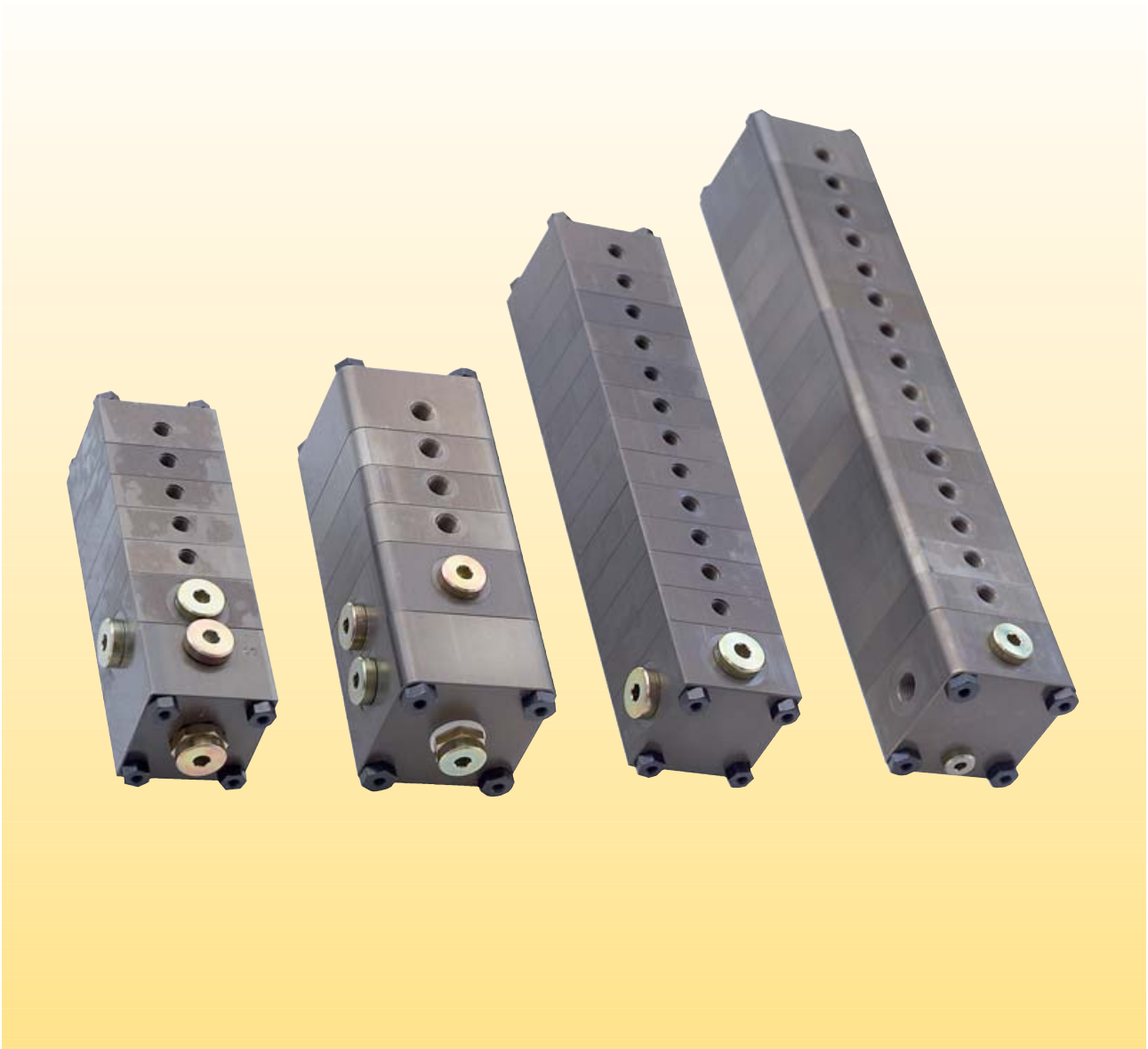


PM-Regler und Strahlpumpe mit Führungsanwendungen



Inhaltsverzeichnis

Teil I: PM-Regler

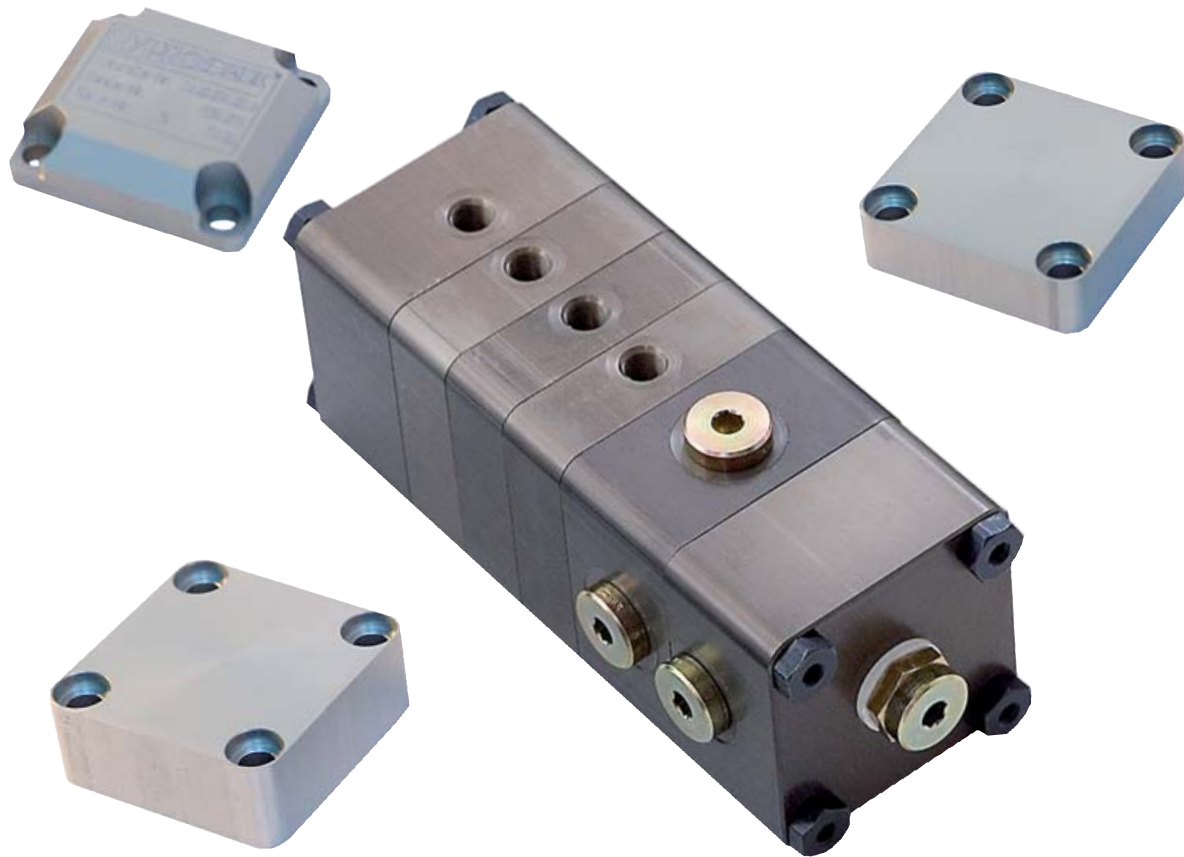
1.	■ Reglername	6
2.	■ Vorteile des PM-Reglers	6
3.	■ Eigenschaften des PM-Reglers	6
4.	■ Verhalten bei unterschiedlichen Ölviskositäten	6
5.	■ Reglerkennlinie	7
6.	■ Durchfluß- und Druckkenngrößen des PM-Reglers	7
6.1	Einfluß des Pumpendruckes auf das Regelverhalten	7
6.2	Durchflußkenngrößen, bezogen auf die Ölviskosität 10 mPas	7
7.	■ Bauformen des PM-Reglers	8
7.1	PM-Regler in „Reihenbauweise“	8
7.1.1	Aufbau des PM-Reglers in „Reihenbauweise“	8
7.1.2	Verwendung des Reglers in „Reihenbauweise“	9
7.2	Anbau-PM-Regler	9
7.2.1	Aufbau des Anbau-PM-Reglers	9
7.2.2	Verwendung des Anbau-PM-Reglers	10
8.	■ Reglermaße	10
9.	■ Einbauhinweise und -vorschriften	10
9.1	Erstmaliges Befüllen des PM-Reglers	10
9.2	Entlüften	10
9.3	Empfohlene Einbaulage	10
9.4	Entlüftungsvorgang	11
9.5	Befestigung des PM-Reglers	11
9.6	Anschluß	11
9.7	Demontage	11
10.	■ Ölfilterung	11
11.	■ Reglerkennzeichnung	11
12.	■ Auswahl der Durchflußdaten (siehe Abschnitt 6.)	12
13.	■ Technische Abbildungen 5 bis 15	12

Teil II: Strahlpumpe

1.	■ Anwendungsmöglichkeiten der Strahlpumpe	18
1.1	Vorspannung von Führungen ohne Umgriff	18
1.2	Klemmfunktionen	18
2.	■ Aufbau und Wirkungsweise der Strahlpumpen	18
3.	■ Eigenschaften der Strahlpumpen	19
4.	■ Verhalten bei unterschiedlichen Ölviskositäten	19
5.	■ Kennlinien der Strahlpumpen (Ölsorten entsprechend VG 32 - VG 68)	19
6.	■ Bauform	19
6.1	Gehäuse - Strahlpumpe (Abb.19)	19
6.2	Einbau - Strahlpumpe (Abb. 20)	20
6.2	In PM-Regler in Reihenbauweise eingebaute Strahlpumpe (Abb. 6 und 8)	20
7.	■ Saugtaschenausführung (Siehe Abb. 21 und Abb. 22)	20
8.	■ Einbauhinweise und -vorschriften	21
8.1	Anschlußleitungen, Anschlußbohrungen für Einbau-Strahlpumpe entsprechend Abb. 20	21
8.2	Höhendifferenz zwischen Strahlpumpe und Unterdrucktasche	21
8.3	Ölfilterung	21
8.4	Montage	21

Teil III: Anwendungsbeispiele

■ Hydrostatische V-Flach Führung	24
■ Hydrostatische Führung mit Umgriff	24
■ Hydrostatische Führung ohne Umgriff	25
■ Hydrostatische Linearmotorführung	25
■ Hydrostatische Kompaktführung	26



HYPROSTATIK®

Teil I:
PM-Regler

1. Reglername

Der Name PM-Regler ist von der Bezeichnung „**Progressiv-Mengen-Regler**“ abgeleitet. Die Bezeichnung Progressiv-

Mengen-Regler wurde aufgrund der progressiven (zunehmenden) Kennlinie des Reglers gewählt. ■

2. Vorteile des PM-Reglers

Vor der Entwicklung des PM-Reglers wurde der Fluidstrom in die Hydrostatiktaschen, sieht man von der wenig geeigneten Methode mit einer Pumpe pro Tasche ab, mittels Kapillaren geregelt. Die Kapillare ist ein konstanter Widerstand, so daß bei laminarer Strömung der Durchfluß durch diese Kapillare proportional dem Differenzdruck über diese Kapillare ist.

Dies bedeutet, daß bei konstantem Eingangsdruck (=Pumpendruck) an der Kapillare der Durchfluß durch die Kapillare und damit durch die Hydrostatiktasche mit steigendem Druck in der Tasche (=Ausgangsdruck an der Kapillare) sinkt. Damit ergeben sich bei Verwendung von Kapillaren

deutlich größere Veränderungen des Hydrostatikspaltes, also geringere Steifen wie mit konstantem Durchfluß. Der PM-Regler dagegen fördert aufgrund seiner einzigartigen Konstruktion – nur vom Differenzdruck zwischen Reglereingang und -ausgang gesteuert – bei steigendem Taschen-Druck einen ebenfalls steigenden Fluidstrom in die Tasche! Damit wird durch den PM-Regler gegenüber konstantem Fluidstrom in die Tasche eine geringere Spaltveränderung und damit höhere Steife erreicht.

