

## Pneumatische en hydraulische servosystemen

**Citation for published version (APA):**

Laat, de, J. C. (1992). *Pneumatische en hydraulische servosystemen*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPA1293). Technische Universiteit Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1992

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

**PNEUMATISCHE EN HYDRAULISCHE  
SERVOSYSTEMEN**

literatuurstudie  
WPA-nr. 1293

**J.C. de Laat**  
April 1992

Begeleider: ing. J.J.M. Schrauwen

# INHOUD

<b>INLEIDING</b> .....	<b>2</b>
<b>Hoofdstuk 1. ALGEMENE BESCHRIJVING VAN SERVOSYSTEMEN</b> .....	<b>3</b>
1.1. Het geïdealiseerde servosysteem .....	3
1.2. Invloed van de belasting .....	3
<b>Hoofdstuk 2. PNEUMATISCHE SERVOSYSTEMEN</b> .....	<b>5</b>
2.1. Inleiding .....	6
2.2. Het pneumatisch servoventiel .....	6
2.3. Servoregeling met vier 2/2 ventielen in brug geschakeld .....	9
2.4. Cilinders .....	11
2.5. Lamellenmotoren .....	12
2.6. Positiemeting .....	13
2.7. Resultaten van geregelde systemen .....	13
2.8. Standaard componenten .....	14
<b>Hoofdstuk 3. HYDRAULISCHE SERVOSYSTEMEN</b> .....	<b>15</b>
3.1. Algemeen .....	15
3.2. Servogeregelde hydraulische zwenkcilinder .....	15
3.3. CNC-positieregelaar .....	16
3.4. Brugschakeling .....	16
3.5. Baanbesturing van een hydraulische portaalrobot .....	18
<b>CONCLUSIES</b> .....	<b>20</b>
<b>Bijlage 1. Martonair Positioner</b> .....	<b>22</b>
<b>Bijlage 2. Servo-cilinders Doedijns Pneumatiek</b> .....	<b>24</b>
<b>Bijlage 3. Bosch pneumatische componenten</b> .....	<b>26</b>
<b>GERAADPLEEGDE LITERATUUR</b> .....	<b>27</b>

## **INLEIDING**

In de flexibele productie-automatisering (FPA) vormen servoregelingen de mogelijkheid tot het traploos instellen van cilinders en pneumatische- en hydraulische motoren. Servogeregelde systemen kunnen hun uitgangsgrootheid iedere gewenste waarde binnen een bepaald bereik laten aannemen. Dit uitgangssignaal is bv. positie, snelheid, kracht of hoekverdraaiing. Het binnen bepaalde grenzen instelbaar zijn van een grootheid is het kenmerk van flexibiliteit. Vooral in de hanteertechniek biedt dit grote voordelen.

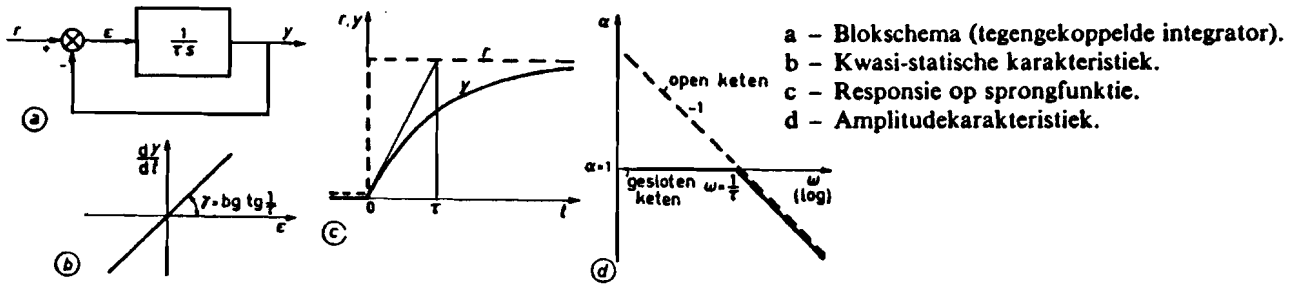
Het dynamisch gedrag van het geregelde systeem probeert men te modelleren met diverse regelstrategieën. In hoofdstuk 1. zal kort het gedrag van servogeregelde systemen worden besproken.

De daarop volgende hoofdstukken zijn enerzijds gewijd aan recent onderzoek aan universiteiten (proefopstellingen) en anderzijds aan standaard in de handel verkrijgbare componenten.

# Hoofdstuk 1. ALGEMENE BESCHRIJVING VAN SERVOSYSTEMEN

## 1.1. Het geïdealiseerde servosysteem

Kenmerkend voor een servosysteem is dat in de open keten in ieder geval een integrator voorkomt en bovendien een eerste- of tweede-orde-element. Bij een ideaal servosysteem bestaat de open keten alléén uit een integrator. Het is een onbelast systeem. Het blokschema is weergegeven in figuur 1.1.



Figuur 1.1. Geïdealiseerd servosysteem [1].

Voor het verschilssignaal  $\epsilon$  geldt:

$$\epsilon = r - y = \tau \frac{dy}{dt}$$

of

$$\frac{y}{\epsilon} = \frac{1}{\tau s}$$

Kenmerken van dit systeem zijn de volgende [1]:

1. De statische afwijking is nul. Dankzij de integrator zal het verschil  $\epsilon$  voor een constant ingangssignaal  $r$  gelijk aan nul moeten worden.
2. De snelheidsfout  $\epsilon_v = \tau m$ . Bij een konstante ingangssnelheid  $r = mt$  zal een verschil  $\epsilon$  optreden dat evenredig is met de optredende snelheid  $m$ .
3. De bandbreedte  $\omega_b = 1/\tau$ . De gesloten keten gedraagt zich als een eerste-orde-systeem met  $y/r = 1/(\tau s + 1)$ . Dit systeem heeft een bandbreedte van  $\omega_b = 1/\tau$ .

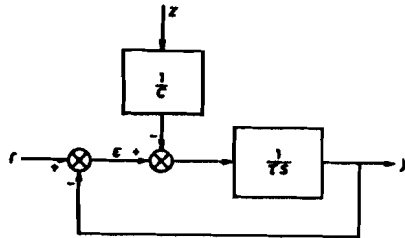
Indien nu aan een servosysteem eisen worden gesteld zoals een kleine snelheidsfout, een snelle sprongresponsie of een grote bandbreedte, dan moet de integrator-tijdconstante  $\tau$  voldoende klein worden gekozen om aan deze eisen te voldoen. Dit is in de praktijk begrensd omdat in de rondgaande keten ook andere dynamische elementen voorkomen. Er is gevaar voor instabiliteit.

Servosystemen worden vaak voor energieversterking gebruikt. Er wordt een energiebron van groot vermogen gestuurd met het verschilssignaal  $\epsilon$ , dat met weinig energie wordt bepaald. Een verandering

van de uitgang  $y$  vergt vaak en hoog vermogen. Dit gebeurt bv. bij het aansturen van een grote hydraulische cilinder. Het begrip energieversterking mag niet verward worden met signaalversterking.

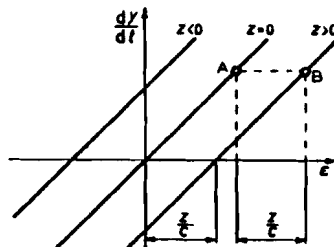
## 1.2. Invloed van de belasting

In het algemeen is de belasting van een servosysteem een storing. Storingen zijn bv. externe belasting, coulombwrijving, newtonse wrijving en massakrachten. In figuur 1.2. Is weergegeven hoe een storing  $z$  aangrijpt.



Figuur 1.2. Invloed van de belasting [1].

Indien nu een tegenwerkende belasting  $z$  optreedt, zal  $dy/dt$  afnemen als  $\epsilon$  constant blijft. Anders gezegd:  $\epsilon$  zal moeten toenemen om de oorspronkelijke  $dy/dt$  te moeten handhaven. De invloed van  $z$  op  $dy/dt$  is te zien in figuur 1.3.



Figuur 1.3. Het verband tussen  $z$  en  $dy/dt$  [1]

Volgens figuur 1.2. Geldt:

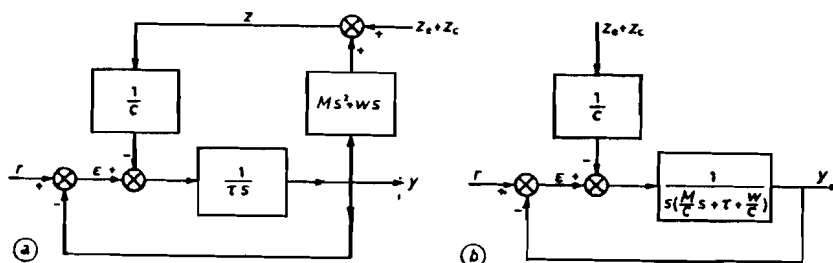
$$\epsilon = r - y = \tau \frac{dy}{dt} + \frac{1}{c} z$$

Het verschil  $\epsilon$ , dat de besturingsfout is van het servosysteem, bevat dus twee componenten: de ene component is evenredig met de optredende snelheid  $dy/dt$  (snelheidsfout), de andere met de belasting  $z$  (belastingfout). We kunnen nu de belasting  $z$  opgebouwd denken uit vier componenten, nl. de reeds genoemde coulombwrijving, viskeuze wrijving, externe belasting en massakrachten. Voor  $z$  kan dan geschreven worden:

$$z = z_0 + z_c + w \frac{dy}{dt} + M \frac{d^2y}{dt^2}$$

De verschillende onderdelen van de belasting kunnen in een blokschema worden aangegeven en vereenvoudigd. Dit is gedaan in figuur 1.4. Het blijkt, dat alleen al ten gevolge van de bewegende massa een servosysteem geen zuiver tegengekoppelde integrator is. In de rechte keten komt nog een eerste-orde element voor.

In de praktijk is het beeld nog gecompliceerder dan in dit geval omdat er nog meer eerste- en tweede-orde elementen voorkomen.



Invloed van massakrachten en viskeuze wrijving.

figuur 1.4. [1]

## Hoofdstuk 2. PNEUMATISCHE SERVOSYSTEMEN

### 2.1. Inleiding

Bij pneumatische servosystemen wordt in het algemeen een gewenste stand van de pneumatische actuator (cilinder) nagestreefd. Soms wordt de kracht die de cilinder uitoefent als uitgangsgrootte gekozen [2].

Het is echter niet mogelijk zonder speciale voorzieningen de zuiger nauwkeurig te positioneren. De oorzaken hiervoor zijn een lage laststijfheid en een slecht dempingsgedrag. Bovendien zorgen coulombse wrijving en stromingsweerstand voor niet-lineariteiten. Moderne hulpmiddelen die de realisering van een servoregeling met voldoende kwaliteit mogelijk maken zijn enerzijds geavanceerde regelalgoritmen (toestandsregeling, systeemherkenning [5]) en anderzijds de regelcomponenten, zoals sensoren, microcomputers, snelle servoventielen en servocilinders [3].

### 2.2. Het pneumatisch servoventiel

De centrale component in het systeem is het proportionele- of servoventiel. Het ventiel wordt bediend door een magneetspoel waardoor een stroom vloeit of een stuurdruk die proportioneel is met de gemeten afwijking van de gewenste uitgangswaarde. De doorlaat van het ventiel is recht evenredig met de opgelegde spanning c.q. druk, zodat er een lineair verband bestaat tussen afwijking en ondernomen regelactie. De in verhouding tot hydraulische systemen hoge compressibiliteit van het arbeidsmedium lucht kan alleen met een snel schakelend ventiel met hoge volumestroom gecompenseerd worden.

Aan een pneumatisch servoventiel worden de volgende eisen gesteld [2],[3]:

*hoge versterking:* Een klein stuursignaal (stroom door de spoel, druksignaal) moet een grote hoeveelheid lucht doorlaten.

