit dem Betätigungsorgan (5) gekoppelten Drosselkörper (3) zwischen einer in **Fig. 1** dargestellten, geschlossenen Position und einer geöffneten Position hin- und her zu bewegen.

**[0032]** Der sich nach unten verjüngende Drosselkörper (3) ist derart ausgebildet, dass er in der geschlossenen Position den Durchfluss zwischen dem Drosselkörper (3) und dem Ventilsitz (4) unterbindet. Durch Anheben des sich nach unten verjüngenden Drosselkörpers (3) ergibt sich zwischen dem Ventilsitz (4) und dem Drosselkörper (3) ein ringförmiger Durchflussquerschnitt, der sich aufgrund der Querschnittsform des Drosselkörpers während der Bewegung in die vollständig geöffnete Position vergrößert.

**[0033]** Der Stellantrieb (7, 8) umfasst einen Linearmotor (7) und einen Membranantrieb (8). Der Linearmotor (7) wird von einer ortsfest in dem Antriebsgehäuse (6) angeordneten Spuleneinheit (7a) und einer Permanent-Magneteinheit (7b) gebildet. Die Permanent-Magneteinheit (7b) ist als integraler Bestandteil, nämlich als Teilstück des stabförmigen Betätigungsorgans (5) ausgebildet.

**[0034]** Der auf das Antriebsgehäuse (6) aufgesetzte und dort befestigte Membranantrieb (8) umfasst eine Membran (8a), die zwischen den Gehäusehälften (8b, 8c) des Membrangehäuses (8d) eingeklemmt ist. Über eine gasdichte Durchführung (8e) ist das obere Ende des stabförmigen Betätigungsorgans (5) in das Membrangehäuse geführt und an der Membran (8a) mittig befestigt. Von der Unterseite ist die Membran (8a) mit einem Druckmedium beaufschlagbar. Die Oberseite der Membran wird durch Federn (8f) belastet, die sich an der oberen Gehäusehälft (8b) abstützen.

**[0035]** Die Federn (8f) bewirken, dass bei einem Druckabfall in der unteren Kammer des Membranantriebs (8) die Membran (8a) in Schließrichtung des Stellventils (1) belastet wird.

**[0036]** **Fig. 2a** bis **Fig. 2d** zeigen unterschiedliche Ausführungsformen von Ventilgehäusen, die für Dreiwege-Stellventile bestimmt sind. Die Ausführungsformen nach **Fig. 2a** und **Fig. 2b** weisen jeweils einen Drosselkörper auf, der mit zwei Ventilsitzen zusammenwirkt. Die Ausführungsformen nach **Fig. 2c** und **Fig. 2d** weisen zwei Drosselkörper auf, die jeweils mit einem Ventilsitz zusammenwirken.

**[0037]** Hinzuweisen ist darauf, dass verschiedene Ausführungsformen von Stellventilen in der geschlossenen Position den Durchfluss lediglich deutlich reduzieren, nicht jedoch unterbinden. Man spricht hier von einer Leckagemenge, die durchaus im Bereich von 10% des Nenndurchflusses liegen kann.

**[0038]** **Fig. 3** zeigt unterschiedliche Ausführungsformen der Drosselkörper, die Einfluss auf die Durchflusskennlinie aufweisen. **Fig. 3a** zeigt einen als Parabolkegel, **Fig. 3b** einen als Lochkegel, **Fig. 3c** einen als Lochkegel mit Lochkorb, **Fig. 3d** einen als Lochkegel für ein Stellventil in Dreiwegebauform, **Fig. 3e** einen als Laternenkegel und **Fig. 3f** einen als Laternenkegel mit Druckentlastung ausgestalteten Drosselkörper.