Gegenüber Kapillaren kann aufgrund dessen mittels PM-Reglern bei vergleichbaren Verhältnissen ca. vierfache Steife erreicht werden! ■

3. Eigenschaften des PM-Reglers

Die PM-Regler weisen folgende Eigenschaften auf:

- nahezu verschleiß- und hysteresefrei durch praktisch rein elastisch arbeitende Regeldrossel
- relativ verschmutzungsunempfindlich durch Drosselspalte mit großem rechteckigen Querschnitt bzw. Regeldrossel mit einem gewissen Selbstreinigungseffekt
- ausgezeichnetes dynamisches Verhalten aufgrund kleinster Regelwege (ca. 0,025 mm), geringer zu beschleunigender Massen und großer Stellkräfte
- bei Beachtung der empfohlenen Einbaulage des Reihen-PM-Reglers sind beide Bauformen selbstentlüftend
- geringer Platzbedarf - siehe Abb. 5-15
- geringes Gewicht, die Regler werden überwiegend aus Aluminium hergestellt
- korrosionsbeständig, die zu regelnde Flüssigkeit kommt nur mit harteloxiertem Aluminium und der Membrane aus nichtrostendem Stahl in Berührung
- bei unzulässig hohem Differenzdruck auf die Membrane wird diese von auf einer Kugelfläche liegenden Abstützpunkten am Reglergehäuse abgestützt, so daß eine Beschädigung oder gar die Zerstörung der Membrane weitgehend ausgeschlossen ist
- mit dem PM-Regler können – ohne Reserve – Taschendrucke bis ca. 90% des Pumpendruckes ausgenutzt werden. Mit Kapillaren wird bei Taschendrucke nahe dem Pumpendruck der Durchfluß (und damit die Spalthöhe) der Taschen sehr klein, weshalb mit Kapillaren in der Regel nur Taschendrucke bis ca. 75% des Pumpendruckes möglich sind ■

4. Verhalten bei unterschiedlichen Ölviskositäten

Da die Strömung im festen Drosselspalt des PM-Reglers stets laminar ist, ist der Regeldurchfluß umgekehrt proportional der Ölviskosität. Er zeigt also das gleiche Verhalten wie die Abströmpalte der Hydrostatiktaschen. Hierdurch werden von der Öltemperatur bzw. Ölviskosität nahezu unbeeinflusste Eigenschaften der Lager- bzw. Führungseigenschaften – z.B. von Werkzeugmaschinen – erreicht. Der Durchfluß durch den PM-Regler und damit der Ölbedarf

für die Führung bzw. die Lagerung steigt also mit sinkender Ölviskosität, also mit steigender Öltemperatur. Bei der Dimensionierung der Ölversorgungsanlage ist deshalb die minimal mögliche Ölviskosität zu berücksichtigen. Diese ergibt sich bei maximaler Öltemperatur unter Berücksichtigung der minimal zugelassenen Viskosität der gewählten Ölsorte. Die DIN 51519 läßt eine Viskositätstoleranz von $\pm 10\%$ der Viskosität von Ölen zu! ■

5. Reglerkennlinie

In Abb. 2 ist die Kennlinie des Durchflusses durch eine Reglerscheibe des Reihen-PM-Reglers oder eines Anbaureglers in Abhängigkeit vom Ausgangsdruck p_T am Regler (=Taschendruck) aufgezeichnet. Zum Vergleich ist in Abb. 1 die Kennlinie für eine Kapillare dargestellt. Hinsichtlich des Vergleiches der Wirkungen dieser beiden Kennlinien verweisen wir auf die Publikation „Neuentwickelter PM-Regler verbessert hydrostatische Führungen“.

Wie aus der Kennlinie des PM-Reglers in Abb. 2 zu erkennen ist, fördert der PM-Regler in Taschen mit hohem Druck p_T mehr, in solche mit geringem Druck p_T weniger Öl. Bedingt durch dieses Verhalten werden bei vergleichbaren technischen Daten, insbesondere gleicher minimaler Spalthöhe (bei Maximalbelastung) mit PM-Reglern gegenüber Lösungen mit Kapillaren ca. **4-fache Steifen** und eine eben so große **Reduktion der Spalthöhenveränderung** erreicht. ■

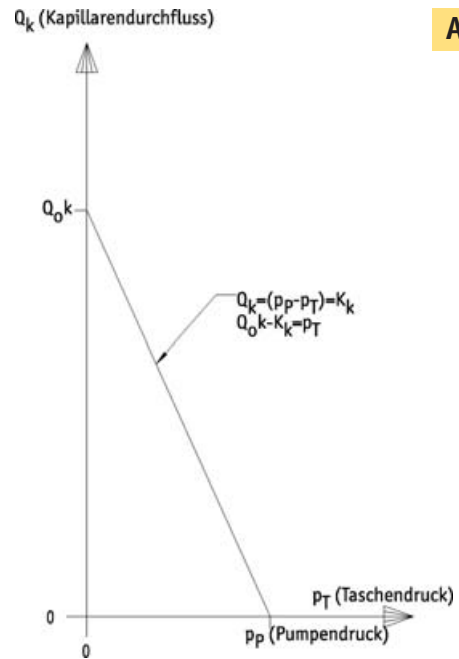


Abb. 1

6. Durchfluß- und Druckkenngrößen des PM-Reglers

6.1 Einfluß des Pumpendruckes auf das Regelverhalten

Die Durchflußkenngrößen eines PM-Reglers gelten jeweils nur für den angegebenen Pumpendruck! Bei einer Abweichung des Pumpendruckes vom vorgesehenen Druck (p_{p0}) verändert sich die Reglerkennlinie für die Pumpendrucke p_{p1} und p_{p2} annähernd wie in Abb. 3 dargestellt.

Lieferbar sind PM-Regler PMR0 für Pumpendrucke 20 bis 80 bar, PMR1... und PMR2... für die Pumpendrucke 20 bis 125 bar. ■

6.2 Durchflußkenngrößen, bezogen auf die Ölviskosität 10 mPas.

Da die Durchflußwerte der Reglerstufen von der Viskosität des Öles abhängen, sind alle Durchflußwerte auf eine einheitliche dynamische Ölviskosität von $\eta = 10 \text{ mPas}$ ($1 \text{ mPas} = 10^{-3} \text{ Pas} = 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$) bezogen. Dies gilt auch dann, wenn der PM-Regler gar nicht für diese Ölviskosität zugelassen ist.

Die angegebenen Durchflußwerte können mit folgender Formel auf andere Ölviskositäten umgerechnet werden:

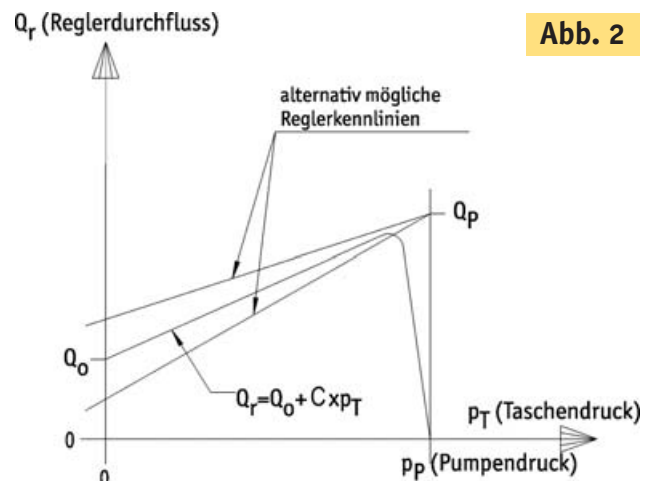


Abb. 2

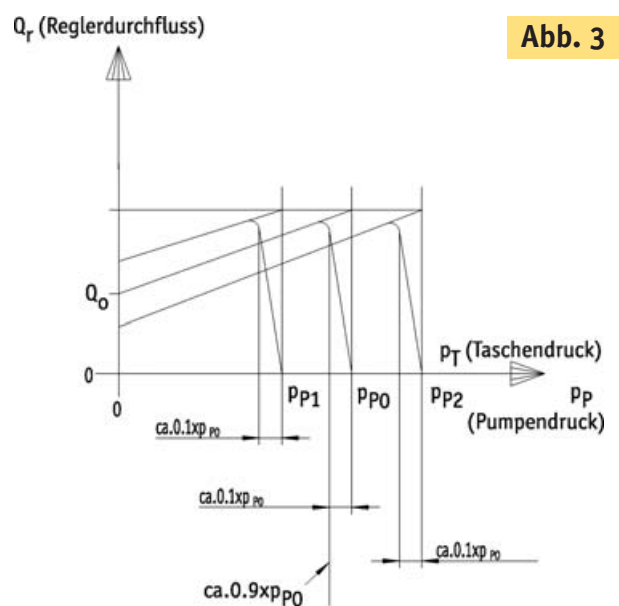


Abb. 3

$$Q_{\text{neu}} = Q_{10\text{mPas}} \times 10(\text{mPas}) / \eta_{\text{neu}} / (\text{mPas})$$

$Q_{10\text{mPas}}$: Durchfluß bei 10mPas
 η_{neu} : Dynamische Viskosität des realen Öls
 Q_{neu} : Durchfluß des realen Öls

Die Durchflußdaten eines Reglers sind durch die Durchflußwerte Q_0 (bei $p_T = 0$ bar) und Q_p (bei $p_T = p_p$) sowie den Pumpendruck p_p definiert, siehe Abb. 2. Aus diesen Werten wird der Wert für die Steilheit der Reglerkennlinie

$$K_r = Q_p / Q_0$$

bestimmt. Mit dem Wert K_r ergibt sich (bei 10mPas Ölviskosität!) für den Regler - Ausgangsdruck p_T der Ölstrom:

$$Q_r(p_T) = Q_0 \times (1 + (K_r - 1) \times p_T / p_p)$$

gültig für p_T : Taschendruck p_p : Pumpendruck

$$p_T = 0 \text{ bis } p_T = 0,9 \times p_p$$

Q_0 : Durchfluß bei Taschendruck = 0

Q_r : Durchfluß bei Taschendruck p_T

Durch Modifikation der Reglermaße sind K_r -Werte zwischen 1,2 und ∞ möglich. Sinnvoll und lieferbar sind Regler mit K_r -Werten von 1,6 bis 3,5.

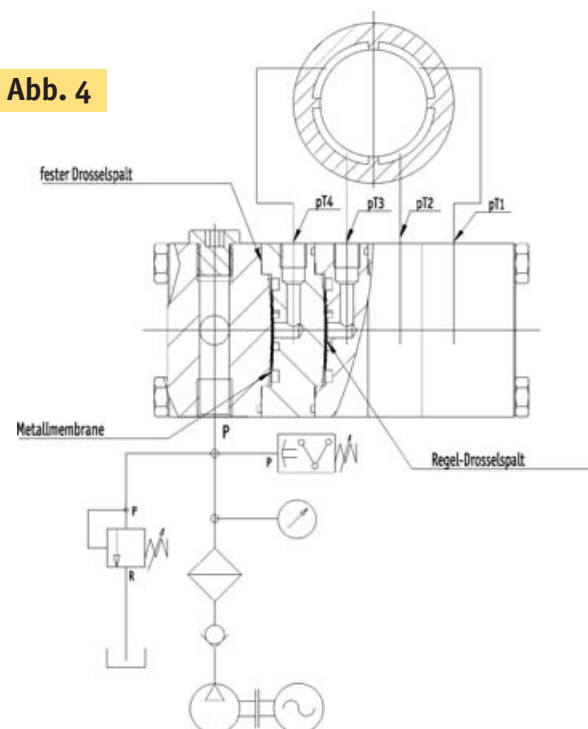
Mit diesen Definitionen sind die Regler durch die beiden Werte „ Q_0 “ und „ K_r “ eindeutig definiert.

Die Durchflußwerte der PM-Regler sind angenähert entsprechend der Normreihe R10 gestuft (1,0 - 1,26 - 1,6 - 2,0 - 2,5 - ...) und immer auf eine dynamische Ölviskosität von 10 mPas bezogen. Die maximalen Durchflußwerte der einzelnen Reglertypen und -größen hängen von der Viskosität und dem Pumpendruck ab. Da die PM-Regler mit unterschiedlichen Membranen für verschiedene Pumpendrucke und Ölviskositäten eingesetzt werden, konnten keine „runden“ Werte für Q_0 und K_r erreicht werden. Deshalb wurden die Reglerscheiben mit runden Maßen gefertigt, die Durchflußdaten dieser Regler ermittelt und auf die Ölviskosität 10 mPas umgerechnet. ■

7. Bauformen des PM-Reglers

7.1 PM-Regler in „Reihenbauweise“

7.1.1 Aufbau des PM-Reglers in „Reihenbauweise“



In Abb. 4 ist ein PM-Regler in „Reihenbauweise“, teilweise aufgeschnitten, dargestellt. Dieser Regler ist in einen hydraulischen Schaltplan für eine hydrostatische Pinolenführung mit 4 Taschen eingebunden.