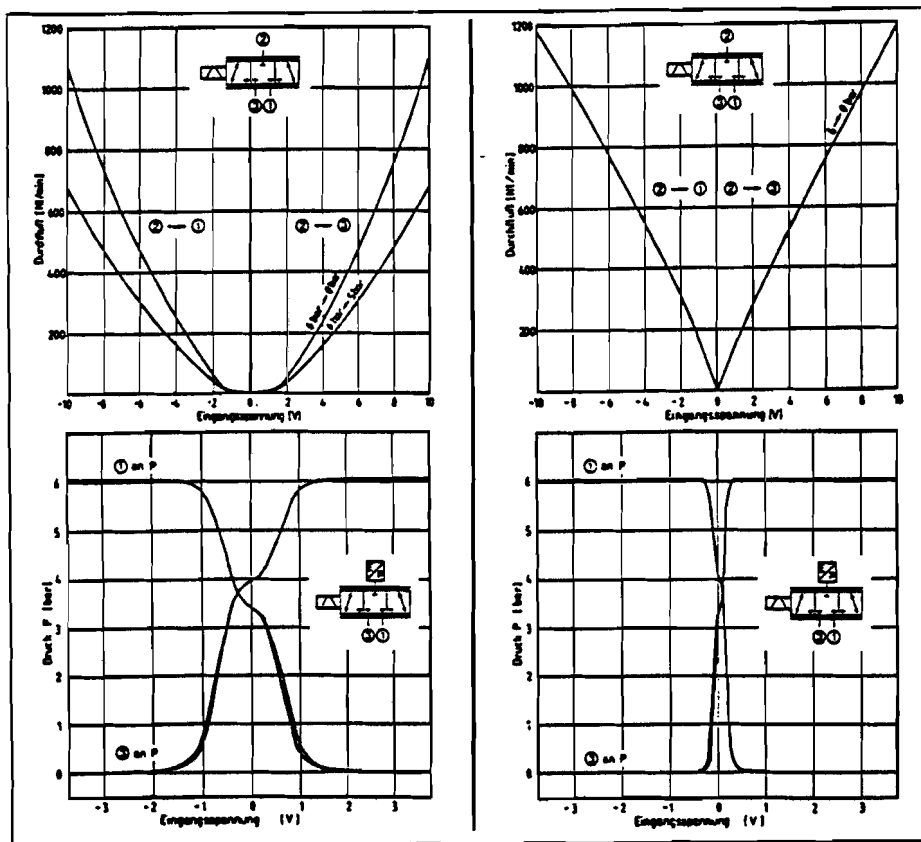
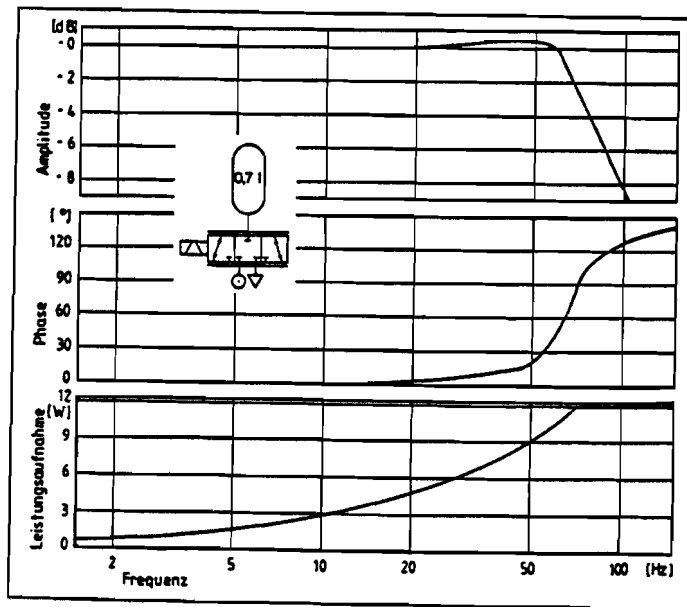
*hoge dynamiek:* Het verhogen van de schakelfrequentie levert fasevervalsing op. Hoe hoger de kantelfrequentie, hoe beter het ventiel.

*geringe hysteresis:* Het blijkt dat de heen- en teruggaande bewegingen van ventielen soms niet samenvallen. Het verschil is de hysteresis. Met het dalen van de hysteresis stijgt de kwaliteit van het ventiel.

*lineariteit:* Het verband tussen stuursignaal en luchtdoorlaat moet de rechte door de oorsprong zoveel mogelijk benaderen. Voor de positionaauwkeurigheid moet rond de oorsprong de lineariteit dicht benaderd worden.

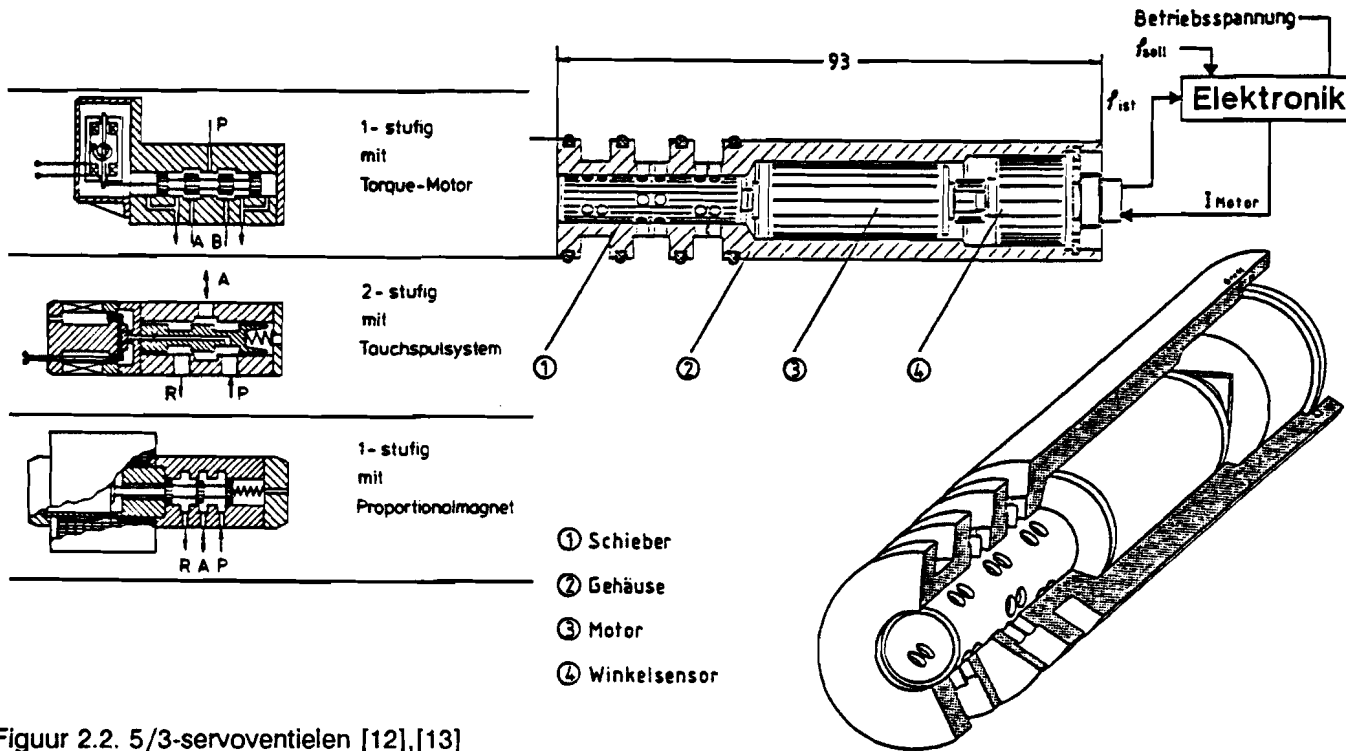
In figuur 2.1. zijn de prestaties van moderne ventielen van de firma Kolvenbach [12] weergegeven. De ventielen geven een fasevervalsing van 90° bij een frequentie van 80 Hz. Niet-lineariteiten worden elektronisch gecompenseerd.





Figuur 2.1. Proportionaliteit en dynamisch gedrag van een servoventiel. A: Amplitude- en fasekarakteristiek. B: Verband tussen druk en ingangsspanning, volumestroom en ingangsspanning. Link niet gecorrigeerd, rechts softwarematig gecorrigeerd [12].

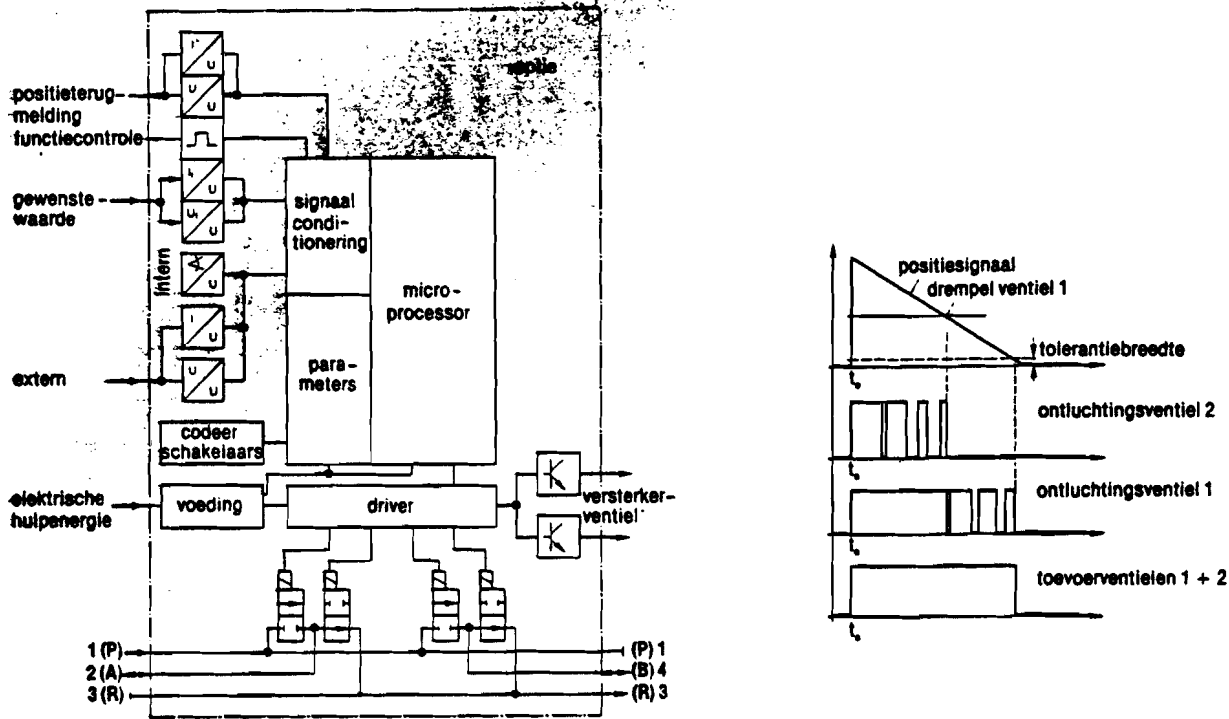
Enkele ventieluitvoeringen: een 5/3-schuifventiel met torque-motor, bewegende spoel en magneet [13] en draaischuf [12] (figuur 2.2.).



Figuur 2.2. 5/3-servoventielen [12],[13]

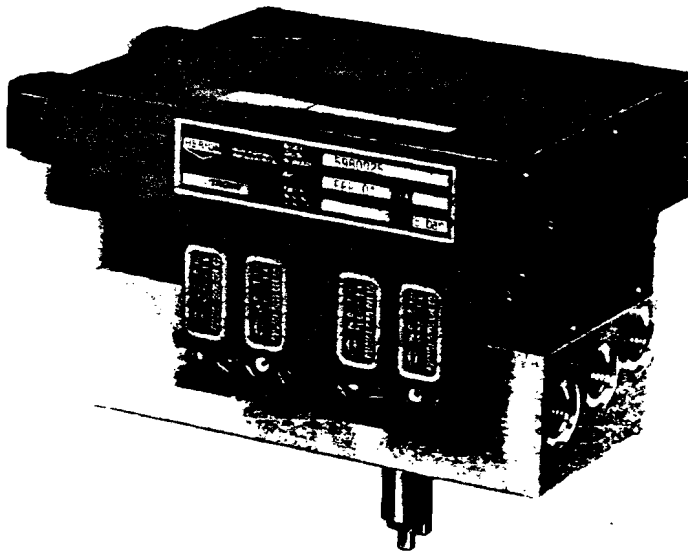
### 2.3. Servoregeling met vier 2/2 ventielen in brug geschakeld

Een pneumatische cilinder kan ook aangestuurd worden met vier 2/2 ventielen die in een brug van Wheatstone zijn geschakeld. De ventielen worden bediend met een pulsbreedte-gemoduleerd signaal [8]. In figuur 2.3. is te zien hoe een dergelijk signaal wordt opgebouwd. De hoogte van het verschil tussen de gewenste en werkelijke positie van de zuiger bepaalt de breedte van de pulsen die naar de ventielen gestuurd worden. De gebruikte ventielen hebben zeer kleine afmetingen, zodat ze snel kunnen schakelen.



Figuur 2.3. De brugschakeling en het pulsbreedte-gemoduleerd signaal [8].