Nr.	Bezeichnung
1	Stellventil
2	Ventilgehäuse
2a	Einlass
2b	Auslass
3	Drosselkörper
4	Ventilsitz
4a	Ventilschaft
5	Betätigungsorgan
6	Antriebsgehäuse
7	Stellantrieb
7a	Spuleneinheit
7b	Permanent-Magneteinheit
8	Membranantrieb
8a	Membran
8b, c	Gehäusehälften
8d	Membrangehäuse
8e	Durchführung
8f	Federn

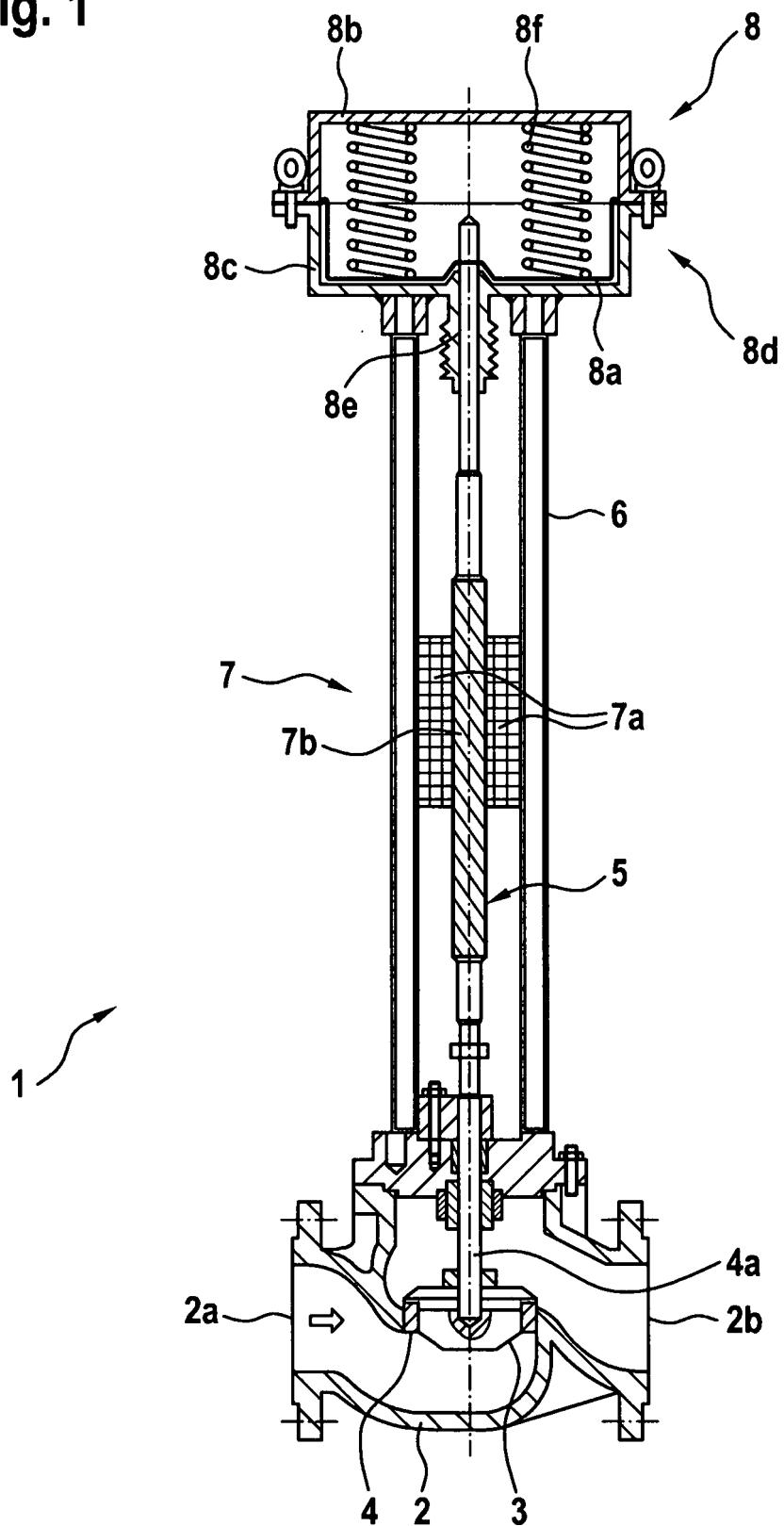
### Patentansprüche

1. Stellventil (1) zum Einstellen des Durchflussquerschnitts in mindestens einer Rohrleitung, insbesondere für die hochdynamische Regelung der Kühlmittelmenge von Kühlstrecken in Walzwerken, umfassend mindestens einen Drosselkörper, mindestens einen Ventilsitz sowie einen Stellantrieb, eingerichtet zur Veränderung der Position jedes Drosselkörpers, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stellantrieb einen elektrischen Linearmotor (7) umfasst.

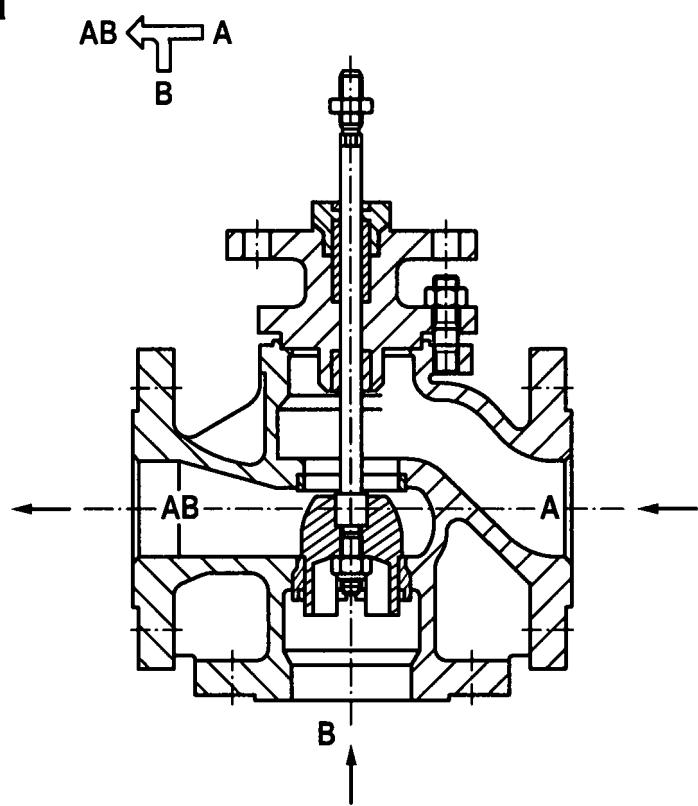
2. Stellventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Linearmotor eine Spuleneinheit (**7a**) und eine Permanent-Magneteinheit (**7b**) aufweist.
3. Stellventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spuleneinheit (**7a**) ortsfest angeordnet ist.
4. Stellventil nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Permanent-Magneteinheit (**7b**) an einem Betätigungsorgan (**5**) für den Drosselkörper (**3**) angeordnet ist.
5. Stellventil nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Betätigungsorgan (**5**) stabförmig und die Permanent-Magneteinheit (**7b**) als integraler Bestandteil des Betätigungsorgans (**5**) ausgebildet ist.
6. Stellventil nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das stabförmige Betätigungsorgan (**5**) eine Translationsbewegung ausführt.
7. Stellventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Linearmotor (**7**) eine Lageregelung aufweist.
8. Stellventil nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stellantrieb zusätzlich einen Membranantrieb (**8**) mit einer Membran (**a**) umfasst, die zumindest auf einer ersten Seite der Membran mit einem Druckmedium beaufschlagbar ist.
9. Stellventil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membran (**8a**) am oberen Ende des stabförmigen Betätigungsorgans (**5**) befestigt ist.
10. Stellventil nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine zweite Seite der Membran federbelastet ist.
11. Kühlstrecke für ein Walzwerk umfassend mindestens eine Rohrleitung zur Führung eines flüssigen Kühlmittels, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der mindestens einen Rohrleitung mindestens ein Stellventil (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 angeordnet ist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