Der PM-Regler besteht aus dem dargestellten Anschlußblock des Pumpendruckes, einer unterschiedlichen Zahl von Reglerscheiben (in Abb. 4 drei Reglerscheiben) und, rechts dargestellt, einer als Endstück ausgebildeten Reglerscheibe. Jede Reglerscheibe besteht nur aus dem Reglergehäuse, einer Metallmembrane und einem O-Ring und versorgt eine oder mehrere gekoppelte Hydrostatiktaschen.

Eine Reglerscheibe enthält einen stets laminar durchströmten festen Drosselspalt und eine Regeldrossel. Die Regeldrossel regelt den Differenzdruck über den festen Drosselspalt bei konstantem Pumpendruck nur abhängig vom Ausgangsdruck p_T an der jeweiligen Reglerscheibe. Der Anschlußblock und die Reglerscheiben werden durch vier Zuganker zusammengehalten. Die Gewinde an den Zugankermuttern werden zur Befestigung des PM-Reglers benötigt. ■

7.1.2 Verwendung des Reglers in „Reihenbauweise“

Der Regler in Reihenbauweise wird üblicherweise an dem Maschinenteil montiert, in welchem die durch diesen Regler zu versorgenden Taschen eingebracht sind. Die Verbindung vom Regler zu den Hydrostatiktaschen erfolgt durch Metallrohre und Bohrungen in den Maschinenteilen.

Da die Verbindung zwischen Regler und Hydrostatiktaschen durch Metallrohre und nicht durch Schläuche erfolgen muß, ist der Regler mitfahrend an bewegte, mit Hydrostatiktaschen versehene Schlitten zu montieren. Vorteil dieses Konzeptes und des Reglers in Reihenbauweise ist, daß alle Taschendrucke an einem Abzweig der Verbindungsleitung Regler-Hydrostatiktasche nahe dem Regler zentral gemessen werden können und daß der Regler, z.B. bei Verschmutzung, leicht ausgetauscht werden kann.

Nachteilig gegenüber der Lösung mit dem nachfolgend beschriebenen Anbauregler ist der Aufwand für die Rohrverbindungen. Ein weiterer Nachteil, ein dynamisch ungünstigeres Verhalten insbesondere bei hohen Ölströmen und/oder niedrigviskosen Ölen, ergibt sich aufgrund der kinetischen Energie des Öls in den Verbindungsleitungen zwischen Regler und Hydrostatiktaschen sowie der größeren Federung des zwischen Regler und Tasche eingeschlossenen Ölvolumens. Um diese Nachteile möglichst klein zu halten wird empfohlen, die Leitungen zwischen Regler und Hydrostatiktaschen kurz zu halten.

Um das dynamische Verhalten der Regler und damit auch das der Maschinenkomponenten zu verbessern, wurde eine gedämpfte Reglerversion entwickelt und auch umfassenden Praxistests unterzogen. Diese gedämpften Regler wurden ursprünglich für niedrigviskose Öle und größere Ölströme entwickelt, wie sie für schnellaufende Lagerungen benötigt werden (siehe nachfolgenden Abschnitt 7.2).

7.2 Anbau-PM-Regler

Um die oben genannten Nachteile des Reihenreglers zu vermeiden bzw. zu reduzieren, wurde nachfolgend beschriebener Anbauregler entwickelt.

Wie die Erfahrung gezeigt hat, sind dynamische stabile und gut gedämpfte schnellaufende Lagerungen nur erreichbar, wenn das Verhalten der Regler, hydrostatischen Lagerungen und des Hydroaggregates optimal aufeinander abge-

7.2.1 Aufbau des Anbau-PM-Reglers

Alternativ zum PM-Regler in „Reihenbauweise“ werden auch zwei Baugrößen Anbau-PM-Regler, kurz „Anbauregler“, je alternativ mit „interner“ oder „externer“ Ölzufüh-

Aufgrund der sehr positiven Ergebnisse mit diesen gedämpften Reihenreglern werden heute auch für die für Führungen und langsam laufende Lagerungen üblicherweise verwendeten höherviskosen Öle und kleinen Ölströme nahezu ausschließlich „gedämpfte“ PM-Regler (mit deutlich verstärkter Dämpfung) empfohlen.

Der PM-Regler in Reihenbauweise wird fast ausschließlich für Linearführungen und langsam laufende Lagerungen, z.B. für Rundtische sowie für Sonderaufgaben eingesetzt. Für diese Aufgaben werden üblicherweise Ölsorten entsprechend den ISO-Viskositätsklassen VG 32, VG 46 oder VG 68 verwendet. Deshalb sind die PM-Regler in Reihenbauweise so ausgelegt, daß der feste Drosselspalt mit Ölsorten entsprechend VG 22 oder höher viskosen stets laminar durchströmt wird. Die Reihenregler sind damit uneingeschränkt für die Ölsorte VG 22 oder höher viskose Öle zugelassen.

Entsprechend der benötigten Durchflußmenge werden, um immer laminaren Durchfluß im festen Drosselspalt zu erreichen, abhängig von der Größe des Reglerdurchflusses und der Ölviskosität Regler PMR0 mit Vierkantmaß 50, PMR1 mit Vierkantmaß 65 oder PMR2 mit Vierkantmaß 80 mm (Sonderausführung) angeboten.

Innerhalb eines PM-Reglers in Reihenbauweise können, in beliebiger Reihenfolge, Reglerscheiben mit beliebigen Durchflußdaten verwendet werden. Gleich für alle Reglerscheiben eines PM-Reglers in Reihenbauweise ist aufgrund des gemeinsamen Pumpenanschlusses nur der Pumpendruck und die Ölsorte.

Für schnellaufende Lagerungen ist der Reihenregler auch in der gedämpften Version nicht bzw. nur bedingt geeignet. ■

stimmt sind und die Erkenntnisse hierzu auch konsequent in die Praxis umgesetzt wurden. Aus diesem Grund werden Anbau-PM-Regler nur für Führungen und langsam laufende Lagerungen als Einzelelemente verkauft, für niedrigviskose Spindelöle jedoch nur komplett montiert mit Spindellagerungen. Anbau-PM-Regler werden deshalb nur für Ölsorten über ca. VG 15 angeboten. ■

rung, angeboten (siehe nachfolgende Abb. 10 bis 15). Jeder dieser Anbau-PM-Regler versorgt nur eine oder mehrere zusammengeschlossene Hydrostatiktaschen. ■

7.2.2 Verwendung des Anbau-PM-Reglers

Diese Anbauregler werden üblicherweise so an eine eben geschliffene Fläche eines Maschinenteils mit Hydrostatiktaschen befestigt, daß die Verbindung vom zentralen Anschluß des Anbaureglers zur Hydrostatiktasche durch nur eine möglichst kurze Bohrung erreicht wird.

Die Ölzuführung von der Pumpe zum Anbauregler kann „intern“ ebenfalls über die Anschraubfläche für den Anbauregler erfolgen (siehe Abb. 10 bis 13). Hierbei kann die Zuführbohrung alternativ unter 45° (siehe Abb. 10 und 12) oder auf den Hauptachsen des Reglers angeordnet sein (wie bei Abb. 11 und 13 dargestellt). Alternativ kann die Ölzuführung zum Anbauregler auch „extern“ über das Gehäuse erfolgen (siehe Abb. 14 und 15). Dann wird für die Ölversorgung der Anbauregler nur eine Ringleitung benötigt. Der Taschendruck kann bei diesen Anbaureglern nur über eine Abzweigbohrung der Verbindungsbohrung Regler-

Hydrostatiktasche im Maschinenteil oder über eine unter den Anbauregler geklemmte Zwischenplatte mit Abzweig gemessen werden.

Vorteil dieser Lösung mit Anbaureglern ist das in der Regel bessere dynamische Verhalten, der verminderte Aufwand für Rohrleitungen und das vorteilhafte optische Erscheinungsbild.

Nachteilig ist, daß für jeden Anbauregler eine eben geschliffene Anschraubfläche mit den Befestigungsbohrungen benötigt wird und das die Anbauregler geringfügig teurer sind wie der Reihenregler. Weiter ist auch die Prüfung der Taschendrucke schwieriger und mit höheren Kosten verbunden, da hierzu entweder eine beidseitig geschliffene Platte mit Abzweig zur Druckmessung unter den Regler montiert werden muß oder jeweils eine Abzweigbohrung im Maschinenteil vorgesehen werden muß. ■

8. Reglermaße

Die Maße in Abb. 5 - 9 gelten für die PM-Regler in Reihenbauweise PMR0, PMR1 und PMR2.

In Abb. 6 und 8 sind die Maße von PM-Reglern in Reihenbauweise mit integrierter Strahlpumpe angegeben. Die

technischen Daten für die Strahlpumpe sind aus dem Teil II dieser „Technischen Information ...“ zu entnehmen.

In den Abb. 10 bis 15 sind Maße der verschiedenen Anbau-PM-Regler dokumentiert. ■

9. Einbauhinweise und -vorschriften

9.1 Erstmaliges Befüllen des PM-Reglers

Vor dem Einbau des PM-Reglers ist das Hydroaggregat und die Zuführleitung zum PM-Regler gründlich zu spülen (Späne könnten enthalten sein!). Auch die Rohre und Bohrungen zwischen PM-Regler und Tasche müssen absolut sauber

sein, da sonst die Führungsfläche beschädigt werden kann. Bei der erstmaligen Inbetriebnahme ist der PM-Regler bei ca. 10% des vorgesehenen Pumpendruckes mit Öl zu füllen und zu entlüften (siehe Abschnitt 9.2). ■

9.2 Entlüften

Schwingungen im Regler sind immer auf Luft im Regler oder in den Zu- bzw. Abströmleitungen, auf Verschmutzungen im Regler oder auf die Verwendung eines nicht zugelassenen zu dünnflüssigen Öles zurückzuführen. Schwingungen der Taschendrucke durch schwingende Belastungen führen bei

ordnungsgemäß entlüftetem Regler und Leitungssystem, bei korrekter Ölsorte und zweckmäßig ausgelegten Verbindungsleitungen zwischen Regler und den Hydrostatiktaschen nicht zu Schwingungen im Regler. ■

9.3 Empfohlene Einbaulage

Wird der Regler in Reihenbauweise mit waagrecht liegender Längsachse und den Regler-Abströmanschlüssen (M8 x 1 bzw. G 1/8) nach oben eingebaut, so entlüftet er sich auto-

matisch und kontinuierlich. Muß der Regler mit Längsachse vertikal eingesetzt werden, so ist der Pumpenanschluß P am Regler unten anzuordnen. ■

9.4 Entlüftungsvorgang

Abhängig von der Größe des Ölstromes durch den Regler und der Ölviskosität kann der Entlüftungsvorgang bei der Inbetriebnahme einige Zeit in Anspruch nehmen.

Schwingungen im Regler während dem erstmaligen Entlüften gefährden den Regler dabei nicht!

Verbessert wird der Entlüftungsvorgang, wenn mit einem auf ca. 10% des vorgesehenen Pumpendruckes reduzierten

Pumpendruck entlüftet wird (die Luftblasen sind größer!).

In den Zu- und Abführleitungen sind nach oben führende Sackleitungen, in denen sich Luft sammeln kann (z.B. Manometer), zu vermeiden. Die Tiefe von nach oben führenden Bohrungen soll kontrolliert werden.

Auf gute „Ausgasung“ des Öles im Hydroaggregat ist zu achten! ■

9.5 Befestigung des PM-Reglers

Zum Befestigen sind die je 4 stirnseitig angeordneten Gewindebohrungen in den Zugankermuttern vorgesehen.