De firma Herion biedt een elektropneumatische positierelbaar aan. De brugschakeling van 2/2 ventielen, regeleenheid en aansluitkast zijn in één unit verenigd. Zie figuur 2.4. De regeleenheid kent een aantal instelbare parameters, zodat de unit op een actuator kan worden afgestemd.



Figuur 2.4. Elektropneumatische positierelbaar (Herion) [8].

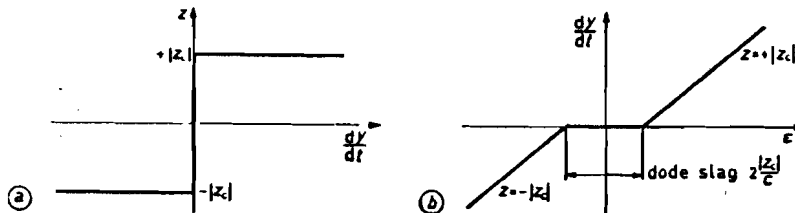
Een gelijke schakeling met een toestandsregelaar is gerealiseerd op de TH-Aken [10]. De positie, snelheid en versnelling van de zuiger worden teruggekoppeld. De nauwkeurigheid is echter sterk afhankelijk van de grootte van de te verplaatsen massa (0,04 mm tot 0,2 mm bij 5 tot 20 kg).

## 2.4. Cilinders

Voordelen van pneumatische cilinders zijn [3]:

- eenvoudige, goedkope en robuuste constructie
- eenvoudige realisering van lineaire bewegingen en rotaties met hoge snelheid
- kompakte afmetingen
- gunstige dynamische eigenschappen: geringe compacte en hoge vermogensdichtheid
- betrouwbaar

Deze eigenschappen maken de pneumatische servo-aandrijving geschikt voor de hanteertechniek (pick-and-place units). Bij de constructie van servosystemen kan doorgaans niet van conventionele cilinders gebruik worden gemaakt. De coulombse wrijving tussen de afdichtingen van zuiger en stang en het cilinderhuis zorgt voor storende effecten [3]. In figuur 2.5. is de coulombwrijving weergegeven. Het is een wrijvingskracht, waarvan de richting tegengesteld is aan de snelheid  $dy/dt$ . De coulombwrijving resulteert in een dode slag [2]. In het meest ongunstige geval is de dode slag groter dan het oplossend vermogen van de positiemeting en resulteert dit in het trillen van de zuiger rond de gewenste positie [3].

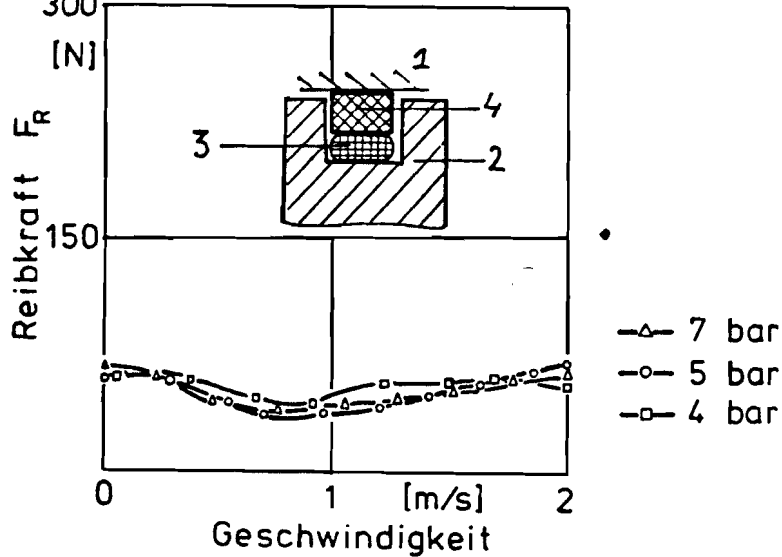


Figuur 2.5. De coulombwrijving en de dode slag.  $Z_c$  = wrijvingskracht;  $\epsilon$  = verschillingsignaal [1].

Criteria waaraan een goed afdichtingsmateriaal en -ontwerp moet voldoen zijn [3]:

- geringe wrijving
- klein verschil tussen statische- en dynamische wrijvingscoëfficiënt
- lage lekstroom
- druk- en snelheidsonafhankelijke wrijvingskrachten

De beste afdichting is een verende teflon ring in een spleet. In figuur 2.6. is een dergelijke afdichting weergegeven.



Figuur 2.6. Teflon afdichting. 1 = cilinderwand; 2 = zuiger; 3 = verende onderring; 4 = teflon afdichtingsring.

### 2.5. Lamellenmotoren

Het is eveneens mogelijk om pneumatisch rotaties te realiseren. Er is een veelvoud van persluchtmotoren op de markt. In de hanteertechniek biedt de persluchtaandrijving in het vermogensgebied beneden 1 Kw voordelen; boven deze grens voldoen hydraulische en elektrische aandrijvingen beter [4].

In [4] wordt een servo-aandrijving met een lamellenmotor beschreven. Het principe van de lamellenmotor is gegeven in figuur 2.7.

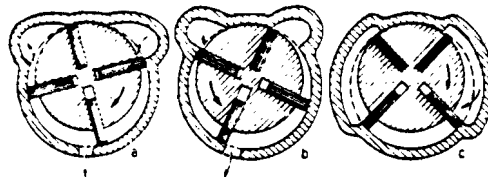


Bild 3.32: Umsteuerbare Lamellenmotoren

Bei der symmetrischen Ausführung a), "expandierender" Motor, ist der Winkelbereich zwischen Einlaßschluß (ES) und Auslaßöffner (AÖ) größer als der Abstand zwischen zwei Lamellen. Die in der Kammer verbliebene Luft wird hinter der ersten Auslaßöffnung bis zum AÖ der zweiten Öffnung komprimiert.

Figuur 2.7. Pneumatische lamellenmotor (principe) [4].

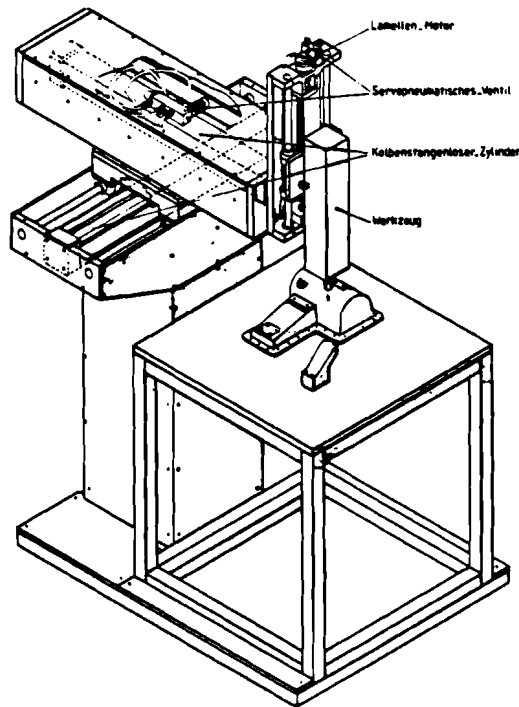
De redenen voor de keuze van een lamellenmotor zijn:

- constant koppel over het toerenbereik
- onbegrensde inschakelduur
- belastbaar tot stilstand

-overbelastbaarheid tot omkeren van draairichting

De onder 2.3. genoemde voordelen zijn eveneens van toepassing.

De lamellenmotor drijft middels een schroefspindel een translatie-as aan. Door aaneenschakeling van meerdere assen wordt een industrie-robot opgebouwd. Het betreft een robot van het RTT-type (Zie figuur 2.8).



Figuur 2.8. Industrie-robot met één rotatie- en twee translatie-assen (RTT) [4]

Het werkgebied bedraagt  $360^\circ * 600 \text{ mm} * \pm 300 \text{ mm}$  en de last maximaal 5 kg.

## 2.6. Positiemeting

Als meetorgaan worden digitale positiemeetsystemen toegepast. Het hoog oplossend vermogen is hiervoor de belangrijkste reden. Bijkomend voordeel is de vorm van het meetsignaal; het kan zonder omzetting aan een computer worden aangeboden. In relatie tot de mechanische componenten zijn het echter geen goedkope systemen [4]. Voor translaties worden meetlinealen, voor rotaties resolvers gebruikt.

## 2.7. Resultaten van geregelde systemen

De in [3] beschreven cilinder wordt met een toestandsregeling bediend. Terugkoppeling van positie, snelheid en versnelling levert de volgende prestaties:

- maximale snelheid 1,4 m/s bij een stapvormig ingangssignaal van 0 naar 200 mm
- positienauwkeurigheid gelijk aan oplossend vermogen van het wegmeetsysteem (onbelast)
- laststijfheid 5 kN/mm
- hysterese nihil
- stapvormige storingen tot 15% van de maximale cilinderkracht worden in minder dan 0,3 s gecorrigeerd.

De RTT-robot [4] heeft de volgende prestaties:

- R-as: max hoeksnelheid 142°/s bij en stap van -45° naar 45°
- T-as: max snelheid 0,63 m/s bij een stap van -100 naar 200 mm

vanwege hoge versnellingen en beperkte stijfheid van zijn constructie trilt de robot bij het bereiken van de eindpositie lang na. Een verdere optimalisatie is hier gewenst.

## 2.8. Standaard componenten

De in [3] en [4] beschreven proefopstellingen stammen uit de tweede helft van de jaren '80. De ventielen en cilinders die gebruikt worden zijn standaard componenten aangepast voor het toepassen in een regelkring. De industrie is op dit moment al in staat servo-aandrijvingen te leveren. Hieronder volgt een opsomming.

In 2.3. is de positieregelaar van Herion al genoemd. Dit systeem werkt met pulsbreedtemodulatie en ventielen in een brugschakeling.

Het aansturen van een 5/3 ventiel wordt vaak als principe voor servo-regeling gebruikt. Martonair produceert een positioner, dit is een zuiver mechanisch geregelde servocilinder. De gewenste zuigerstand is recht evenredig met een aangeboden stuurdruk. De werkelijke stand van de zuiger wordt middels een trekveer teruggekoppeld naar het geïntegreerde 5/3 ventiel. Meer informatie is te vinden in bijlage 1.

Doedijns Pneumatiek levert cilinders van hetzelfde type en vergelijkbare prestaties. De uitvoering vraagt wat meer inbouwruimte. Zie bijlage 2.

Bosch gebruikt een elektronische regeling voor zijn servocilinders (Zie bijlage 3.). Er kunnen standaard cilinders toegepast worden. De gewenste waarde van de zuigerstand wordt in de vorm van een spanning aangeboden. De werkelijke stand van de zuiger wordt gemeten met een schuifpotentiometer. Volgens Bosch is dit een goedkope oplossing. De nauwkeurigheid van deze sensor is beter dan de veerterugkoppeling van Martonair en Doedijns, zodat de positie van de zuiger een decade nauwkeuriger is. Het 5/4 servoventiel moet in combinatie met een regelversterker gebruikt worden, die niet-lineariteiten in de ventielkarakteristiek (volumestroom-stuursignaal) compenseert. Het Bode-diagram van het ventiel laat zien dat het ventiel een fasedraaiing geeft van -45° bij een frequentie van meer dan 100 Hz. Over het principe van de positieregeleenheid wordt geen informatie verstrekt.

## Hoofdstuk 3. HYDRAULISCHE SERVOSYSTEMEN

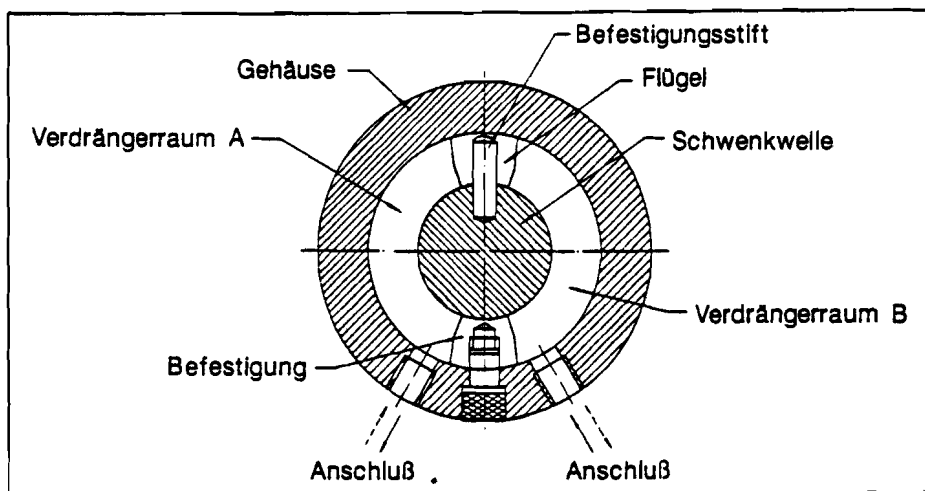
### 3.1. Algemeen

In verhouding tot pneumatische aandrijvingen hebben de hydraulische een hogere krachtdichtheid [5]. Het arbeidsmedium olie heeft een hogere stijfheid als perslucht. De laststijfheid is zeer hoog.