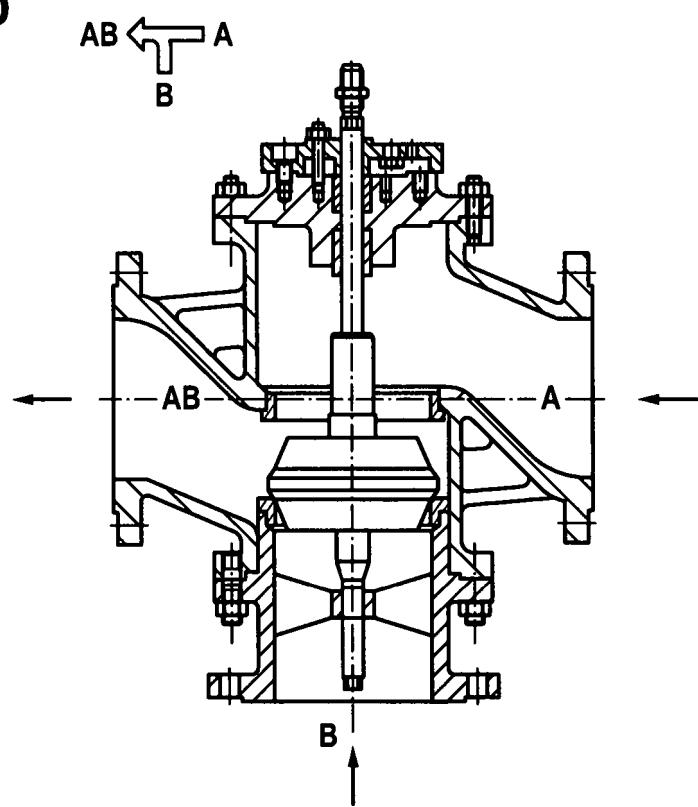
Fig. 1



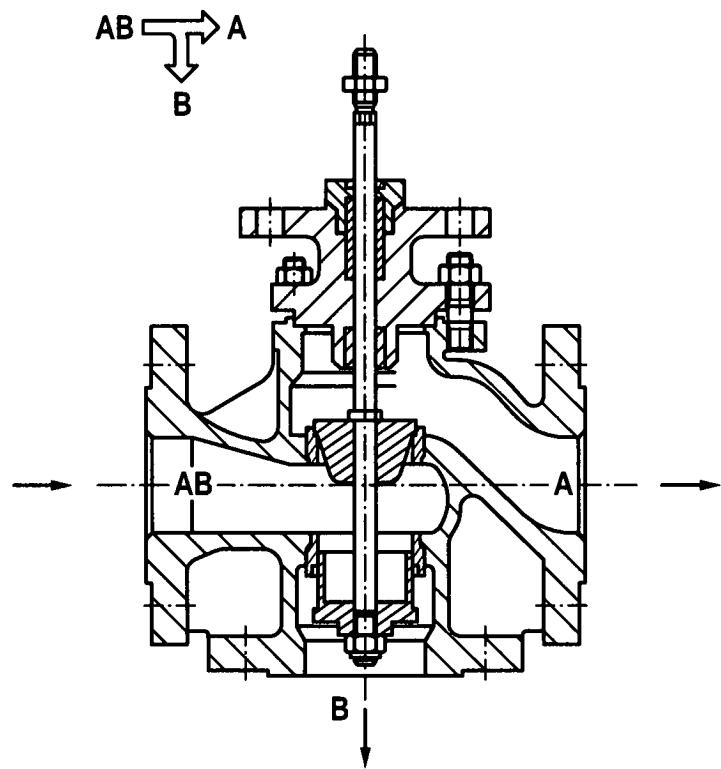
**Fig. 2a**



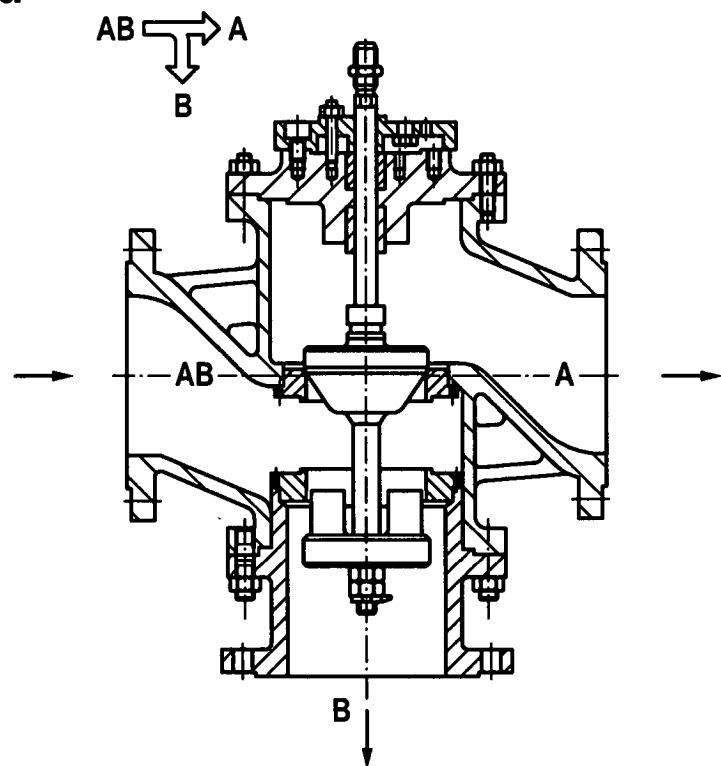