Es ist sehr streng darauf zu achten, daß durch die Befesti-

gung keinerlei zusätzlichen axialen Zugkräfte auf die Zuganker wirken. ■

9.6 Anschluß

Die Verbindung zwischen PM-Regler-Ausgängen und Hydrostatiktaschen sind mit Stahlrohren auszuführen. Die Verbindungsleitung zwischen Hydroaggregat und den PM-Reglern kann mittels Schläuchen und/oder Rohren erfolgen. ■

9.7 Demontage

PM-Regler dürfen nur vom Hersteller demontiert werden. Wird ein PM-Regler vom Kunden demontiert, so erlischt die Gewährleistung! ■

10. Ölfilterung

Die notwendige Filterfeinheit wird von den Erfordernissen der Ölpumpe, der minimalen Größe der Spalte der hydrostatischen Führung bzw. Lagerung und von der gewünschten Öllebensdauer bestimmt.

Ausreichend ist die Filterfeinheit 10 µm absolut. Besser ist natürlich die empfohlene Filterfeinheit von 6 µm!

Sofern zwischen dem Filter und dem PM-Regler längere Leitungen, insbesondere Schlauchleitungen, notwendig sind,

empfehlen wir, direkt am Reglereingang (Anschluß P) zumindest ein kleines Siebfilter einzubauen.

Für Regler mit der Anschlußgröße G 1/4 ist z.B. das Siebfilter HF1F, für Anschlußgröße G 3/8 das Siebfilter HF2F, jeweils von Heilmeyer & Weinlein, D-81673 München, möglich.

Für PM-Regler mit integrierter Strahlpumpe ist dieses Siebfilter in jedem Fall zwingend vorgeschrieben. ■

11. Reglerkennzeichnung

Jeder Regler wird durch die Baugruppennummer und eine Exemplarnummer des Herstellers gekennzeichnet. Der jeweilige Kunde des Herstellers erhält für jede Reglerbaugruppe ein Bestellblatt mit den Maßen und allen für ihn relevanten Daten.

Nur bei unterschiedlichen Durchflußdaten der einzelnen

Reglerscheiben eines Reihen-PM-Reglers werden die Ausgänge (M8 x 1 bei PMR0, G 1/8 bei PMR1, G1/4 bei PMR2) an den Reglerscheiben gekennzeichnet. Die Art der Kennzeichnung wird mit dem Kunden abgesprochen und in das Bestellblatt aufgenommen. ■

12. Auswahl der Durchflußdaten (siehe Abschnitt 6.)

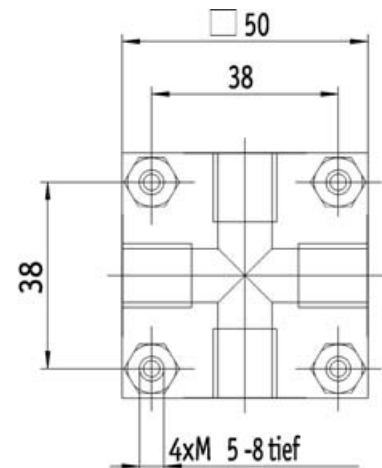
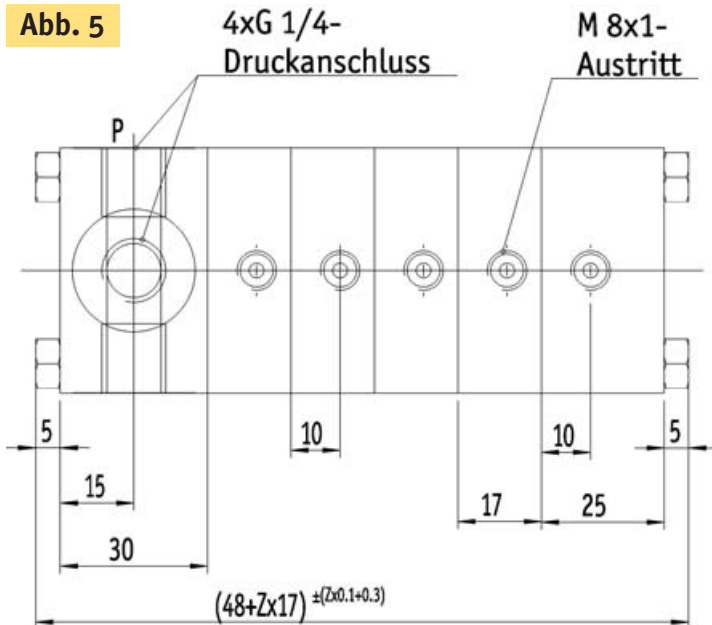
Die Erfahrung zeigt, daß die Auslegung hydrostatischer Führungen und ganz besonders hydrostatischer Lagerungen umfangreiches Spezialwissen und Erfahrung mit diesen Führungen und Lagerungen erfordert. Wir empfehlen deshalb nachdrücklich, die Auslegung hydrostatischer Führungen und Lagerungen durch uns ausführen zu lassen. Wir verfügen über umfangreiche Auslegungs- und Berechnungsprogramme, mit deren Unterstützung hydrostatische Führungen und Lagerungen optimal gestaltet werden können. Mit diesen Programmen können hydrostatische Lage-

rungen und Führungen nicht nur gegenüber statischen Belastungen, sondern auch gegenüber dynamischen Belastungen optimiert werden, wodurch bestmögliche Dämpfungswerte erreicht werden.

Sofern diese Arbeiten nicht von uns durchgeführt werden sollen, können uns erwünschte Reglerdaten (Q_0 , K_r , minimale Ölviskosität, Pumpendruck, Reglerscheibenzahl) bekanntgegeben werden. Wir werden dann geeignete Regler anbieten, deren Durchflußdaten den gewünschten Werten nahekommen. ■

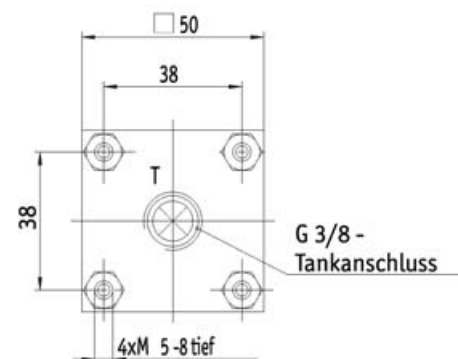
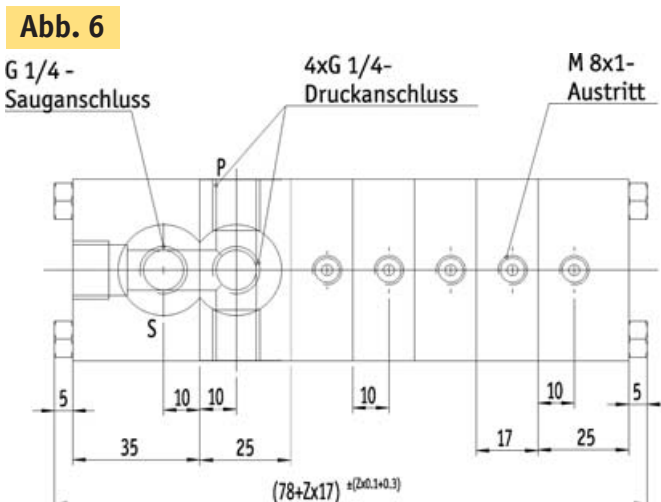
13. Technische Abbildungen 5 bis 15

PMRO ohne Strahlpumpe



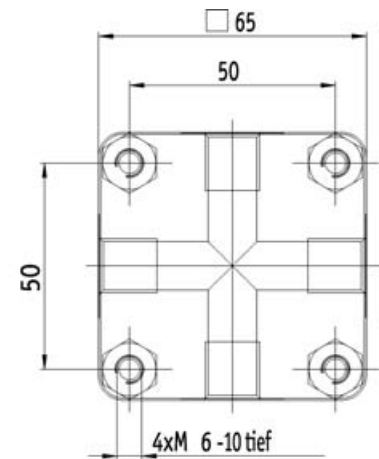
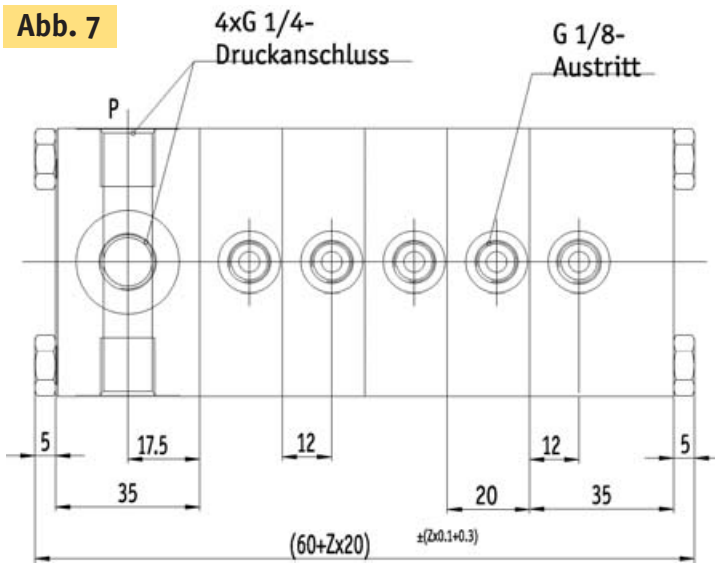
Z = Anzahl der Reglerausgänge

PMRO mit Strahlpumpe



PMR1 ohne Strahlpumpe

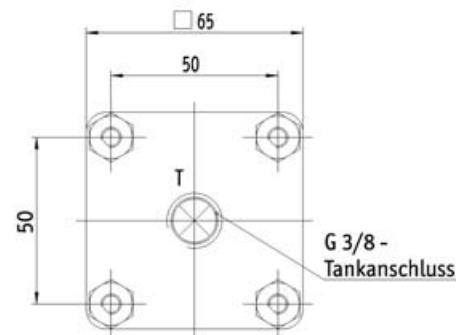
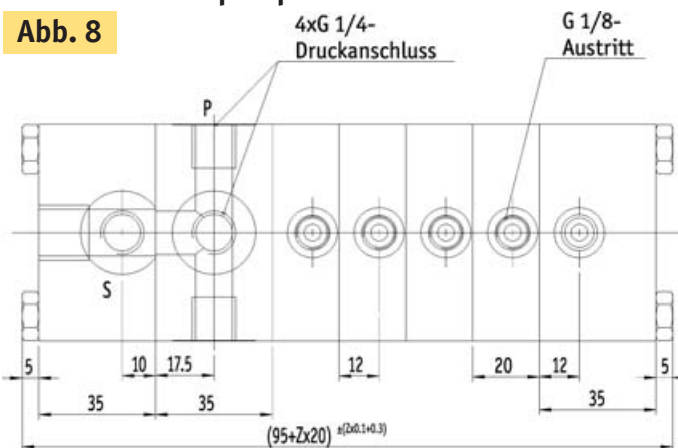
Abb. 7



Z = Anzahl der Reglerausgänge

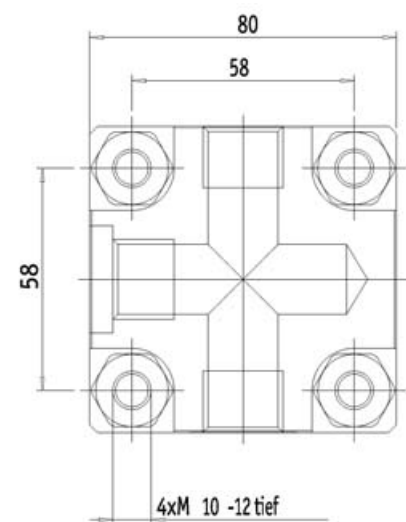
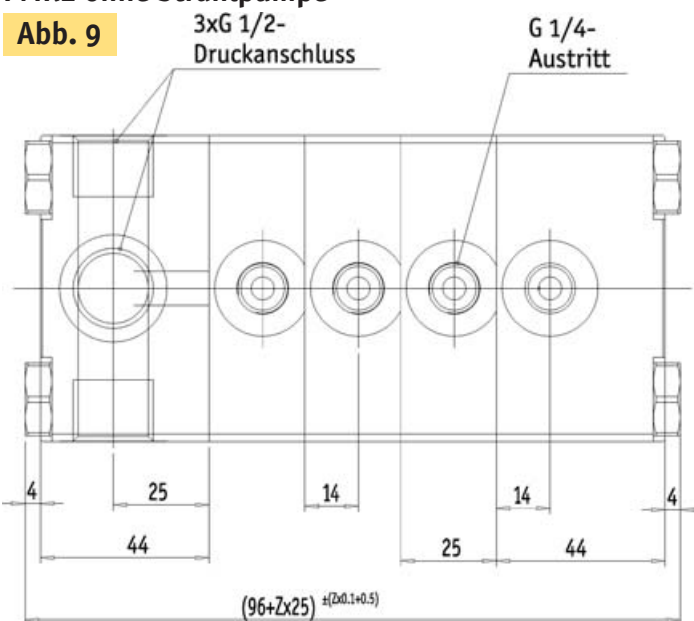
PMR1 mit Strahlpumpe