De eenvoudige elektrische aansturing en vermogensoverdracht maken de hydraulische aandrijving toepasbaar bij de industriële automatisering (bv. hydraulische robots en pijpbulgmachines). Aan het stoorgedrag en de positienauwkeurigheid worden hoge eisen gesteld.

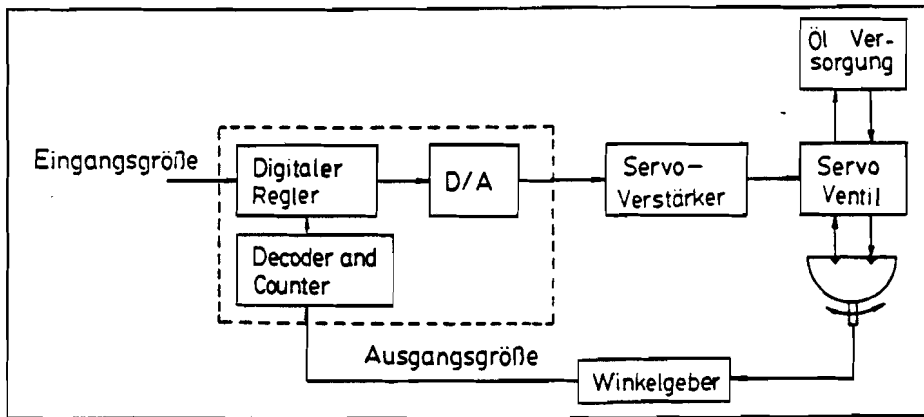
### 3.2. Servogeregelde hydraulische zwenkcilinder

Op de TH-Aken is een proefopstelling met een servogeregelde zwenkcilinder gerealiseerd [5]. In figuur 3.1. is de zwenkcilinder weergegeven. Figuur 3.2. is het blokdiagram van de servoregeling. De verdraaiing van de cilinder wordt gemeten met een incrementele hoekmeter en vergeleken met de gewenste waarde. De digitale regelaar stuurt via een versterker het servoventiel aan.



Figuur 3.1. Doorsnede van de zwenkcilinder [5].





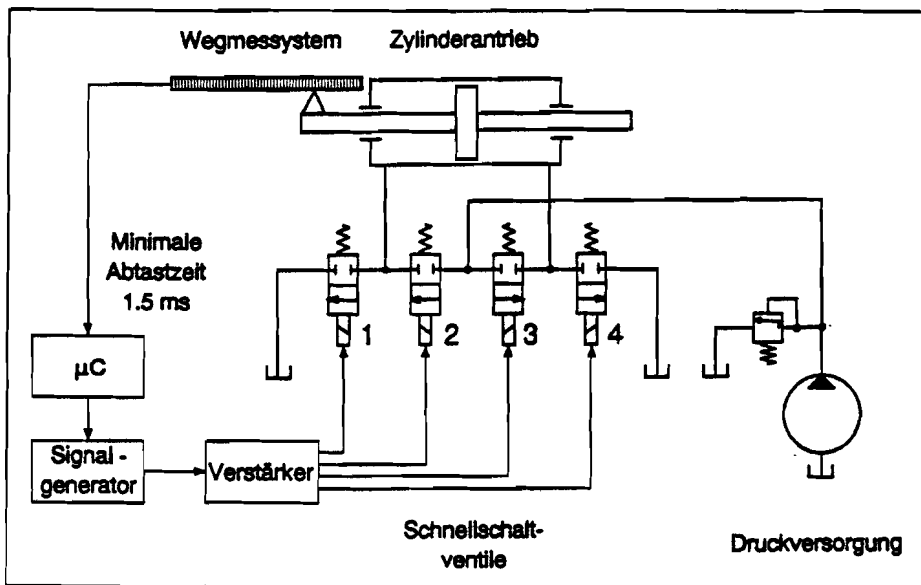
Figuur 3.2. Blokdiagram van de regelcomponenten [5].

### 3.3. CNC-positieregelaar

De firma PEES Elektronik heeft een elektronische servoregeling ontwikkeld voor hydraulische aandrijvingen [6]. De regeling stuurt een proportioneel ventiel aan. Softwarematig kunnen een groot aantal parameters worden ingesteld. De karakteristiek van het ventiel kan op de regeling ingesteld worden, zodat niet-lineariteiten gecorrigeerd worden. Hysterese kan worden gecompenseerd. Voor het meten van de werkelijke zuigerpositie zijn ingangen geschikt voor ultrasoon-, inkrementele- en potentiometrische linealen aanwezig. Elke 2 ms worden de sensoren uitgelezen. De positienauwkeurigheid bedraagt 0,01 mm.

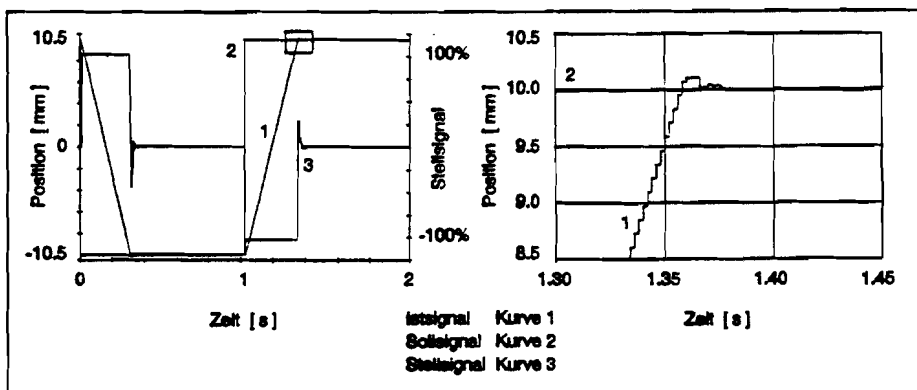
### 3.4. Brugschakeling

Het gebruik van een brugschakeling met vier 2/2 ventielen maakt het mogelijk de servoregeling volledig digitaal te maken. Er hoeft geen analoog signaal naar een servoventiel gestuurd te worden [9]. De ventielen worden bediend met een pulsbreedte-gemoduleerd signaal. De schakeling met 4 snelschakelventielen is te zien in figuur 3.3.



Figuur 3.3. Hydraulische brugschakeling [9]

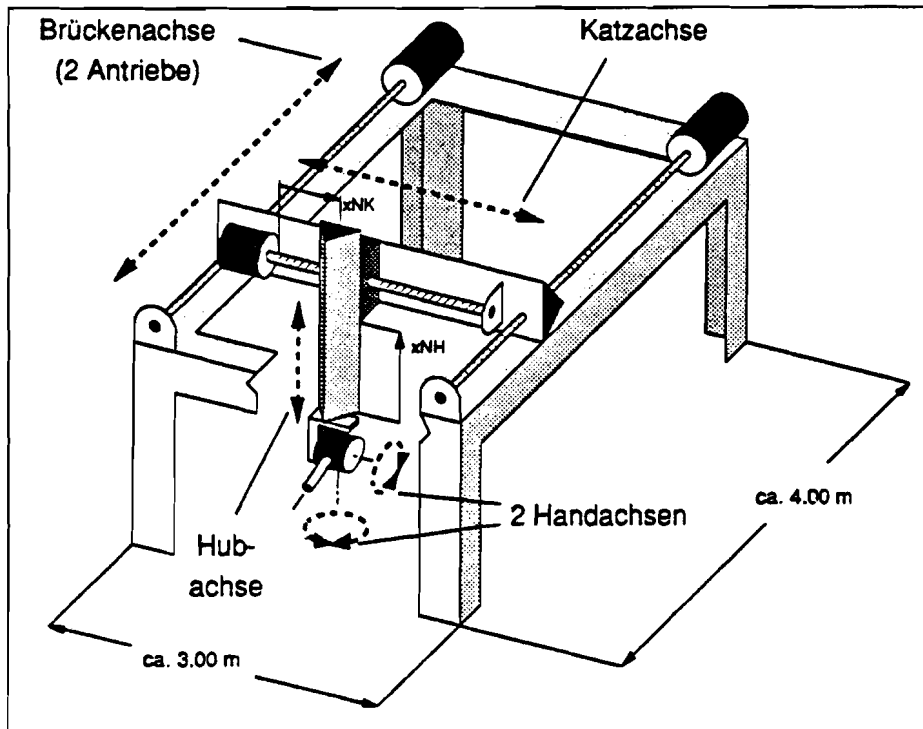
Dat de ventielen een discreet signaal krijgen aangeboden blijkt uit het verloop van de zuigerpositie op een stapvormig ingangssignaal. In figuur 3.4. is het gedrag van de brugschakeling weergegeven bij een aftasttijd van 2 ms en een pulsrequentie van 200 Hz. De schuine flank van signaal 1 is het gevolg van de maximale oliestroom. De positie van de zuiger verandert met een trapvormig verloop.



Figuur 3.4. Gewenste en werkelijke waarde van de zuigerpositie en het stuursignaal [9].

### 3.5. Baanbesturing van een hydraulische portaalrobot

Een hydraulische portaalrobot voor het waterstraalsnijden van tapijten en instrumentenpanelen voor de automobiellindustrie werd voorzien van hydraulische actuatoren [7]. Dit is weergegeven in figuur 3.5.



Figuur 3.5. Opbouw van de portaalrobot [7]

De brugas en de as van de kat worden aangedreven met een hydraulische zuigermotor met 7 cilinders en spindel. De hefas heeft een hydraulische cilinder als actuator. Als eisen aan de robot gelden: een versnelling van de effector van  $30 \text{ m/s}^2$  en een positionauwkeurigheid van  $0,2 \text{ mm}$ .

De compressibiliteit van de hydraulische olie leidt tot enkele resonantiefrequenties. De rotatiemotoren vertonen elk een eigenfrequentie van ongeveer  $50 \text{ Hz}$ . De olielolommem in de cilinder van de hefas kunnen gemodelleerd worden tot twee in serie staande veren. De eigenfrequentie is afhankelijk van de stand van de zuiger en loopt van  $50$  tot  $80 \text{ Hz}$ .

De wiskundige modellering van de totale robot geeft een systeem van hogere orde ( $>50$ ). De rekencapaciteit is voor dergelijke systemen ontoereikend en daarom is elke as teruggebracht tot een tweede-orde systeem. Afhankelijk van de onderlinge stand van de assen worden parameters van elke as gewijzigd. Een dergelijk model is voldoende nauwkeurig en levert geen tijdnoed op bij de besturing.

De inkrementele positiesensoren worden gebruikt om een toestandsvector met positie, snelheid en versnelling terug te koppelen. Er wordt verder gebruik gemaakt van een geoptimaliseerd Kalman filter en rekonstruktor. Dit is een beproefd regelconcept [11].

De servoventielen vertonen niet-lineariteiten in hun karakteristiek. Deze worden numeriek gecompenseerd.

De wrijving in de hydraulische componenten is niet gemodelleerd. Dit schijnt te complex. De toestandsregeling maakt het mogelijk met de regelbare hydrauliek een lichtgewicht constructie te maken. Dit komt vooral door de hoge krachtdichtheid van de hydraulische aandrijving.

## CONCLUSIES

In hoofdstuk 1. bleek, dat een ideaal servosysteem een utopie is. Als gevolg van de belasting (wrijving, massakrachten, etc.) treden afwijkingen op (plaatsfout, snelheidsfout). De belasting is in feite een storing. Deze fouten zijn niet te elimineren, maar kunnen binnen de eisen aan de regeling worden gebracht.

De sleutel tot het minimaliseren van fouten is het zo goed mogelijk wiskundig modelleren van de componenten van de regelkring. Men maakt hierbij gebruik van geavanceerde regelconcepten. Toestandsregeling wordt veel toegepast. Het blijkt, dat de terugkoppeling van plaats, snelheid en versnelling van de zuiger een minimale voorwaarde is. Een andere techniek die gebruikt wordt, is die van de systeemherkenning.