**Fig. 2b**



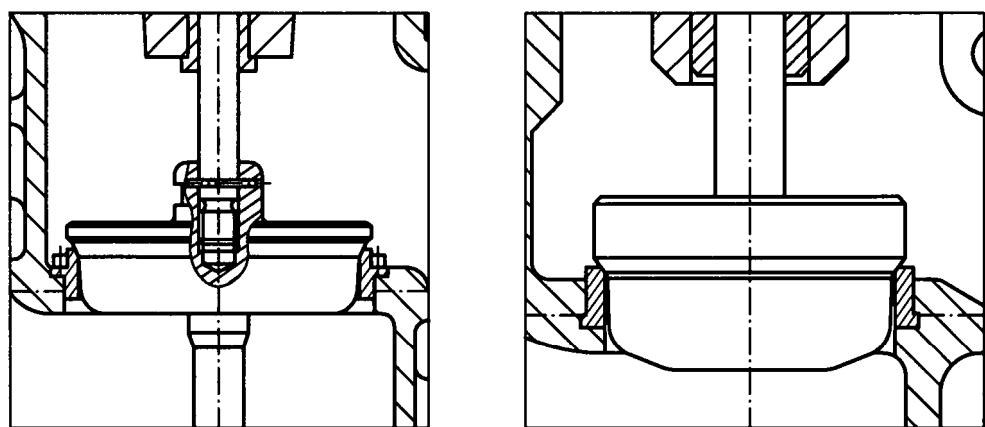
**Fig. 2c**



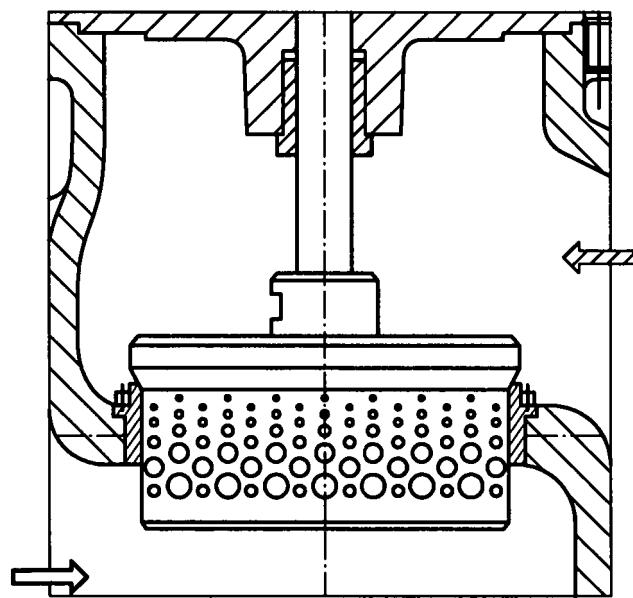
**Fig. 2d**



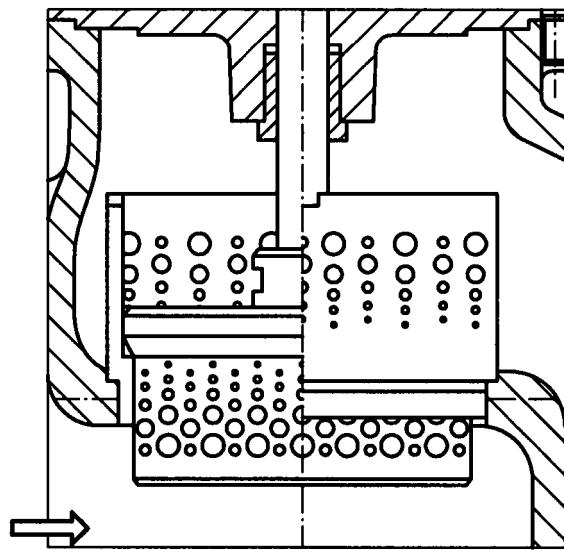