Abb. 8



PMR2 ohne Strahlpumpe

Abb. 9



Z = Anzahl der Reglerausgänge

Anbau-PM-Regler mit interner Ölzufuhr Größe 50

Abb. 10 Bohrbild

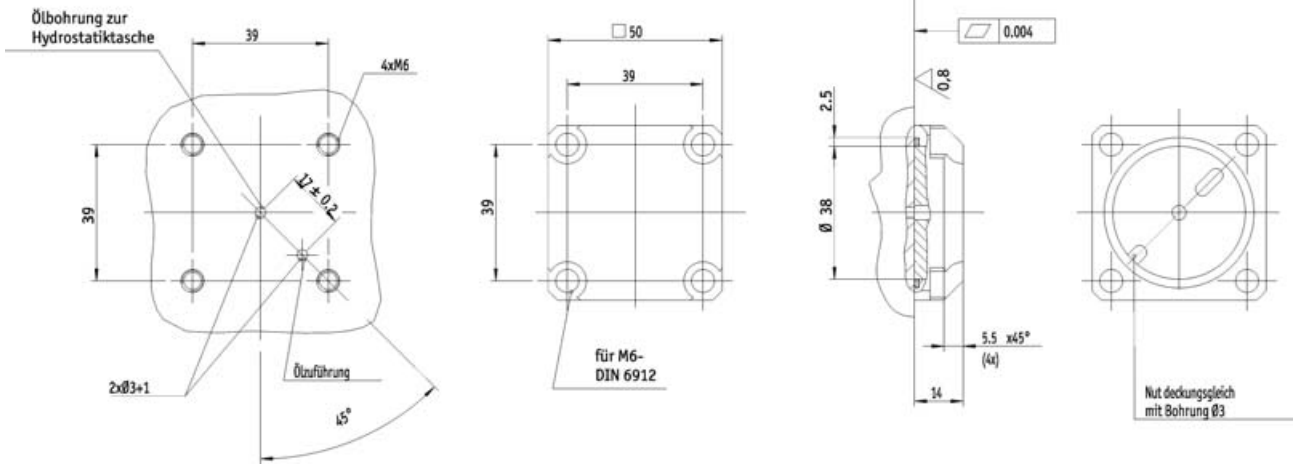
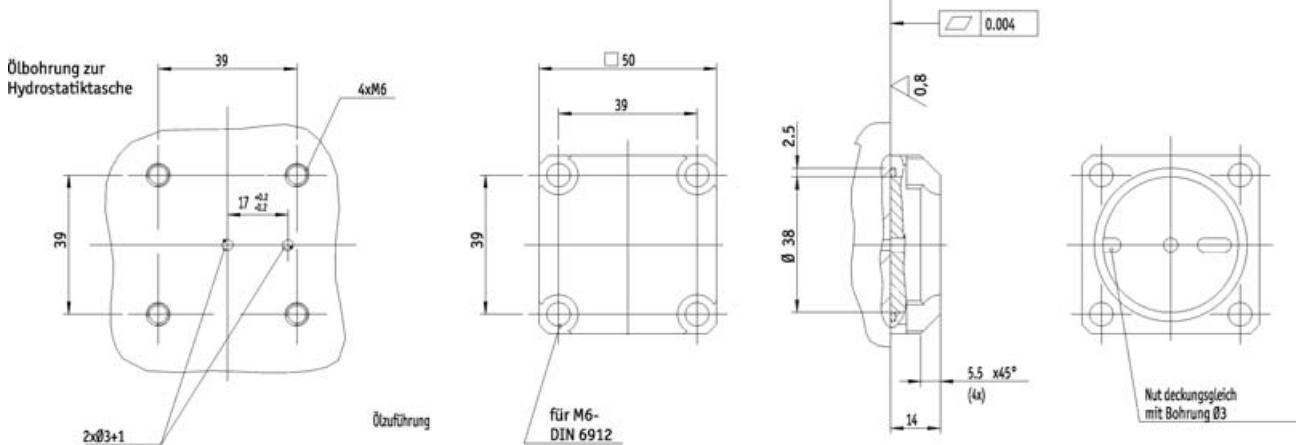


Abb. 11 Bohrbild



Anbau-PM-Regler mit interner Ölzufuhr Größe 65

Abb. 12 Bohrbild

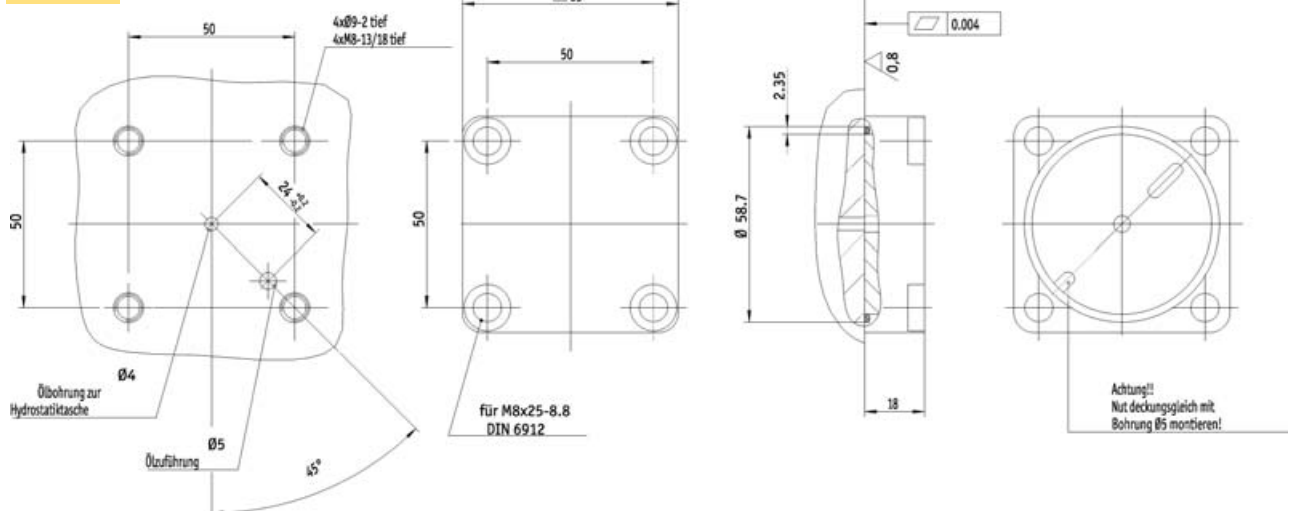
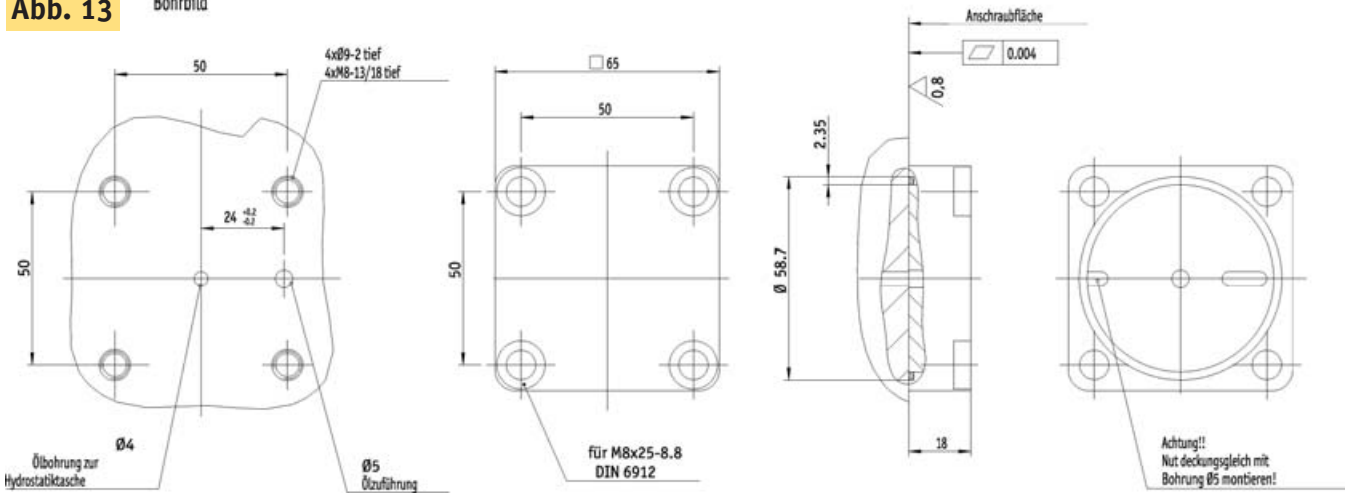
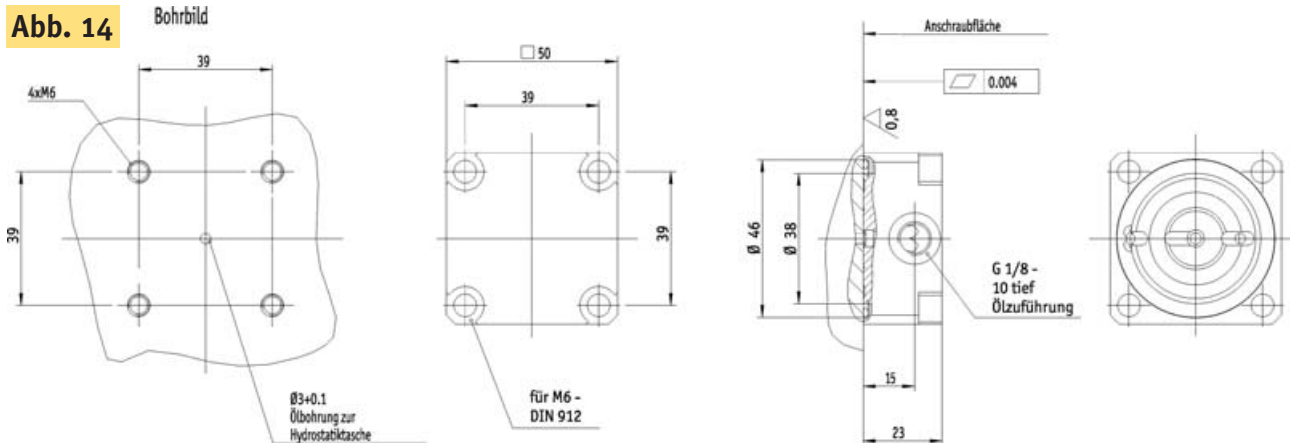


Abb. 13 Bohrbild



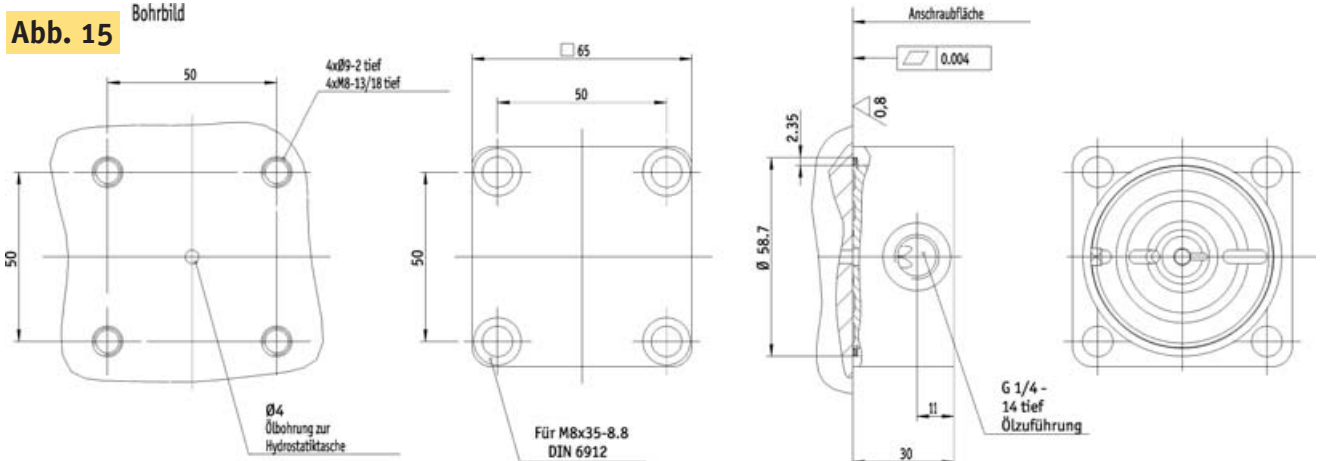
Anbau-PM-Regler mit externer Ölzufuhr Größe 50

Abb. 14 Bohrbild



Anbau-PM-Regler mit externer Ölzufuhr Größe 65

Abb. 15 Bohrbild





HYPROSTATIK®

Teil II:
Strahlpumpe

1. Anwendungsmöglichkeiten der Strahlpumpe

Die Strahlpumpen erzeugen mit einem relativ kleinen „Treibstrom“ (z.B. 0,5 l/min bei 25 bar Pumpendruck) am Sauganschluß „S“ einen relativ hohen Unterdruck (ca. 0,9 bar Unterdruck, 0,1 bar Absolutdruck!).