De problemen die optreden bij het modelleren zijn de volgende:

*Orde van het systeem:* Vaak wordt het systeem door hogere-orde differentiaalvergelijkingen beschreven. De reken capaciteit van de besturingscomputer is niet toereikend voor dergelijke modellen en wordt traag. De vereiste sample-frequentie voor het meten van de toestand vormt de beperking. Het model wordt tot een lagere-orde systeem vereenvoudigd (bv. tweede-orde). Onnauwkeurigheden worden acceptabel gevonden.

*Complexiteit van het systeem:* Voor sommige componenten van het systeem is het inzicht in het gedrag ontoereikend. Met name geldt dit voor wrijvingsproblemen (zuiger-cilinderwand). Soms wordt wrijving niet gemodelleerd, soms gebrekkig. Beide oplossingen zijn niet bevredigend; dit geldt vooral bij pneumatische componenten. Gezien de hoge nauwkeurigheid die Bosch pneumatische cilinders halen, is dit hardware-matig opgelost met een goede afdichting.

*Tijdvariantie van het systeem:* Als gevolg van temperatuurschommelingen en slijtage veranderen parameters van het systeemmodel. De afwijkingen op langere termijn zijn niet onderzocht.

Ondanks deze nadelen worden toch goede resultaten geboekt. Het is mogelijk het niet-lineair gedrag van ventielen en stromingsweerstand software-matig te lineariseren. Zo is het mogelijk om met betrekkelijk goedkope onderdelen een lineair systeem te creëren. Dit in tegenstelling tot het zelf aanpassen van bv. ventielen, wat enkele jaren geleden werd gedaan aan de TH-Aken.

Afhankelijk van de positie van de zuiger varieert het model van de actuator. De stijfheid van de olie- of luchtkolom verandert. Dit effect kan gecompenseerd worden door afhankelijk van de stand van de zuiger de modelparameters aan te passen.

De TH Aken doet veel onderzoek naar de hydraulische en pneumatische servo-actuator. De hoeveelheid kennis die er is vergaard staat in contrast met de weinige systemen die op de markt aangeboden worden. De reden hiervoor is de hoge kwaliteit van bestaande elektrische servo-aandrijvingen. Dissertaties en artikelen in tijdschriften zoals *Ölhydraulik und Pneumatik* geven veel inzicht in de problemen die zich in de praktijk kunnen voordoen. Gegevens uit brochures van fabrikanten zijn vaak onvoldoende.

Er zijn twee schakelingen van ventielen en actuator besproken. De een is een proportioneel ventiel met een actuator de tweede een brugschakeling van vier 2/2 ventielen en een actuator.

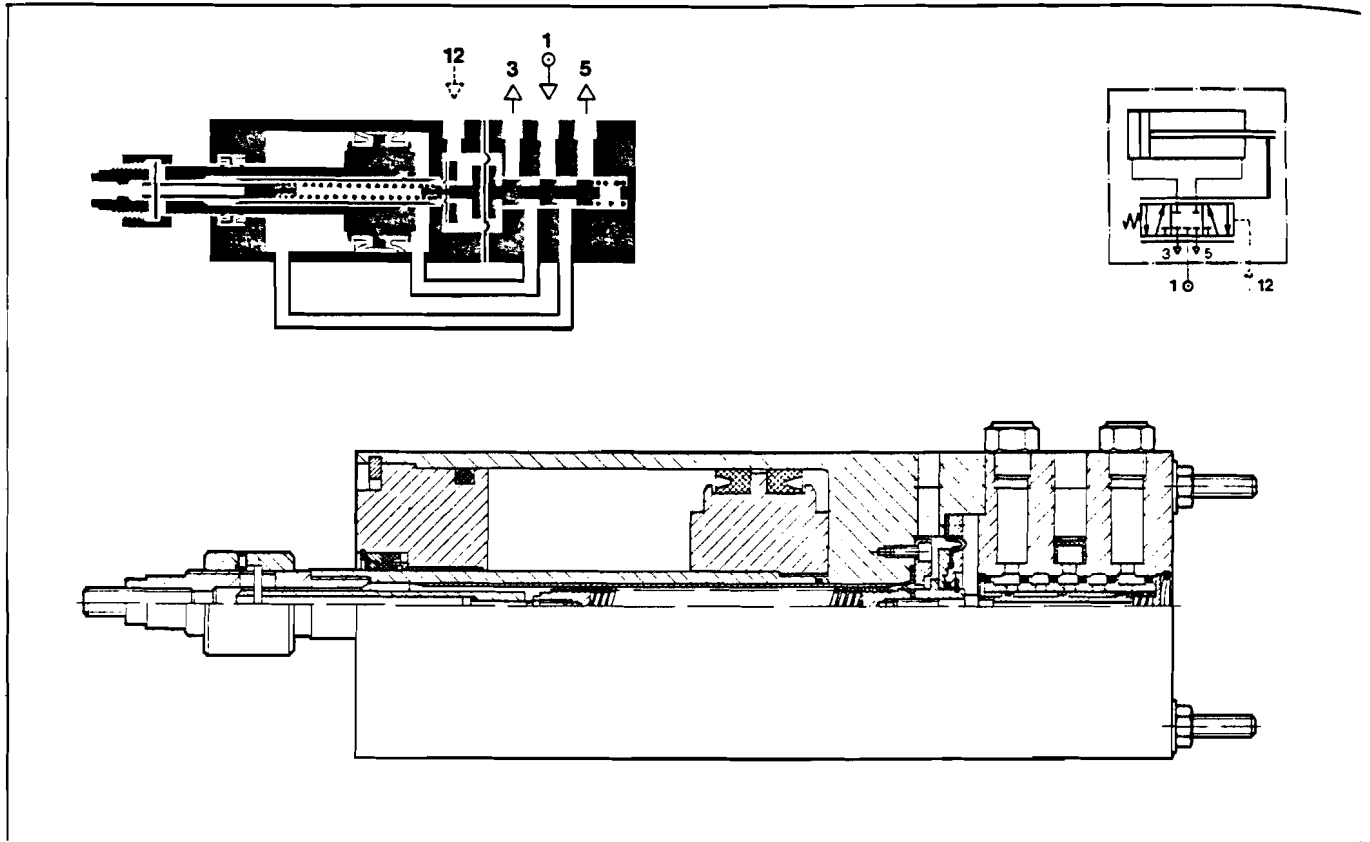
De brugschakeling heeft als voordeel dat er geen complex 5/3 servoventiel met elektronische compensatie nodig is. De signalen zijn volledig digitaal. Het nadeel is het stapvormig verloop van de bewegingen. Dit komt sterk tot uiting bij hydraulische actuatoren. De ventielen worden bediend met een pulsbreedte-gemoduleerd signaal.

Het gebruik van een servoventiel garandeert vloeiende bewegingen. Er is maar één ventiel nodig, dat met een analoog signaal of met een stuurdruk wordt bediend.

Hydraulisch is een hogere nauwkeurigheid te bereiken dan pneumatisch. De compressibiliteit van olie is lager dan die van lucht. Een belangrijke factor is het gebruik van nauwkeurige positiemeting en snelle ventielen met een lineair gedrag. De goede positiemeting en ventielen van Bosch realiseren een nauwkeurige positionering, die beter is als volledig mechanische systemen.

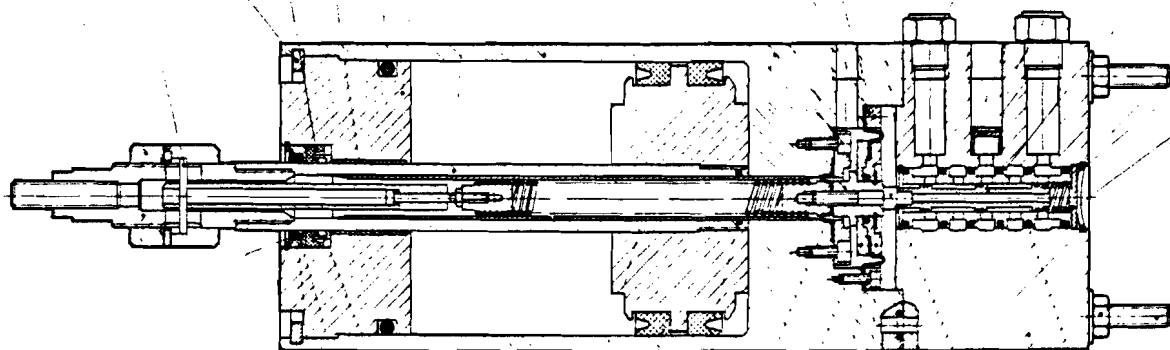
## Bijlage 1. Martonair Positioner

- Standardhublängen sichern hohe Lieferbereitschaft
- Kompakte Bauform senkt den Platzbedarf
- Genaue Reproduzierbarkeit sichert Wirtschaftlichkeit
- Vielfalt der Befestigungen erweitern Einbaumöglichkeiten
- Weltweite Verfügbarkeit garantiert Anwendernähe



### Technische Merkmale

Wirkungsweise	Doppeltwirkende Zylinder mit integriertem Stellgerät, bei denen die Stellung der Kolbenstange proportional einem Steuerdruck regelbar ist
Betriebsdruck	2–10 bar
Steuerdruck	0,207–1,035 bar
Empfindlichkeit	0,007 bar
Linearität	1,3 % vom Hub
Reproduzierbarkeit	0,75 % vom Hub
Nullpunkteinstellung	10 % vom Steuerdruck
Gerätetemperaturbereich	5°C (100 % trockene Luft) bis 80°C
Hublängen	75, 125, 200 mm
Materialspezifikation	Ventil, Kolben und Zylindergehäuse Aluminium, Kolbenstange Edelstahl rostfrei (austenitisch), Kolbenstangenende und Federregulator Stahl kadmiert.
Sonstiges	Die Stellung der Kolbenstange ist nur vom Steuerdruck abhängig und wird nicht durch Schwankungen des Betriebsdruckes oder durch Temperaturschwankungen beeinflusst. Die Nullpunkteinstellung befindet sich vorne an der Kolbenstange und ist leicht zugänglich. Der Regelteil ist vollkommen eingekapselt und somit gegen Verschmutzung geschützt. Dauernder Luftverbrauch max. 0,35 dm <sup>3</sup> /s



23  
24  
25  
26  
27

44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 45 31 30 29 28

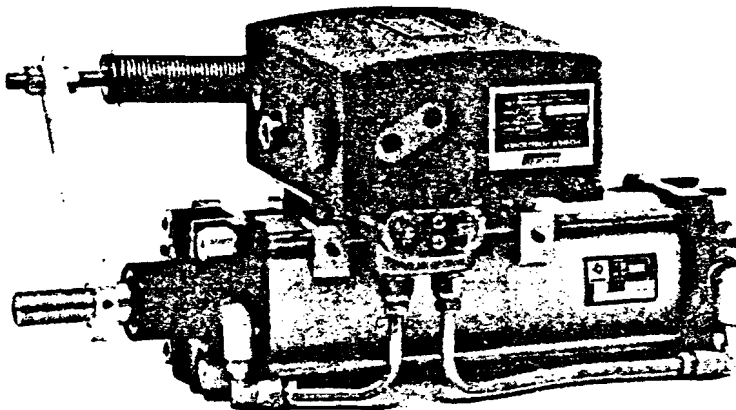
**Ersatzteile**

Typ	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5**</b>	<b>6**</b>	<b>7**</b>	<b>8</b>
	Feder-Regulator	Stift	Stift	Sicherungsring	Dichtung	Folie	O-Ring	Deckel
M/1525	M/P18375	M/P1717/2	M/P1584/55	M/P1607/129	MDI/100/789	S/P14400	MOR/161/7	M/P18381
M/1540	M/P18375	M/P1717/2	M/P1584/55	M/P1607/130	MDI/100/789	S/P14400	MOR/186/6	M/P18383
Typ	<b>9*</b>	<b>10*</b>	<b>11</b>	<b>12**</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
	Kolbenstange komplett	Zylinderrohr	Membranstift	O-Ring	Halteplatte	Schraube	Spannplatte	Schraube
M/1525	QM/1525*/21	M/P18452/	M/P18758	MOR/2050/7	M/P18368	M/P1639/26	M/P23750	M/P1639/26
M/1540	QM/1540*/21	M/P18470/	M/P18758	MOR/2050/7	M/P18368	M/P1639/26	M/P23750	M/P1639/26
Typ	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23**</b>	<b>24</b>
	Sicherungsring	Einschraubfilter	Sicherungsring	Distanzrohr	Filter	Ventilschieber komplett	Feder	Sicherungsring
M/1525	M/P1607/73	M/1511	S/P1607/128	M/P18372	S/P14624	QM/1525/22	M/P21064	M/P1622/16
M/1540	M/P1607/73	M/1512	S/P1607/128	M/P18372	S/P14624	QM/1525/22	M/P21064	M/P1622/16
Typ	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27*</b>	<b>28**</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32**</b>
	Federführung	Mutter	Zugstange	O-Ring	Ventilgehäuse	Schraube	Sicherungsring	Membran
M/1525	M/P22688	M/P1500/27	M/P18384/	MOR/2068/7	M/P18473	M/P1639/20	S/P1622/21	S/P8822
M/1540	M/P22688	M/P1500/27	M/P18474/	MOR/2068/7	M/P18472	M/P1639/20	S/P1622/21	S/P8822
Typ	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35**</b>	<b>36**</b>	<b>37**</b>	<b>38*</b>	<b>39</b>	<b>40</b>
	Membran-Zwischenstück	Membranstück	Membran	O-Ring	Dichtung	Rückkopplekomplett	Distanzrohr	Ring
M/1525	M/P18434	M/P18439	M/P18373	M/P2062/7	MU/250/7	QM/1525*/23	S/P14565	S/P16030
M/1540	M/P18434	M/P18439	M/P18373	M/P2062/7	MU/400/7	QM/1540*/23	S/P14565	S/P16030
Typ	<b>41***</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45**</b>			
	Abstreifer	Sicherungsring	Sicherungs-scheibe	Kolbenstang-ende	O-Ring			
M/1525	MRW/100/39	S/P1609/16	S/P16031	M/P18380	MOR/17698/6			
M/1540	MRW/100/39	S/P1609/16	S/P16031	M/P18380	MOR/107/7			