**Fig. 3a**



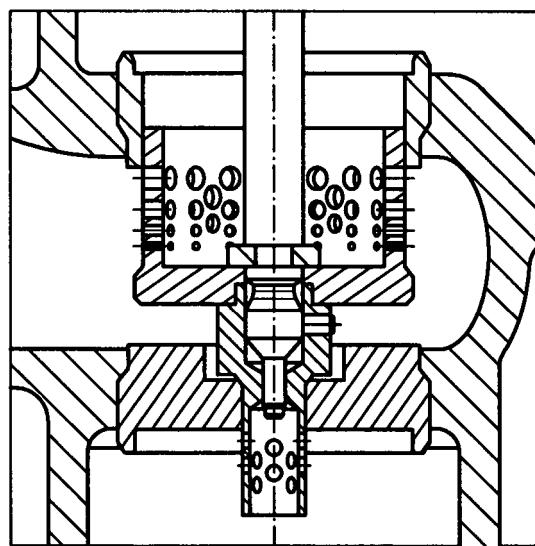
**Fig. 3b**



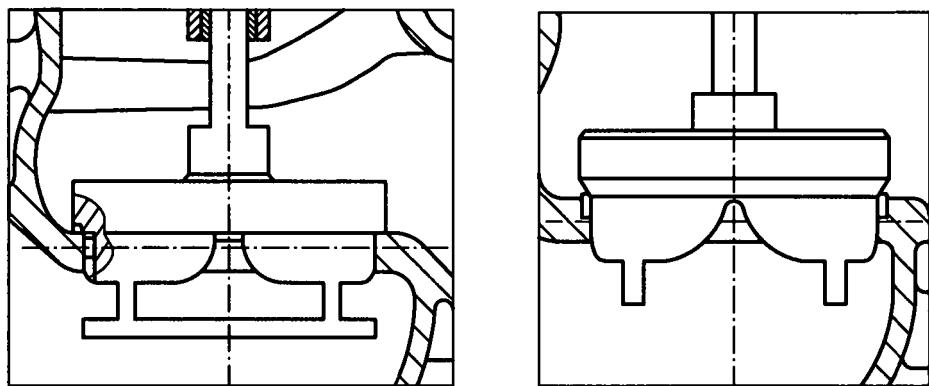
**Fig. 3c**



**Fig. 3d**



**Fig. 3e**



**Fig. 3f**