1.1 Vorspannung von Führungen ohne Umgriff

Entwickelt wurden die Strahlpumpen zur Vorspannung von mit unseren PM-Reglern ausgerüsteten hydrostatischen Führungen ohne Umgriff.

Hierbei wird mittels der Strahlpumpe aus zwischen oder neben den Hydrostatiktaschen angeordneten ölumspülten, zusätzlichen „Unterdrucktaschen“ Öl abgesaugt. In diesen Taschen bildet sich dadurch ein Unterdruck, durch welchen die Schlittenführung zusätzlich vorgespannt wird. Mit Hilfe der Strahlpumpe kann die Steife offener hydrostatischer Führungen (= Führungen ohne Umgriff) ca. verdoppelt oder sogar verdreifacht werden. So kann eine horizontale hydrostatische Führung durch Verzicht auf Umgriffe kostengünstiger gestaltet werden, sofern die maximale abhebende Kräfte kleiner als die Gewichtskräfte sind.

In Abb. 16 ist dargestellt, wie eine solche Strahlpumpe zusammen mit unseren PM-Reglern zur hydrostatischen Führung eines Schlittens mit V-Flachbahn eingesetzt wird. In Abb. 17 ist, jeweils im Schnitt, die Strahlpumpe und Saugtasche gegenständlich dargestellt.

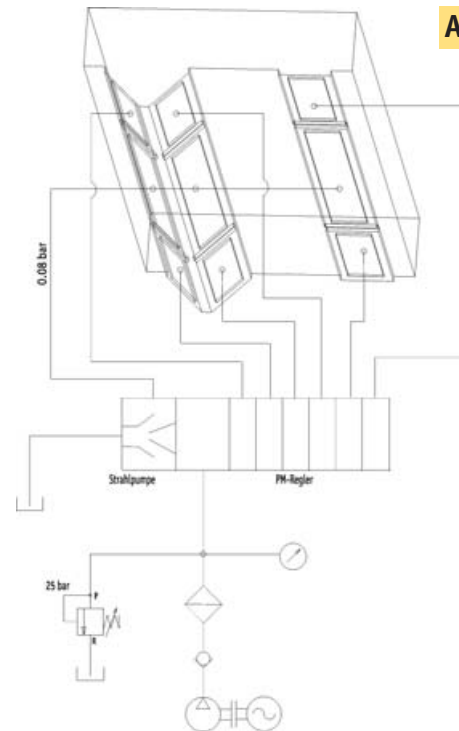
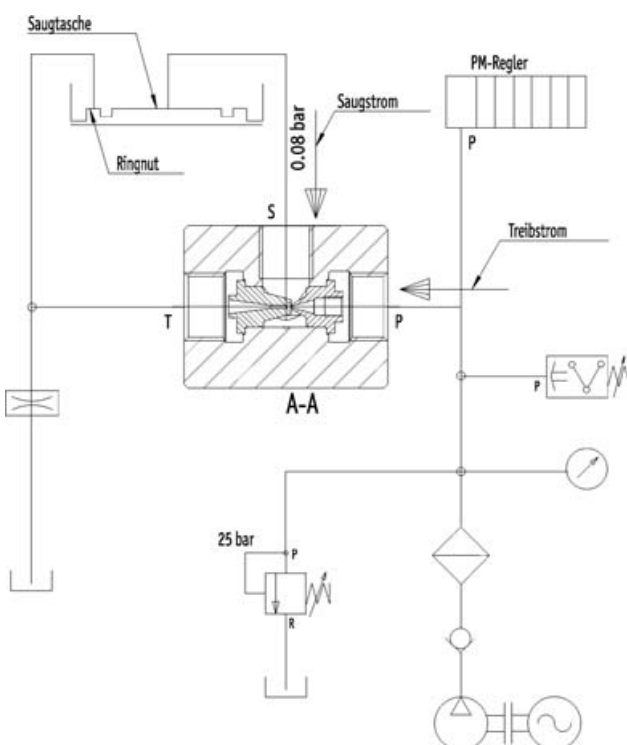


Abb. 16

Abb. 17



1.2 Klemmfunktionen

Alternativ kann unsere Strahlpumpe mit entsprechenden ölumspülten Taschen auch zur Klemmung von Maschinenteilen bzw. Schlitten benützt werden.

2. Aufbau und Wirkungsweise der Strahlpumpen

Die Strahlpumpen arbeiten nach dem Injektorprinzip. Sie bestehen aus einer „Treibdüse“ (siehe Abb. 17), durch welche der Druck des „Treibstromes“ in die Geschwindigkeit des „Treibstrahles“ gewandelt wird. Der Treibstrahl vermischt sich in der „Mischdüse“ mit dem Saugstrom. Durch den Treibstrom wird der Saugstrom vom Sauganschluß zum Tankanschluß gefördert. Ist die Saugleitung entsprechend gedrosselt, so entsteht in der Saugleitung ein Unterdruck, dessen Höhe von der Leistungsfähigkeit der Strahlpumpe abhängt. Mit unseren für die Erzeugung eines möglichst hohen Unterdruckes ausgelegten Strahlpumpen SPU... können Unterdrücke bis ca. 0,90 bar (0,1 bar Absolutdruck) erreicht werden.

3. Eigenschaften der Strahlpumpen

- weitgehend verschleiß- und hysteresefrei, da keine bewegten Teile verwendet werden.
- kleiner Treibölstrom
- hoher Unterdruck (bis ca. 0,9 bar)
- geringer Platzbedarf
- geringes Gewicht
- Einbaulage beliebig
- korrosionsbeständig, da alle Teile, die mit dem Medium in Berührung kommen, aus harteloxiertem Aluminium bestehen
- selbstentlüftend
- erprobt für die Ölsorten entsprechend VG 22 bis VG 68, welche überwiegend für hydrostatische Führungen eingesetzt werden.

4. Verhalten bei unterschiedlichen Ölviskositäten

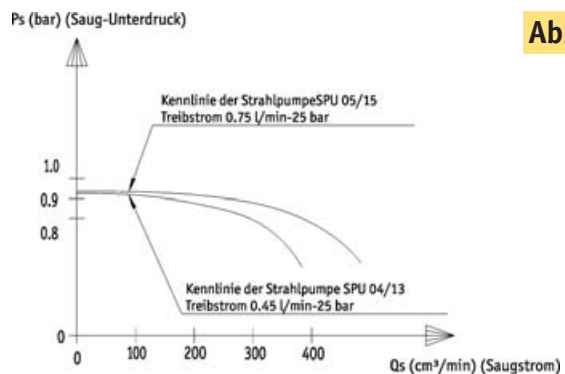
Erprobt und eingesetzt werden die Strahlpumpen bisher mit den für hydrostatische Führungen üblicherweise verwendeten Ölsorten entsprechend VG 22 bis VG 68. Hierbei zeigt sich ein nur geringer Einfluß der Ölviskosität auf die technischen Daten der Strahlpumpe.

Verschiedene Messungen mit niedrigviskosem Spindelöl (entsprechend VG 5) zeigen, daß Strahlpumpen mit optimalen Daten für solche niedrigviskosen Öle modifizierte Düsen erfordern.

5. Kennlinien der Strahlpumpen für Ölsorten entsprechend VG 32 bis VG 68

In Abb. 18 sind die Kennlinien von zwei Strahlpumpen dargestellt. Aufgezeichnet ist der Saugölstrom in Abhängigkeit vom Unterdruck in der Saugleitung. Die Kennlinien wurden mit einem Öl entsprechend VG 32 gemessen.

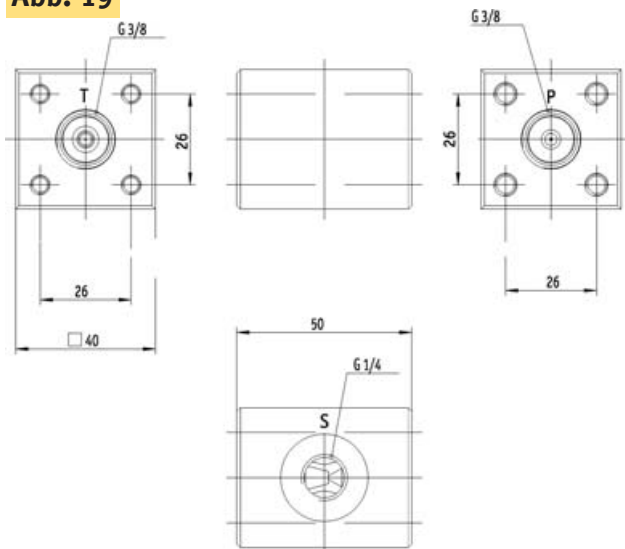
Bei 25 bar Eingangsdruck am Anschluß P wird für die Pumpe SPU 05/15 ein Treibölstrom von 0,8 l/min, für die Pumpe SPU 04/13 ein solcher von 0,5 l/min benötigt.



6. Bauform

Die Strahlpumpen können in drei verschiedenen Bauformen geliefert werden:

Abb. 19



6.1 Gehäuse - Strahlpumpe (Abb.19)

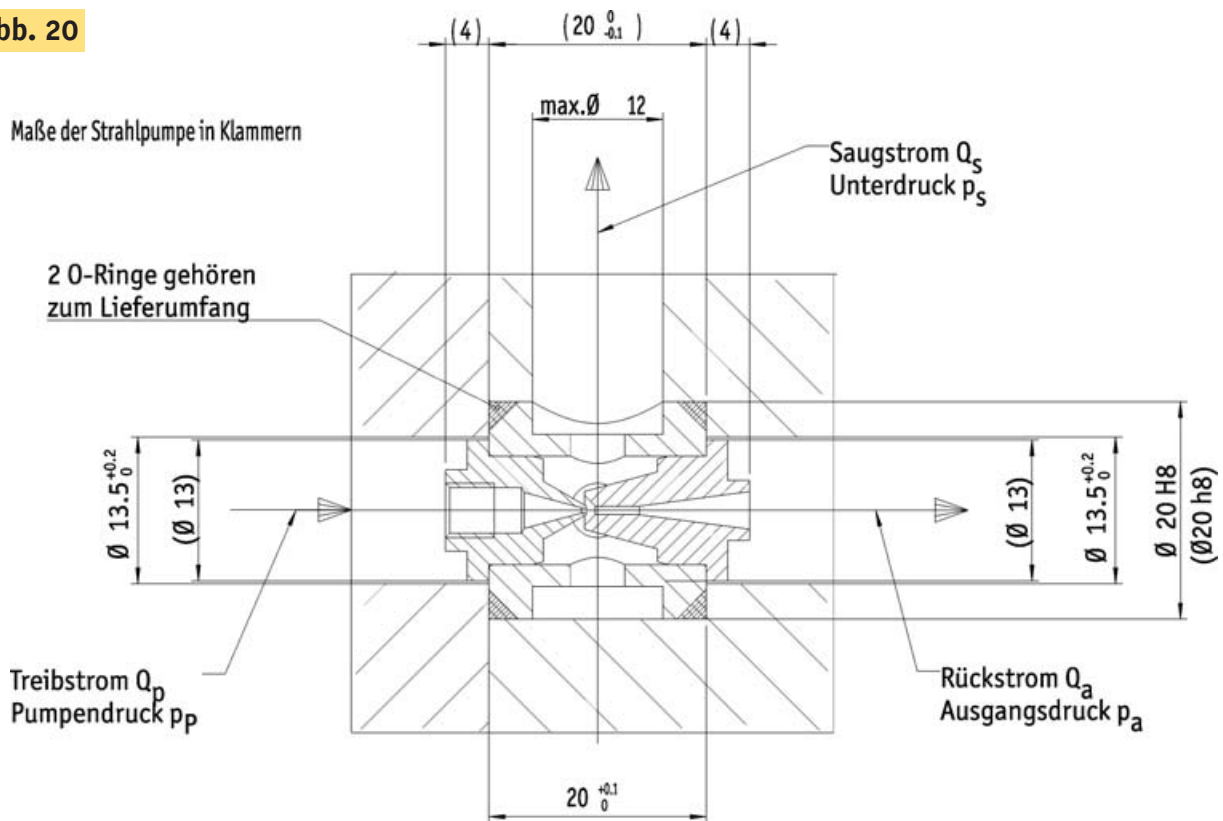
Die Strahlpumpe ist in ein kleines Gehäuse mit den Maßen 40x50 lang integriert. Stirnseitig an diesem Gehäuse sind je 4 Gewindebohrungen zur Befestigung der Strahlpumpe angebracht. Um eine fehlerhafte Montage auszuschließen, sind diese Befestigungsbohrungen verschieden groß.