\* Die Ersatzteilnummer ist durch Angabe des Hubes zu ergänzen  
 \*\* Teile sind nur im Verschleißteilsatz lieferbar

**Verschleißteilsätze**  
 M/1525/75, .../125, .../200 = QM/1525/00  
 M/1540/75, .../125, .../200 = QM/1540/00





Servo-cilinders met standsteller, boring 80-160 mm slag max. 750 mm, diverse bevestigingshulpstukken.  
Serie FS

#### Toepassing

Snelle, gevoelige en nauwkeurige pneumatische positionering van: rechthoekige bewegingen, regelafsluiters, schuiven en kranen, variatoren, en overal waar men een stand – onafhankelijk van de vereiste kracht – lineair wil regelen. Men maakt daarbij gebruik van een variabele stuurdruk (3-15 PSI), waarbij de ingestelde druk de vereiste positie bepaalt. Bijvoorbeeld 50% van de stuurdrukrange (9 PSI) resulteert in een positie van de cilinder op 50% van de slaglengte.

#### Beschrijving

Komplete eenheid, bestaande uit een aangepaste ISO cilinder en een 'FOXBORO' standsteller. Verkrijgbaar in direct en indirect werkende uitvoeringen, waarbij de zuigerstang respectievelijk uit- of ingaat bij stijgend stuursignaal. De stand van de zuiger is over de gehele slag lineair afhankelijk van het stuursignaal. Er wordt voor de cilinder zelf gebruik gemaakt van de normale werkdruk.

De standsteller (Foxboro) heeft een terugmeldingsmechanisme met een RVS trekveer: het ontbreken van stangen of een lineaal garandeert een nauwkeurige en storingvrije werking. De constructie bevat een minimum aan bewegende oelen. Het regelmechanisme zelf is opgesloten in een druipe- en spatwaterdicht aluminium huis. De afstelling geschiedt met een schroefdraaier.

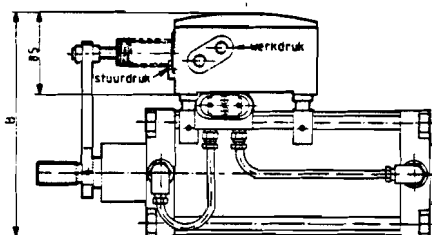
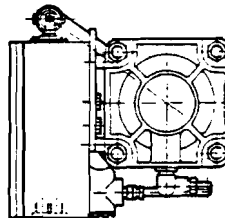
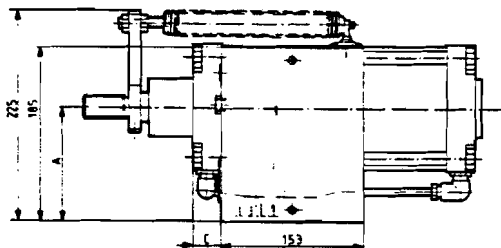
#### Technische gegevens standsteller

Nauwkeurigheid: 1% van de totale slaglengte  
Aanspreekgevoeligheid: 2,5 cm wk  
Stuursignaal: 3 ... 15 PSI (0,2 ... 1,0 bar)  
Werkdruk: 2 ... 10 bar  
Luchtverbruik: de standsteller heeft bij 3 bar werkdruk een continu verbruik van 2 l/min. (vrije lucht)  
Omgevingstemperatuur: -15 ... +70°C (standaard)  
Aansluitingen: 1/4" NPT

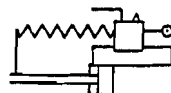
#### Cilinder

Boringen: 80-100-125-160 mm, grotere diameters op aanvraag.  
Slaglengte: standaarduitvoering tot 500 mm, met dempingseenheid tot 750 mm.

De technische uitvoering en konstruktiedetails van FS-cilinders zijn met uitzondering van enige aanpassingen gelijk aan die van de standaard cilinders. Met betrekking tot de krachten, wordt om een stabiele regeling te verkrijgen, geadviseerd een boring te kiezen met een overdimensionering van 100%.



Uitvoering  
Q 35



Uitvoering  
Q 36

#### Bevestiging

Alle voor standaard-cilinders gebruikelijke bevestigingen kunnen worden toegepast.

#### Afwijkende uitvoeringen, coatings e.d.

Alle bij cilinders mogelijke speciale uitvoeringen kunnen ook als extra geleverd worden bij deze servo-cilinders.

Bij een servo-cilinder in corrosiebestendige uitvoering (Q43) wordt de veer van standsteller uitgevoerd in RVS.

#### Samenstelling typenummer

In het typenummer van een complete servocilinder vindt men gegevens als boring, slaglengte en eventuele afwijkingen van de standaarduitvoering vermeld.

Men dient echter steeds één van de coderingen Q 35 en Q 36 toe te voegen, waarvan de betekenis is: Q 35 uitgaande stang bij stijgende stuurdruk (direct) Q 36 ingaande stang bij stijgende stuurdruk (indirect)

#### Bestelvoorbeeld FS.100.350.Q35

Dubbelwerkende servocilinder Ø100 mm, slag 350 mm, direct werkend.  
Bevestigingen kunnen los besteld worden.  
Compleet gemonteerd met bevestigingen op aanvraag leverbaar.

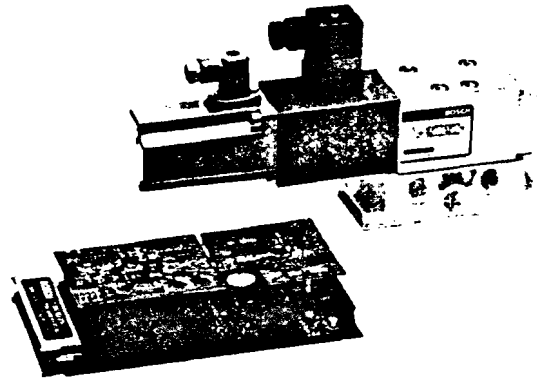
#### Afmetingen

De tekening geeft de hoofdafmetingen van de gehele eenheid weer; voor details wordt verwezen naar de betreffende cilindermaatbladen.

Cilinder type	Cil. diam.	A	B	C	Slag- lengte
FS.080 ***Q 35	80	112	195	36 0,7 x slag-115	100-224 225-750
FS.100 ***Q 35	100	112	214	40 0,7 x slag-115	100-199 200-750
FS.125 ***Q 35	125	122	238	43 0,7 x slag-135	100-249 250-750
FS.160 ***Q 35	160	122	271	57 0,7 x slag-135	100-249 250-750
Standsteller type BO-101-SM					

Note: Slaglengte minimaal 100 mm kortere slaglengte d.m.v. afstandbus.

**Regelpneumatik  
Lage- und Druck-  
regelung von  
Pneumatikzylindern**



Geeignet für Kolbenstangen- und Bandzylinder

Präzises, schnelles Regelventil als Stellglied

Wegmessung über Linearpotentiometer

Elektronikverstärker mit aufgestecktem analogem Lageregler

Hub bis 1000 mm

Verfahrgeschwindigkeit bis 1 m/s

Hubabhängige Positioniergenauigkeit

+/- 0,1 mm bei kurzen Hübten (100 mm)

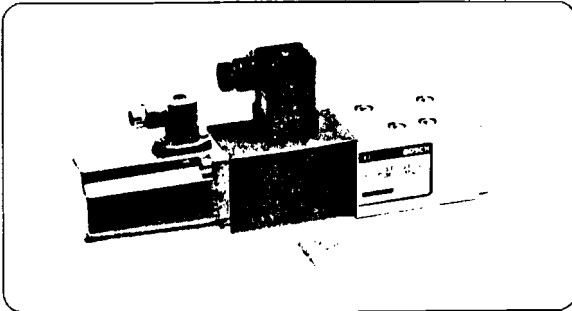
+/- 0,5 mm bei langen Hübten (1000 mm)

Gute Laststeifigkeit

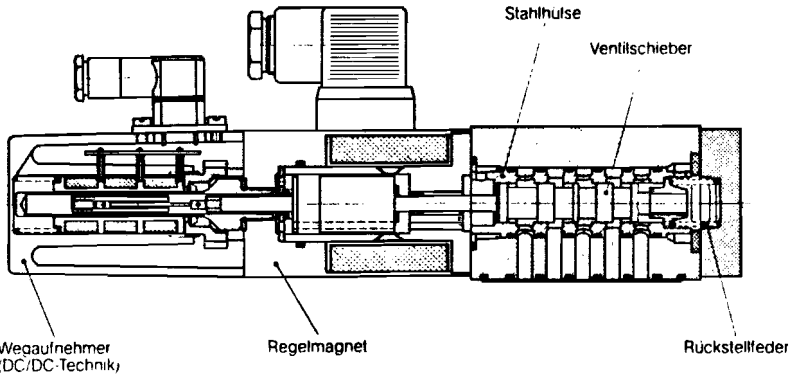
Einfache Ankoppelung an Anwendersteuerung durch Sollwertvorgabe der Position (0... 10 Volt)

**Regelventil NG 6  
5/4-Wegeventil  
direkt gesteuert**

1 607 92A01 0  
1 607 92A01 0  
1 607 92A01 0



**Funktion**



Benennung	Schaltzeichen	q <sub>v</sub> (l/min)/ Steuerkante	Gewicht	€
Regelventil NG 6 Ruhestellung (fail safe) 1-4, 2-3 geöffnet, 5 gesperrt		480	ca. 1,9 kg	€ 0820040002
		700		€ 0820040012
Regelventil NG 6 Ruhestellung (fail safe) alle Anschlüsse gesperrt		480		€ 0820040001
		700		€ 0820040011

**Zubehör (gesondert bestellen)**

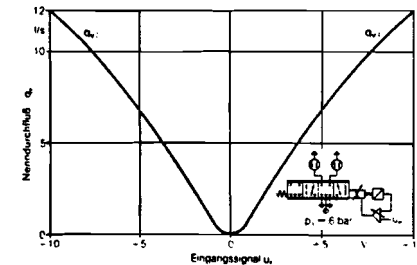
Elektronikverstärker	€ B830303172
Elektronikverstärker für Zusatzregler	€ B830303173
Einzelanschlußplatte ISO Größe 1, Anschlüsse seitlich	€ 1825503143
Foam-Filter mit Wasserabscheider NL 4 (0,3 µm - G 1/4)	€ 0821303533

Kenngrößen		
<b>Allgemein</b>		
Bauart		Schieberventil, Abdichtung metallisch
Befestigungsart		über Anschlußplatte ISO Größe 1
Einbauage		beliebig
Umgebungstemperatur	$t_{U,max}$	50°C
Mediumtemperatur	$t_{M,max}$	60°C
Betätigungsart		elektrisch durch Lage-Regelmagnet
<b>Pneumatisch</b>		
Nennndruck	$p_n$	10 bar
Einsatzgrenzen	$\Delta p_{max}$	10 bar
Nennndurchfluß	$q_v$	480 l/min bzw. 700 l/min
Leckluftstrom	$q_v$	25 ... 30 l/min.
<b>Elektrisch</b>		
Magnetstrom	$I_{max}$	2,45 A, 100% ED (9 V=)
Wegaufnehmer		Versorgung + 15 V= / 35 mA - 15 V= / 25 mA
		Signal 0 ... ± 10 V, $R_i \geq 10\ k\Omega$
<b>Statisch / Dynamisch</b>		
Druckverstärkung		$\leq 3\%$ für 80% $\Delta p_{2,1} / p_1$ (s. Diagramm)
Hysterese		$\leq 0,3\%$
Stelzeit		$\leq 16\ ms$ bei 100% Signalsprung $p_1 = 6\ bar$
Frequenzgang		siehe Bode-Diagramm