6.2 Einbau - Strahlpumpe (Abb. 20)

Die Einbau-Strahlpumpe kann platzsparend in ein Gehäuse oder Maschinenteil eingesetzt werden, wodurch vielfach Anschlußleitungen eingespart werden können, die „Optik“

der Maschine verbessert wird. Die beiden zur Abdichtung der Strahlpumpe benötigten O-Ringe werden mitgeliefert. ■

Abb. 20



6.3 In PM-Regler in Reihenbauweise eingebaute Strahlpumpe (Abb. 6 und 8, Kapitel PM-Regler)

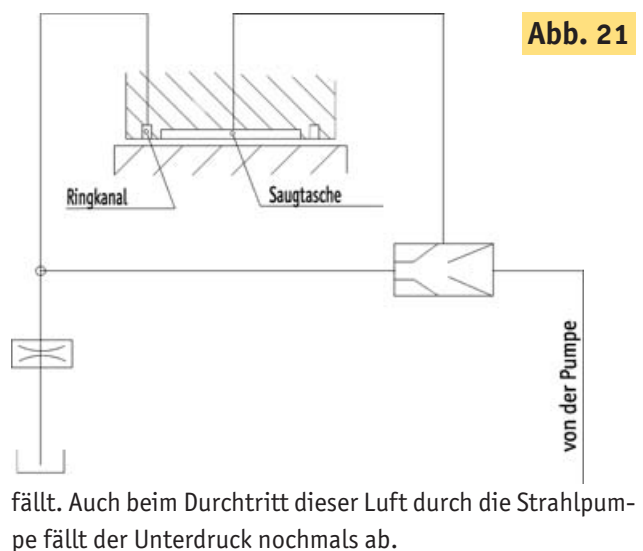
Die Strahlpumpe kann auch in den PM-Regler integriert geliefert werden. Strahlpumpe und PM-Regler werden dann über einen gemeinsamen Pumpenanschluß versorgt. Unter-

schiedlich Pumpendrucke für die Strahlpumpe und den Regler sind damit allerdings nicht möglich. ■

7. Saugtaschenausführung (Siehe Abb. 21 und Abb. 22)

Die Saugtaschen sind so auszulegen, daß ein möglichst kleiner Saugstrom erreicht wird. Dadurch ist es möglich, Strahlpumpen mit kleinerem Treibstrom einzusetzen. Weiter wird die Strahlpumpe in dem Kennlinienbereich (Abb. 18) betrieben, in welchem auch relativ große prozentuale Veränderungen der Treibstromgröße nur geringe Änderungen des Unterdruckes verursachen. Bei einer durch eine Spalthöhenveränderung oder Viskositätsänderung des Öls verursachten Änderung des Unterdruckölstromes bleibt der Unterdruck und damit die Vorspannkraft somit weitgehend unverändert.

Wird durch die Spalte der Unterdrucktaschen Luft einge-zogen, so expandiert diese Luft durch den geringeren Druck in den Untertaschen sehr stark, wodurch der Unterdruck-strom plötzlich ansteigt und deshalb der Unterdruck ab-



fällt. Auch beim Durchtritt dieser Luft durch die Strahlpumpe fällt der Unterdruck nochmals ab.

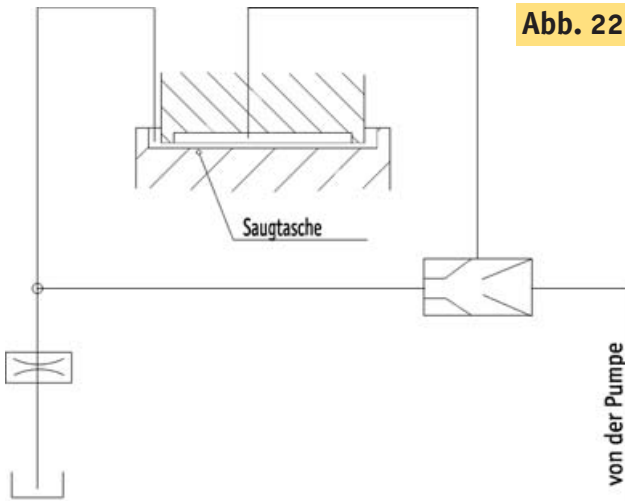


Abb. 22

Es ist deshalb sicherzustellen, daß durch die Spalte der Unterdrucktaschen nur Öl, jedoch keine Luft angesaugt wird. Dies kann, wie in Abb. 21 dargestellt, mittels einem Ringkanal um die Saugtaschen, welcher mit geringem Überdruck (ca. 0,01 - 0,1 bar) mit Öl gefüllt wird, erreicht werden. Alternativ ist auch eine Lösung entsprechend Abb. 22 möglich. Hierbei wird das Öl durch Stege um die Gegenlaufbahn zurückgehalten. Vor und hinter jeder Saugtasche sind bei dieser Lösung Quernuten vorzusehen, durch welche das Öl während der Schlittenbewegung nachgeschleppt wird.

Geringe aus dem Öl ausgeschiedene Luftmengen beeinträchtigen die Funktion der Strahlpumpe nicht. ■

8. Einbauhinweise und -vorschriften

8.1 Anschlußleitungen, Anschlußbohrungen für Einbau-Strahlpumpe entsprechend Abb. 20

Damit der am Sauganschluß der Strahlpumpe vorhandenen Unterdruck auch in den Taschen wirkt, sind die Saugleitungen so groß und/oder so kurz zu dimensionieren, daß der Drosselverlust in dieser Saugleitung nur einen Bruchteil des Unterdruckes beträgt.

Für die Strahlpumpe SPU 04/13 genügt in der Regel bei einer Länge der Unterdruckleitung bis zu 2m ein Leitungs-Innendurchmesser von 8mm. Für die Strahlpumpe SPU 05/15 empfehlen wir bei gleicher Länge der Unterdruckleitung den Innendurchmesser 10 mm. **Richtungsänderungen in der Unterdruckleitung sind als Bogen und nicht als Leitungsknick auszuführen.**

Bei der Montage ist streng auf die Dichtheit der Unterdruckleitung zu achten. Hähne und Ventile sind vielfach zwar

druckdicht, jedoch undicht gegen Unterdruck, so daß Luft durch diese Bauteile eingesaugt wird!

Besonders wichtig für die Funktion der Strahlpumpe ist eine rückstaufreie Tankleitung. **Richtungsänderungen in der Tankleitung sind als Bogen und nicht mit Leitungsknick auszuführen.** Wir empfehlen für die Tankleitung dieselben Leitungsgrößen wie für die Saugleitung zu verwenden. Geprüft werden die beiden Strahlpumpen SPU 04/13 und SPU 05/15 mit einer geraden Tankleitung mit ca. 2 m Länge und 6 mm Innendurchmesser.

Insbesondere bei der Einbaustrahlpumpe (Abb. 20) ist darauf zu achten, daß der T-Anschluß (der Ölaustritt, rechts in Abb. 20) unter dem Ölspiegel liegt, also nicht leerlaufen kann. ■

8.2 Höhendifferenz zwischen Strahlpumpe und Unterdrucktasche

Bei extremen Bedingungen kann die Höhendifferenz zwischen Strahlpumpe und der Unterdrucktasche den erreichbaren Unterdruck beeinflussen. Unterhalb der Unterdrucktasche angeordnete Strahlpumpe unterstützt, oberhalb angeordnete Strahlpumpe vermindert die Wirkung der Strahlpumpe. ■

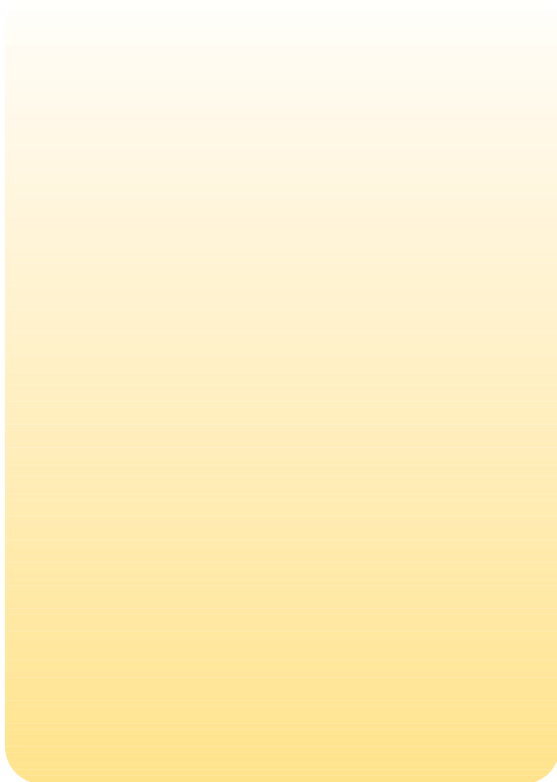
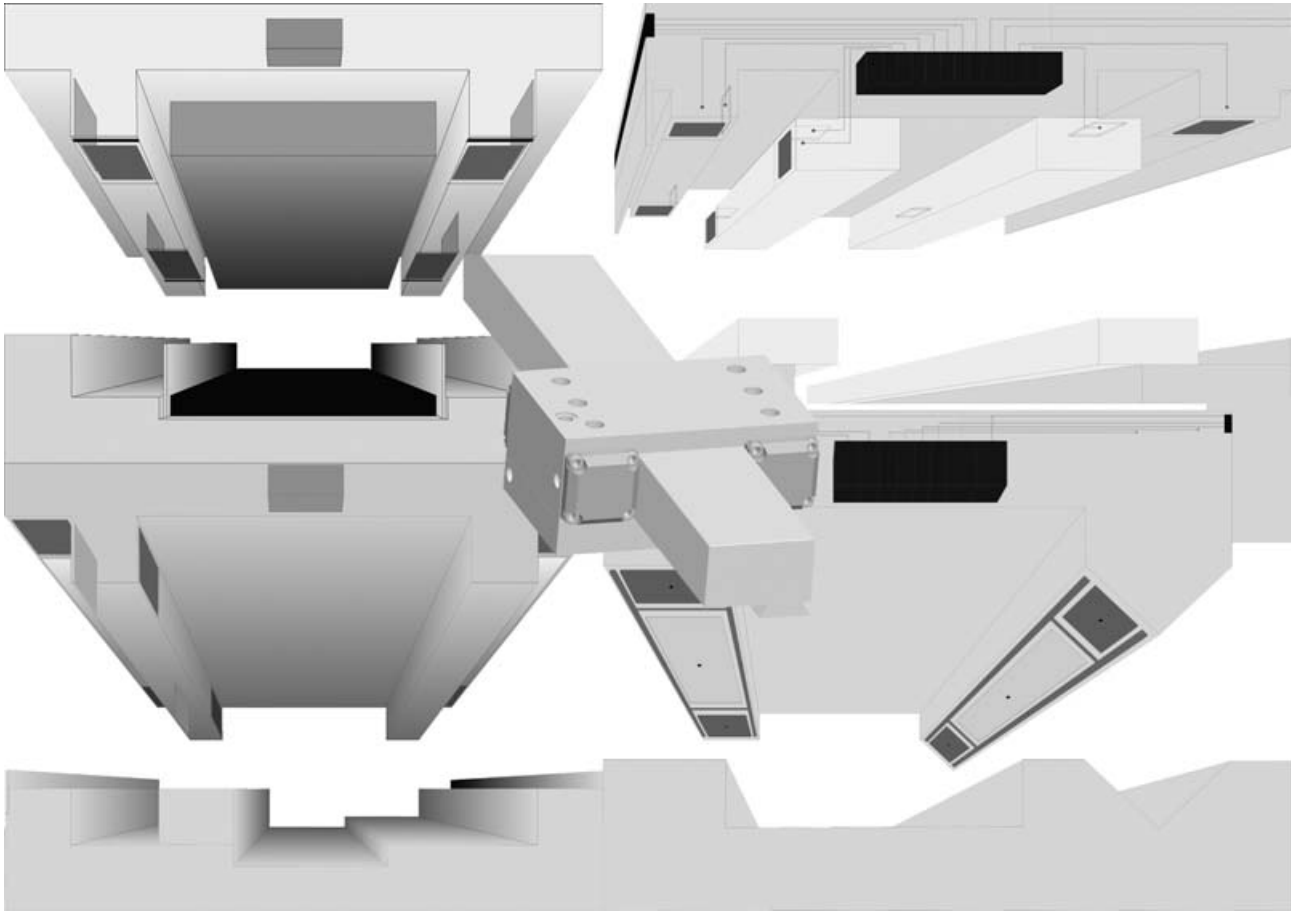
8.3 Ölfilterung