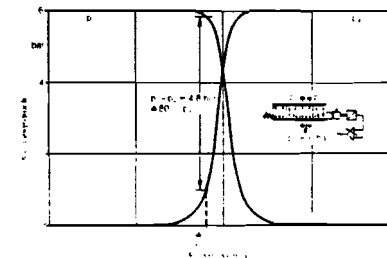
- Für ölfreien Betrieb geeignet
- Direkt gesteuertes Ventil mit Regelmagnet
- Elektronische Lageregelung des Ventilschiebers
- Schieberventil mit metallischer Abdichtung
- Edelstahlchieber und -hülse mit Nullüberdeckung, gehärtet
- Ventilschieberöffnung proportional Eingangssignal
- Verschiedene Ruhestellungen (fail-safe)
- Ventilgehäuse Aluminium eloxiert
- Regelmagnet aus Stahl
- Wegaufnehmer aus Aluminium-Druckguß mit eingebauter Elektronik
- Anschlußfläche international genormt
- Kupplungs Dosen 4 x 90° drehbar

\* pro Steuerkante, bei Eingangsdruck  $p_1 = 6\ bar$  und  $\Delta p = 1\ bar$

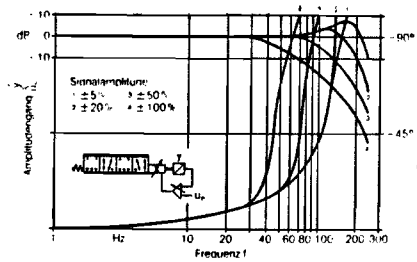
**Volumenstrom - Signalfunktion**



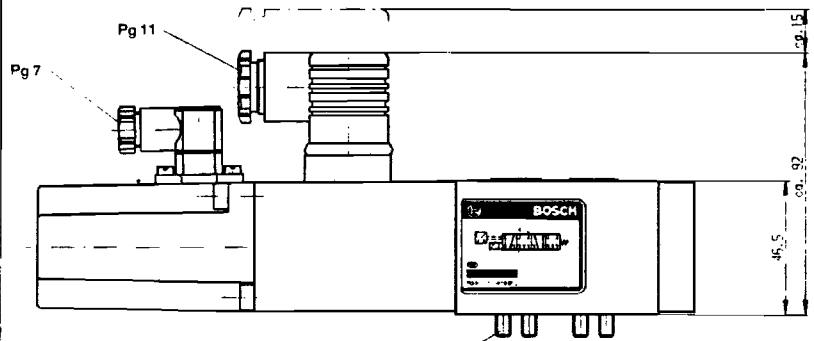
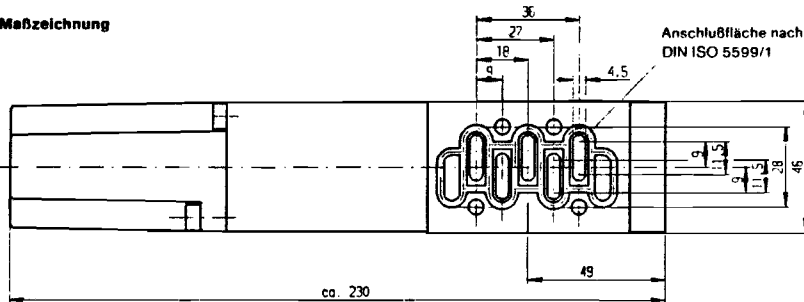
**Druckverstärkung**



Bode-Diagramm



Maßzeichnung



4 Befestigungsschrauben  
 M5 x 50 DIN 912 - 10.9 werden  
 mitgeliefert  
 $M_s = 6 \cdot 2 \text{ Nm}$

Steckerbelegung

Wegaufnehmer

Prop.-Magnet

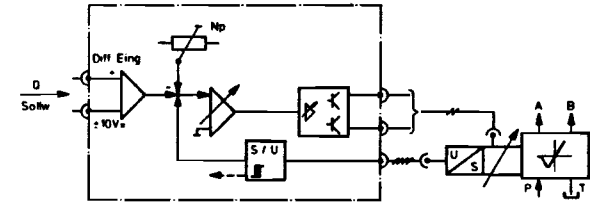
- 1 - Versorgung - 15 V=
- 2 - Null
- 3 - Versorgung + 15 V=
- 4 - Signal Ausgang  $U_s$



Verstärker für  
 Regelventil NG 6  
 B 830 303 172



Funktion



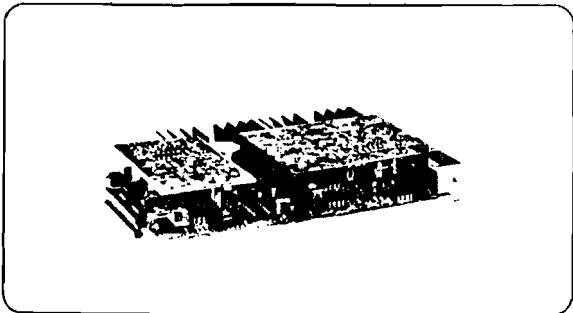
Steckerbelegung Seite 6

Der elektronische Leistungsverstärker ist speziell für die Regelventile NG 6 optimiert und enthält sämtliche zum Ansteuern des Ventils erforderlichen Komponenten inklusive der Lageregelung des Ventilschiebers. Nur in Verbindung mit diesem Verstärker werden die genannten statischen und dynamischen Kenngrößen des Ventils sowie dessen Stabilität gewährleistet. Die Versorgungsspannung beträgt 24 V bei großzügigen Toleranzen (siehe Kenngrößen). Interne Spannungsregler sorgen für Stabilität. Eine eventuelle Welligkeit der Versorgungsspannung wird durch einen externen Kondensator  $C = 4700 \mu F / 63 V =$  geglättet.

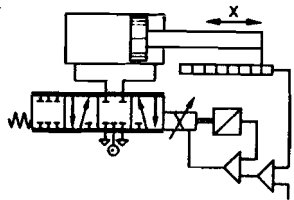
Die Verbindung zum Wegaufnehmer wird auf Kabelbruch überwacht (LED-Anzeige). Alle Ausgänge sind weitgehend kurzschlußfest. Die Stromaufnahme beträgt max. 1,5 A. Bei geringeren Versorgungsspannungen, größeren Magnetkabelängen und hoher Dynamik des Eingangssignals kann sich die Stromaufnahme bis 2,5 A erhöhen. Der pneumatische Nullpunkt des Ventils kann am Verstärker über ein Trimpotentiometer im Bereich  $\pm 5\%$  justiert werden. Für NOT-AUS ist ein Freigabekontakt vorgesehen.

Benennung	Bemerkungen	#
Verstärker	Leiterkarte, Europaformat, Stecker nach DIN 41 612 (F32)	⊕ B 830 303 172
<b>Zubehör (gesondert bestellen)</b>		
Kondensator	4700 $\mu F / 63 V =$ (nur bei $U_s$ mit $> 10\%$ Welligkeit)	⊕ C 821 000 077
Stecker	DIN 41 612, 32 P., Bauform F, Lötanschlüsse	⊕ C 821 000 079
Steckerblock	DIN 41 612, 32 P., Bauform F, Schraubklemmen	⊕ C 821 000 078

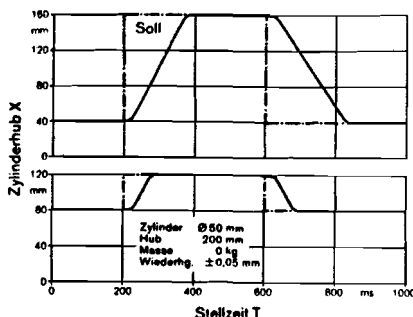
**Verstärker mit Lagereglern für Regelventil NG6 B 830 303 173 B 821 408 100**



**Funktion**



Sollw. 0...10V



Der elektronische Leistungsverstärker ist speziell für das Regelventil NG6 optimiert und enthält sämtliche zum Ansteuern des Ventils und des Zylinders erforderlichen Komponenten inklusive der Lageregelung für den Ventilschieber und den Zylinder. Der Istwert-Eingang der Zylinderlage ist auf Linearpotentiometer abgestimmt. Als Sollwert-Signal werden 0-10V vorausgesetzt.

Die Versorgungsspannung beträgt 24 V= (siehe Kenngrößen). Interne Spannungsregler sorgen für Stabilität. Eine eventuelle Welligkeit der Versorgungsspannung wird durch einen externen Kondensator C = 4700 µF/63V= geglättet.

Die Verbindung zu Wegaufnehmer und Linearpotentiometer wird auf Kabelbruch überwacht (LED-Anzeige). Alle Ausgänge sind weitgehend kurzschlußfest.

Die Stromaufnahme beträgt max. 2,7 A. Bei geringeren Versorgungsspannungen, größeren Magnetkabelängen und hoher Dynamik des Eingangssignals kann sich die Stromaufnahme erhöhen.

Der pneumatische Nullpunkt des Ventils kann am Verstärker über ein Trimpotiometer im Bereich ± 5% justiert werden. Für NOT-AUS ist ein Freigabekontakt vorgesehen. Zur Nullpunkt- und Empfindlichkeitseinstellung des Ist-Signals der Zylinderlage sind zwei weitere Trimpotiometer vorgesehen.

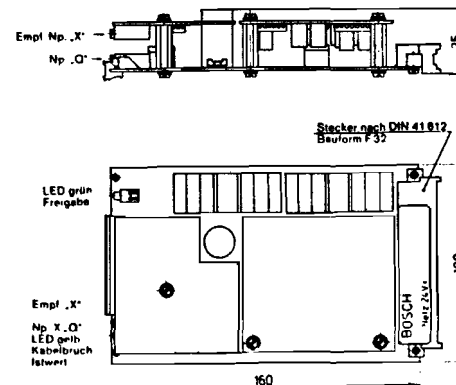
Benennung	Bemerkungen	⊕
Verstärker	Leiterkarte, Europaformat, Stecker nach DIN 41 612 (F 32)	⊕ B 830 303 173
Lagereglern	Aufsteckplatine, auf Einsatzfall abzustimmen	⊕ B 821 408 100

**Zubehör (gesondert bestellen)**

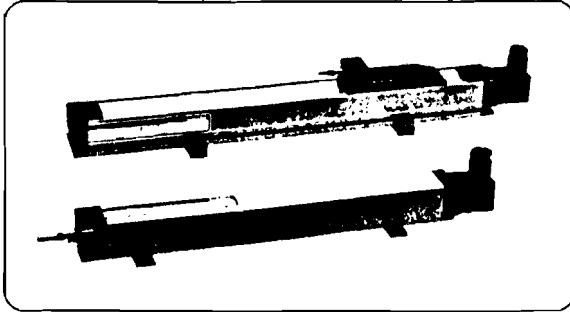
Kondensator	4700 µF/63 V= (nur bei U <sub>B</sub> mit > 2% Welligkeit)	⊕ C 821 000 077
Stecker	DIN 41 612, 32 P., Bauform F, Lötanschlüsse	⊕ C 821 000 079
Steckerblock	DIN 41 612, 32 P., Bauform F, Schraubklemmen	⊕ C 821 000 078
Linearpotiometer	mit Schubstange, Meßlänge 150, 225, 300, 450, 600, 750, 900 mm	⊕ B 821 408 110
Linearpotiometer	ohne Schubstange, Meßlänge 150, 225, 300, 450, 600, 750, 1000 mm	⊕ B 821 408 111