Die Strahlpumpen enthalten Düsenbohrungen mit minimal 0,4 mm Durchmesser. Hierfür genügt die wegen den Hydropumpen üblicherweise verwendete Filtereinheit von 10 µm absolut. Die Erfahrung zeigt allerdings, daß sich insbesondere während der Inbetriebnahme der Maschine von den Leitungen zwischen Filter und Strahlpumpe größere Schmutzteilchen lösen, welche die Treibdüse der Strahl-

pumpe verstopfen. Sofern der Filter nicht unmittelbar vor der Strahlpumpe montiert ist, empfehlen wir deshalb dringend, in den Pumpenanschluß der Strahlpumpe bzw. des PM-Reglers mit Strahlpumpe ein Siebfilter mit der Filterfeinheit 0,1 mm zu montieren. Für Anschlußgröße G 1/4 ist z.B. Filter HF1F, für Anschlußgröße G 3/8 Filter HF2F der Firma Heilmeyer & Weinlein, D-81673 München, möglich. ■

8.4 Montage

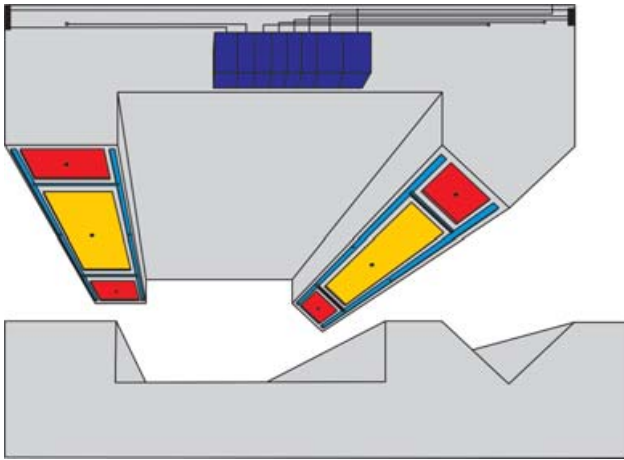
Die Strahlpumpe kann in jeder beliebigen Lage eingebaut werden. Vor dem Einbau der Strahlpumpe ist das Hydroaggregat und die Leitung zur Strahlpumpe gründlich zu spülen (Späne, Verschmutzungen). ■



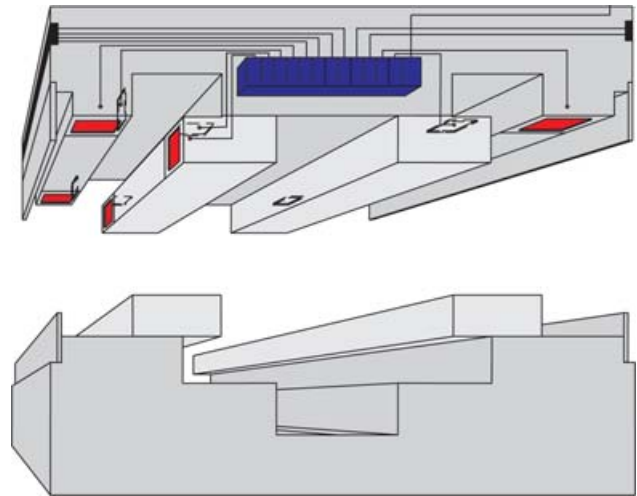
HYPROSTATIK®

Teil III:
Anwendungsbeispiele

Hydrostatische V-Flach Führung



Hydrostatische Führung mit Umgriff



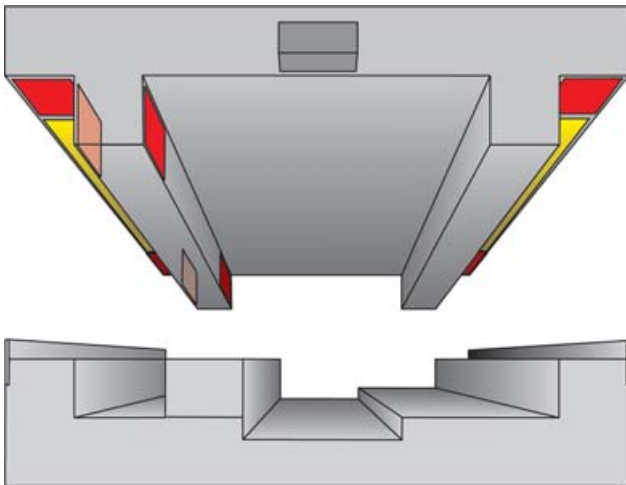
Technische Besonderheiten:

- keine Verformung durch Schrauben, somit höchste Präzision
- geringe Fertigungskosten, da keine Flächen auf Maß geschliffen werden müssen und keine Leisten notwendig sind
- für horizontale Anwendungen, sofern Bearbeitungs- und Beschleunigungskräfte auf die Taschen deutlich kleiner sind als die Gewichtskräfte
- Vergrößerung der Vorspannung und dadurch Steife mittels Unterdrucktaschen möglich (gelb dargestellt)
- geeignet für Rundschleif-, Flachsleif-, Meß- und Ultrapräzisionsmaschinen
- die Steife der Richtungsführung erhöht sich mit Belastung auf die V-Bahn
- Für Führungen mit Belastungen in beliebigen Richtungen, also auch abhebenden Kräften
- einfach herzustellende, hochgenaue und extrem parallele vertikale Hydrostatikspalte.
- geringe Fertigungskosten, da kein Teil parallel und auf Maß geschliffen werden muss
- die Größe des vertikalen Spaltens wird durch einen Stufenschliff auf einer Seite von zwei Leisten gefertigt
- für horizontale und vertikale Schlitten mit großen Kräften, Momenten und hoher Steife

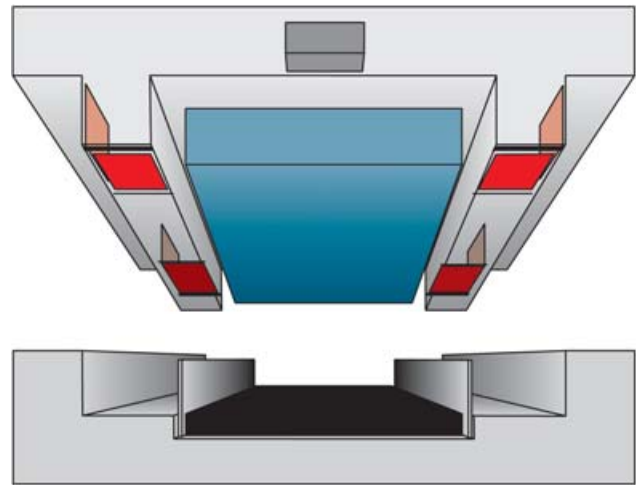
Eigenschaften (gilt für alle Beispiele):

- verschleißfrei auch bei max. Last, somit keine Präzisionsverluste mit zunehmender Gebrauchsdauer
- zehnerpotenzen bessere Dämpfung, dadurch wesentlich bessere Werkstückoberfläche und Werkzeugstandzeit
- keine Schwingungen und Schwankungen der Reibung wie bei Wälzführungen durch Kugelumlauf
- kein Umkehrsprung der Vorschubkraft bei Umkehr der Bewegungsrichtung
- nahezu reibungsfrei bei geringen Geschwindigkeiten
- kein Slipp-Stick-Effekt
- Verfahrensweg kleiner 0,1 µm möglich
- Gleiteigenschaften des Werkstoffs, des Schlittens und der Führungsbahn sind unwesentlich, es kann auch Mineralguß, Alu oder Abformmasse verwendet werden

Hydrostatische Führung ohne Umgriff



Hydrostatische Linearmotorführung



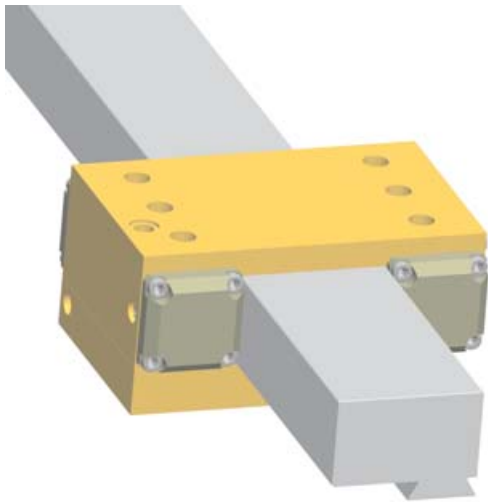
Technische Besonderheiten:

- hydrostatische Führung mit höchster Präzision und exzellent steifer Richtungsführung
- für horizontale Anwendungen, sofern Bearbeitungs- und Beschleunigungskräfte auf die Taschen deutlich kleiner sind als die Gewichtskräfte
- Vergrößerung der Vorspannung durch Gewichte mittels Unterdrucktaschen möglich
- besonders geeignet für Rundschleif-, Flachsleif- und Werkstückachsen von großen Fräsmaschinen
- die Biegebelastung durch die Niederzugkraft des Motors auf den Schlitten und die Führungsbahn ist relativ gering
- die Auflagetaschen werden durch die Magnetkraft vorgespannt
- für horizontale und vertikale Schlitten, sofern die abhebenden Kräfte deutlich kleiner wie die Vorspannung durch Gewicht- und Magnetkraft ist

Die hydrostatische Führung wird angepasst an (gilt für alle Beispiele):

- Gewichte, Bearbeitungs- und Beschleunigungskräfte
- maximale Geschwindigkeit und Beschleunigung sowie gewünschte Steife und optimale Dämpfung

Hydrostatische Kompaktführung



Technische Besonderheiten:

- die Schiene wird am Schwalbenschwanzfuß über Keile geklemmt
- Keine Verformung der Schiene über durchgehende Schrauben
- Anlagefläche durch Feinfräsen oder Schleifen herstellbar
- modularer Führungsschuh mit und ohne Seitenführung, mit und ohne Umgriff lieferbar
- im Führungsschuh sind alle Taschen mit Regelung enthalten
- Der Führungsschuh kann über Druck und Ölviskosität an die Belastung und maximale Geschwindigkeit angepasst werden.

Sprechen wir über Verbesserungen und technische Innovationen durch den Einsatz von Hyprostatik.



Das Team von Hyprostatik Schönfeld GmbH



HYPROSTATIK® Schönfeld GmbH

Felix-Hollenberg-Str. 3 · 73035 Göppingen

Tel.: +49 (0) 7161/ 96 59 59-0 · Fax -20

E-Mail: info@hyprostatik.de

www.hyprostatik.de