Kenngrößen B 830 303 173		
<b>Allgemein</b>		
Formal der Leiterkarte	100 x 160 x ca. 40 mm (B x L x H) Europaformat	
Steckverbindung	Messeriaste (Stecker) nach DIN 41 612, Bauform F 32	
Umgebungstemperatur	0°C...70°C, Lagertemperatur min. -20°C	
<b>Elektrisch</b>		
Versorgungsspannung U <sub>B</sub> an z <sub>2</sub> -b <sub>2</sub>	nominal 24 V= glatte Batteriespannung 21...40 V= gleichgerichtete Wechselspannung U <sub>eff</sub> = 21...28 V= (emphasen, vollweggleichricht.)	
Stromaufnahme	max. 2,7 A, die Stromaufnahme kann sich erhöhen bei min. U <sub>B</sub> und extremer Kabellänge	
Leistungsaufnahme	max. 55 VA (nominal)	
Glättungskondensator, separat an b4, z4	4700 µF/63 V= erforderlich wenn Welligkeit von U <sub>B</sub> > 2 %	
Eingangssignal für Zylinderlage Sollwert (z20/b20)	0...10V= für 0...Vollhub	
Signalquelle	externes elektronisches Regelsystem, Referenz ± 10 V	
Freigabe Endstufe	an z16 U = 6...40 V; Ri = 100 kΩ, LED grün auf Griffseite leuchtet auf	
Wegaufnehmer	Versorgung	b30: -15 V/200 mA kurzschlußfest
	Versorgung	z30: +15 V/200 mA kurzschlußfest
	Signal	b22: -4...+10 V, Ri ≥ 10 kΩ
Linearpoti - Versorgung Lage-Istwert an Testpunkt	z12: +10 V/10 mA kurzschlußfest	
	z14: Signal 0...+10 V, Δ0...Vollhub	
	z18: Signal 0...-10 V, Δ0...Vollhub	
	Ri ≥ 1 MΩ	
Referenzspannung für externe Elektronik	b32: -10 V/10 mA kurzschlußfest z32: +10 V/10 mA kurzschlußfest	
Magnetstrom	max. 3,7 A (12 V=)	
Störungsmeldung z22	Fehler: > -12 V; keine Fehler: > +12 V, Ri ≥ 100 kΩ	
Kabel zwischen Verstärker und Ventil	Magnetkabel: bis 20 m 1,5 mm <sup>2</sup> bis 100 m 2,5 mm <sup>2</sup>	
	Linearpoti: 3 x 0,5 mm <sup>2</sup> (abgeschirmt)	
	Wegaufnehmer: 4 x 0,5 mm <sup>2</sup> (abgeschirmt)	

**Abmessungen**



**Linearpotentiometer**

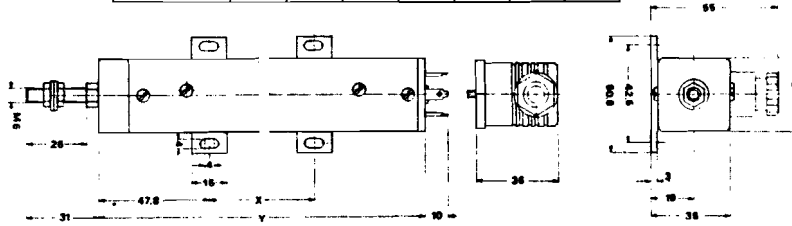


	⊗ B 821 408 110	⊗ B 821 408 111
Schubstange	ja	nein
Linearität	±0,05 - ±0,07 %	±0,01 - ±0,07 %
Lebensdauer	25 Mio. Hübe	25 Mio. Hübe
Anbaumöglichkeit	Führungseinheit	kundenseit. Führung
max. Beschleunigung	100 m/s <sup>2</sup>	200 m/s <sup>2</sup>
max. Verfahrgeschwindigkeit	10 m/s	10 m/s
Temperaturbereich	-40 °C...+100 °C	-30 °C...+100 °C
Meßlängen	150, 225, 300, 450, 600, 750, 900 mm	150, 225, 300, 450, 600, 750, 1000 mm

- mit und ohne Schubstange
- anbaubar an Führungseinheit (Schubstange) oder kundenspezifische Führung (schubstangenlos)
- Schubstangenlos mit Kugelkupplung (±1° Winkelversatz, ±1,5 mm Parallelversatz)
- hohe Linearität und Auflösung
- trotz Schleifer hohe Lebensdauer

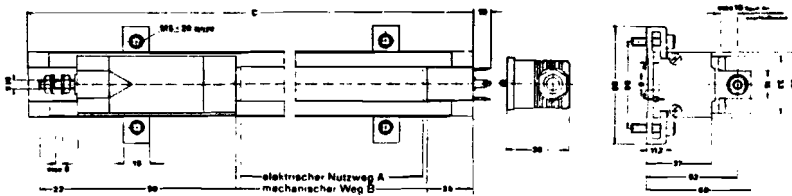
**B 821 408 110**

Meßlänge mm	150	225	300	450	600	750	900
Y ± 2 mm	223	300	375	528	680	833	985
X ± 0,3 mm	127	203	279	432	584	737	889

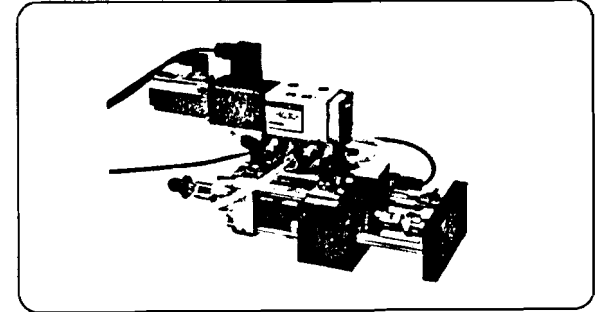


**B 821 408 111**

Meßlänge mm	150	225	300	450	600	750	1000
Maß A mm	152	228	304	457	610	762	1016
Maß B mm	158	234	310	463	616	768	1022
Maß C mm	300	376	452	605	758	910	1164



**Zylinder mit analoger Lageregelung**



Verwendung herkömmlicher Pneumatikzylinder

Präzises, schnelles Regelventil als Stellglied

Wegmessung über kostengünstige, langlebige Linearpotentiometer

Analog-Lageregler auf Elektronikverstärker des Regelventils aufgebaut

Einfache Ankopplung an Anwendersteuerung durch Sollwertvorgabe der Position über 0...10 Volt, dadurch auch Mehrachsenslösungen realisierbar

Verfahrgeschwindigkeiten bis 1 m/s

Maximalhub 1 m

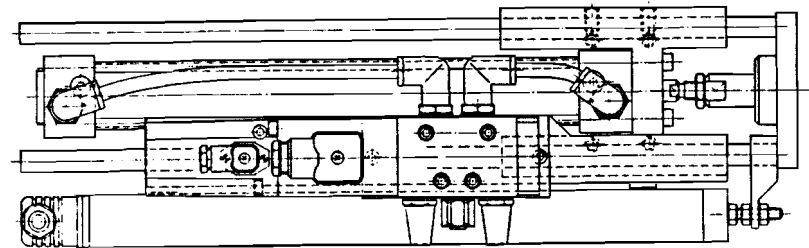
Positioniergenauigkeit (Reproduzierbarkeit) abhängig vom Gesamthub

- +/- 0,1 mm bei kurzen Hüben (100 mm)
- +/- 0,5 mm bei langen Hüben (1000 mm)

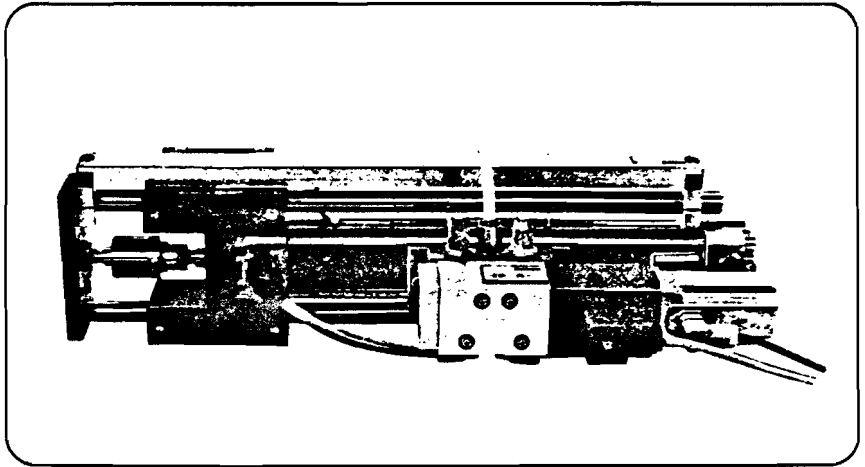
Gute Laststeifigkeit in der Position

Anfrage über Bosh-Pneumatik-Vertretung

**Ausführungsbeispiel**



**Zylinder  
mit digitaler  
Lageregelung**



Verwendung herkömmlicher Pneumatikzylinder

Präzises, schnelles Regelventil als Stellglied

Wegmessung über hochauflösende optische Wegmeßsysteme mit hoher Absolutgenauigkeit

Digital-Lageregler auf einer Europakarte

Sollwertvorgabe der Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung über kundenseitige elektronische Steuerung realisierbar, dadurch Aufbau von Mehrachsenlösungen möglich

Hohe Verfahrgeschwindigkeiten bis zu 3 m/s abhängig von Zylinder und bewegter Masse

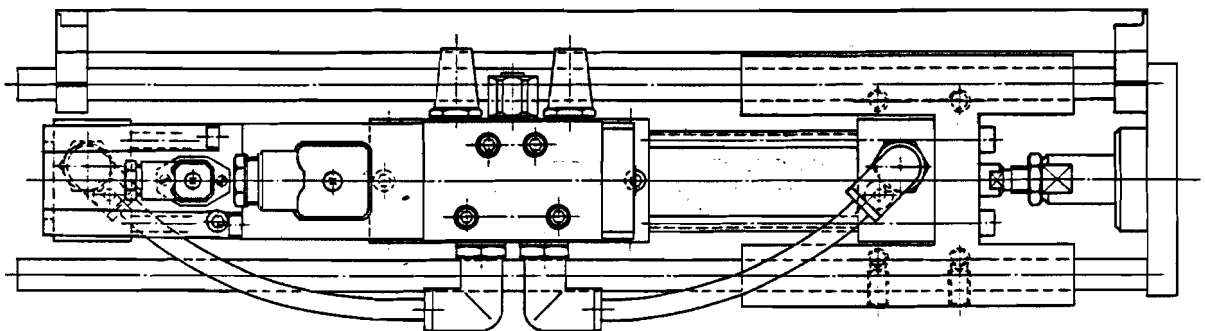
Maximalhub 2 m

Positioniergenauigkeit (Reproduzierbarkeit) bis zu  $\pm 0,01$  mm

Hohe Laststeifigkeit in der Position

Anfrage über  
Bosch-Pneumatik-Vertretung

**Ausführungsbeispiel**





## GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- [1] Cool, Schijff en Viersma: Regeltechniek, 1983. Educatieve en technische uitgeverij Delta Press B.V. ISBN 90 6674 001 9
- [2] Regeltechniek en miniaturisering bepalen gezicht ventieltechniek: Aandrijftechniek nr. 10 (oktober 1991)
- [3] Nguyen, Tri-Huu: Verhalten servopneumatischer Zylinderantriebe im Lageregelkreis, 1987. Dissertatie TH-Aken
- [4] Ioannidis, Ioannis: Servopneumatische Drehantriebe für Lageregelungen, 1987. Dissertatie TH-Aken
- [5] Shih, Ming-Chang en Chen, Chih-keng: Elektrohydraulischer, servogeregelter Schwenkantrieb. Ölhydraulik und Pneumatik nr.1 (1991)
- [6] GÜth, Werner: Digitaler Positionierregler für hydraulische Antriebe. Ölhydraulik und Pneumatik nr.5 (1991)
- [7] R. Neumann, A. Engelke en W. Moritz: Digitale Bahnregelung eines hydraulischen Portalroboters. Ölhydraulik und Pneumatik nr.3 (1991)
- [8] H.-D. Buchta en W. Händle: Elektropneumatische positierregelaar is betrouwbare combinatie. (Vertaling door A. Spijkers) Aandrijftechniek nr. 10 (oktober 1991)
- [9] G. Wennmacher: Elektrohydraulischer Positionierantrieb mit Schnellschaltventilen und digitaler Regelung. Ölhydraulik und Pneumatik nr.2 (1992)
- [10] M. Leufgen, Yuan Lü: Pneumatischer positionierantrieb mit Schaltventilen. Ölhydraulik und Pneumatik nr.2 (1992)
- [11] J.J. Kok: Werktuigkundige regeltechniek II. Diktaat TU Eindhoven nr. 4594, 1990
- [12] H. Kolvenbach: Drehschieber-Servoventile für die Pneumatik. Ölhydraulik und Pneumatik nr.1 (1991)
- [13] W. Backé: Neue Möglichkeiten der Pneumatik in der Handhabungstechnik. 7. Aachener Fluidtechnisches Kolloquium, band 3 1990